

Tabelle 7. Ideale Ergebnisse der Auswertung von Modellversuch 5 nach verschiedenen Methoden

Auswertungsmethode	QS <sub>zuf</sub>	QS <sub>sys</sub>	QS	FG	s*	Anzahl der Vergleichsteilstücke	$s_{\bar{x}}$	Prozentuale Überhöhung von $s_{\bar{x}}^2$ zuf = 1,44
Blockausgleich	200	180,28	380,28	20	19,01	5	1,950	37,89
Lateinisches Quadrat	160	135,87	295,87	16	18,49	5	1,923	35,97
Regressionsmethode	190	140,30	330,30	19	17,38	5	1,864	29,44

so gering sind, daß sie durch die zufällige Variabilität weitgehend überdeckt werden. Nur Modellversuche, bei denen man systematische und zufällige Variabilität exakt trennen kann, sind hierzu brauchbar. Eine solche Trennung ist allerdings auch beim beschriebenen Beispiel möglich, und so lassen sich die idealen Ergebnisse einer Auswertung dieses Versuchs errechnen, wie man sie als Durchschnitt einer sehr häufig wiederholten Auswertung des gleichen Versuches jedoch mit wechselnder zufälliger Variabilität erwartet. Für den einfachen Blockversuch und das lateinische Quadrat können die Ergebnisse der Tabelle 10 der bereits mehrfach erwähnten Arbeit des Verfassers entnommen werden. Sie seien für die Regressionsmethode vervollständigt (Tabelle 7).

Es ist ersichtlich, daß trotz der etwas besseren Elimination der systematischen Unterschiede beim lateinischen Quadrat die Regressionsmethode zum günstigeren Resultat führt. Da das Ergebnis jedoch unter dem Einfluß der besonderen Eigenart der Bodenunterschiede des betreffenden Feldstückes steht, kann man die vorgefundenen Verhältnisse nicht ohne weiteres auf andere Feldstücke übertragen. Es ist daher nicht bewiesen, daß die Regressionsmethode zu günstigeren Resultaten führt als die Auswertung nach dem lateinischen Quadrat, jedoch sehr unwahrscheinlich, daß sie schlechtere Ergebnisse liefert.

Abschließend sei noch bemerkt, daß die Auswertung sich nicht notwendigerweise auf einen Ausgleich mit Hilfe einer Regressionsgeraden beschränken muß.

Rechnerisch ist es ohne weiteres möglich, aus den Blockmitteln Regressionen höheren Grades zu ermitteln, jedoch ist es zweifelhaft, ob der Erfolg diese Maßnahme rechtfertigt.

### Zusammenfassung

1. Die Auswertung nach dem lateinischen Quadrat ist bei Reihenversuchen nicht generell ungünstiger als bei solchen mit säulenförmiger Anlage, jedoch lohnt ein doppelter Bodenausgleich nur bei Versuchen mit relativ geringer zufälliger Variabilität.

2. Bei Reihenversuchen läßt sich ein doppelter Ausgleich der systematischen Unterschiede auch mit Hilfe einer aus den Blockmitteln errechneten Regressionslinie vornehmen.

3. Vorteilhaft bei der Verwendung der „Regressionsmethode“ ist die vollkommene Unabhängigkeit von der Art der Verteilung der Parzellen im Block. Die Ergebnisse des Verfahrens sind wahrscheinlich mindestens genau so gut wie bei einer Auswertung nach dem lateinischen Quadrat.

### Literatur

1. FISHER, R. A.: The design of experiments. 6. Aufl. Oliver and Boyd, Edinburgh (1951). — 2. MUDRA, A.: Ein Vergleich verschiedener Versuchsmethoden. Zeitschr. f. Pflanzenz. **33**, 419 (1954). — 3. RUNDFELDT, H.: Die Prüfung der wichtigsten Verfahren im Feldversuchswesen anhand von Modellen. Zeitschr. f. Pflanzenz. **32**, 301 (1933). — 4. SNEDECOR, G. W.: Statistical methods. 4. Aufl. Iowa State College Press, Ames (1950).

(Aus dem Institut für Vererbungs- und Züchtungsforschung Berlin-Dahlem)

## Kurztagbehandelte Klone in der Roggenzüchtung

Von EVA JUNGFER\*

Mit 1 Textabbildung

Der Roggen ist ein Fremdbefruchter, dessen Ertrag erst nach der Blüte erkennbar ist. Da der Pollen der erblich minderwertigen Pflanzen an der allgemeinen Bestäubung beteiligt ist und seinen Teil zum Erbgut der Nachkommen beisteuert, ehe der Wert der bestäubten Einzelpflanze beurteilt werden kann, erfordern solche Fremdbestäuber umständliche Züchtungsmaßnahmen, wenn man schneller vorankommen will, als es nach freiem Abblühen durch Ausmerzungen der unerwünschten Genotypen nach der Ernte möglich ist. Beispielsweise gelänge es auf diesem einfachen Wege bei Züchtung auf nur ein dominantes Merkmal im Lauf von 6 Jahren nicht, unter einer Beimengung von 9,6% unerwünschten Typen bei Massenauslese, bzw. 6,9% bei Individualauslese zu gelangen. In solchen Fällen gern verwendete Verfahren, wie erzwungene Selbstbestäubung und diallele Paarung, führen bei Roggen

nicht zu durchschlagendem Erfolg, weil sowohl starke Selbststerilität als auch große Inzuchtdepressionen, als auch verhältnismäßig geringe Nachkommenzahl und nicht zuletzt nur einjährige Lebensdauer sich als die züchtungshemmenden Eigenschaften des Roggens erweisen. Die bisher erfolgreichste Züchtungsmethode, die zur Schaffung des Petkuser Roggens führte, ist die „Restsaatgut-Methode“, in der man nur die Hälfte des Saatgutes von Elitepflanzen aussät, um an den Nachkommen ihren genotypischen Wert zu bestimmen; die zweite Hälfte des Restsaatgutes findet nur von den erwählten Pflanzen Verwendung, um diese untereinander abblühen zu lassen. Es ist zwar nach freiem Abblühen der Elitepflanzen unwahrscheinlich, daß das Restsaatgut der ausgesäten Saatguthälfte, auf die sich die Beurteilung gründet, vollkommen gleicht. Es wird auch nicht die Elitepflanze geprüft, sondern eine Nachkommenschaft, die eine Hälfte des Erbgutes von einer stark heterozygoten, phänotypisch guten

\* Herrn Prof. H. KAPPERT zum 65. Geburtstag gewidmet

Mutterpflanze besitzt, deren andere Erbguthälfte jedoch von unbekanntem Vätern her stammt. Diese können für die verschiedenen Elitepflanzen nicht einmal als gleich angesehen werden, da die Einzelpflanzen von den verschiedensten Punkten des Feldes gesammelt wurden. Trotz der offensichtlichen Mängel zeitigte diese Methode bei konsequenter Anwendung gute Erfolge.

Aus den vielen Versuchen, Inzuchtstämme zu isolieren und zu kombinieren, ist (nach HÄNSEL 1953) als einziger Erfolg der Pierre-Roggen aus Dakota bekannt,

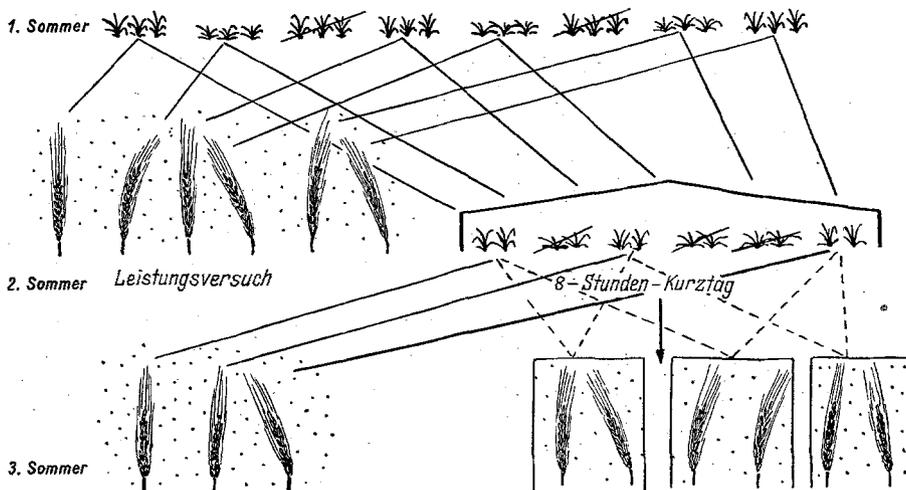


Abb. 1. Roggenzüchtung mit Hilfe im Kurztag gehaltenen Klone

1. Sommer: Klonung vieler Pflanzen; Auslese auf Resistenz gegen Pilzkrankheiten; ausgesene Pflanzen überwintern im Freiland. — 2. Sommer: Aufteilung der Klone in Langtagserie (Leistungsversuch)- Kurztagserie. — 3. Sommer: Abblühen der besten Klone untereinander oder diallele Paarung

der aus sechzehn Inzuchtlinien entstand und guten Ertrag mit großer Winterfestigkeit vereinigt. NILSSON fand in zehn Jahren keine vollvitale Inzuchtlinie bei Roggen, später eine unter zehntausend untersuchten Pflanzen. Die Züchtung eines tetraploiden Roggens gelang wohl, brachte aber noch nicht einen unbestrittenen Erfolg. Auch die Herstellung von Heterosis-saatgut aus Sorten erwies sich als zu unsicher im Ertrag.

Es wurde schon mehrfach darauf hingewiesen, daß es große Vorteile für die Züchtung brächte, wenn es gelänge, das Bestockungsvermögen des Roggens auszunützen, um Klone herzustellen. WELLENSIEK nennt MUNERATI als ersten, der — schon 1924 — Roggenklonte, jedoch nur erst acht Teile aus jeder Pflanze erzielte. In den Niederlanden wurde Roggen — allerdings nicht für Züchtungsarbeiten — von HEEMSTRA geklont. 1939 führte WELLENSIEK größere Versuche über die vegetative Vermehrung des Roggens aus und gab Züchtungswege an, die die Klonung verwendeten. Als besondere Vorteile wurden gegenüber den bisher angewandten Methoden die Möglichkeit der besseren Beurteilung der Merkmale eines Individuums in Form eines Klones als in Form einer Einzelpflanze, die Erzeugung von mehr Saatgut bei Kreuzungen, sowie die dadurch gegebene Möglichkeit, das gleiche Individuum in mehrfache paarweise Kreuzungen einzubeziehen, angeführt. HÄNSEL bespricht eben diese Vorteile und ergänzt sie darin, daß es evtl. mit Hilfe von Klonen leichter sei, Inzuchtstämme herzustellen, sei es dadurch, daß nur überhaupt mehr genetisch gleiche Ähren zur Verfügung stehen, sei es, daß die Bestäubung von Klonteil zu Klonteil eher Erfolg bringt als

die unter Ähren des gleichen Klonteiles. Beide Verfasser betonen, welch einen weiteren Fortschritt es brächte, wenn es gelänge, die Roggenklone mehrjährig zu halten. Dann könnte man den genotypischen Wert eines Individuums feststellen, ehe man es zur Kreuzung verwendet. Man könnte nämlich, nachdem die Bonitur auf Wuchsform, Vitalität und Resistenz an den nicht geschößten Klonen vorgenommen worden ist, eine Anzahl der Teile jedes ausgelesenen Klones in einem Leistungsversuch abblühen lassen und den Wert der Klone nach ihrem Ertrag bestimmen. Die

danach erwählten Klone könnten mit Teilen, denen man während dieser Prüfung das Schossen verwehrt hätte, nun als beste untereinander abblühen. Falls sich dieser Weg als noch nicht wirksam erweist, könnte man zunächst durch verschiedene Paarungsrichtungen günstige Kombinationen ermitteln und danach auf die unverfälschten Ausgangsgenome zurückgreifen (WELLENSIEK), die als mehrmals überwinterte Klone zur Verfügung stehen. (s. Abb. 1!)

WELLENSIEK berichtet 1940, daß es ihm durch Wegoperieren der jungen Ähren und durch Kultur im 8-Stundentag gelang, die Klone auch im

zweiten Vegetationsjahr am Schossen zu verhindern. Auch HÄNSEL glückte es, einzelne junge Bestockungstrieb im Frühjahr abzunehmen und im Kurztag im vegetativen Zustand zu halten, während der Haupttrieb im Herbst trotz gleicher Behandlung schoßte. Beide Methoden dürften, wie HÄNSEL betont, für Benutzung in der Züchtung zu umständlich sein. Es soll daher hierüber am hiesigen Institut ausgeführte Versuche berichtet werden, in denen es gelang, durch Kurztagsbehandlung Roggenklone mehrere Jahre am Schossen zu verhindern.

### Material, Methoden, Versuche

Das Klonen des Roggens macht in unserem Dahlemer Klima keine Schwierigkeiten, wenn man die 3—5 Halme starken Teile auf den Kasten pflanzt und etwa 10 Tage schattiert unter Glas hält. Besonders bei sonnigem, trockenem Wetter ist sorgfältige gärtnerische Pflege nötig. Auch unbewurzelte Teile wachsen unter guten Bedingungen an, und es gelingt nach Aussaat etwa Mitte April durch 3—4 Klonungen bis zum Herbst 100—250 Teile je Klon zu erhalten. Die Klonungsfähigkeit ist individuell sehr verschieden und war bei unserem absichtlich heterogen gewählten Ausgangsmaterial ( $F_2$  aus Brands Marienroggen  $\times$  Heines Hellkorn) stets sehr unterschiedlich. Wir machten die Erfahrung, daß mehrmaliges Klonen mittelgroßer Horste besseren Erfolg bringt als einmaliges Aufteilen sehr großer Horste. Das Auspflanzen der Klonteile im Freiland ist bei uns des Klimas wegen zu riskant und bringt große Ausfälle. In Pikierkästen gehalten, zeigten die Klone zu leicht Hunger-

erscheinungen. Auch in Töpfen im Haus aufgezogen, wuchsen sie nicht so kräftig weiter wie auf dem Kasten.

Den ständig im vegetativen Wachstum beharrenden Klone drohen viele Krankheiten und Schädlinge: Mehltau, Rost und Schneeschimmel überfallen sie in feuchten Zeiten und bei lange liegender nasser Schneedecke. Nur Kurzhalten des Bestandes durch wiederholtes Zurückschneiden und sehr regelmäßige Anwendung von Spritzmitteln hilft dagegen. Unter den tierischen Schädlingen ist bei uns als besonders schädlich die Fritfliege zu nennen, die mitunter bis zu 20% der Klonteile vernichtete. Auch hier konnten nur den ganzen Sommer über alle 3—4 Tage regelmäßig durchgeführte Spritzungen mit E 605 durchgreifend helfen. Dazu ist zu bemerken, daß bei Verwendung der Klone im Züchtungsgang zur Beurteilung der Anfälligkeitsunterschiede die Spritzungen eingeschränkt werden müßten; wir waren jedoch bei dem uns lange Zeit nur möglichen kleinen Versuchsumfang auf weitgehende Erhaltung des Materials angewiesen, wenn wir auch ständig Klone wegen zu starken Rostbefalls ausmerzten.

Schwieriger gestalteten sich die Arbeiten zur Frage der Schoßverhinderung. Da der Übergang von kurzen zu langen Tagen und von winterlicher Kälte zu sommerlichen Temperaturen im steigenden Jahr für Getreide i. a. als Vorbedingung für das Schossen angesehen wird, versuchten wir, beide Faktoren auszuschalten, d. h. wir brachten die Klonteile, die noch nicht schossen sollten, über Winter ins Haus und hielten sie von Anfang März ab im 8-Stunden-Kurztag, während die übrigen unter normalen Klimabedingungen blieben. Durch Raummangel wurde naturgemäß der Umfang der Versuche sehr beschränkt. In den ersten Versuchsjahren beabsichtigten wir, von beiden Klonserien (sowohl den Langtag- als auch den Kurztagklonen) Ernten im gleichen Sommer zu erhalten. Die Kurztagklone kamen ab Juni, wenn die Langtagklone blühten, in normale Tageslänge und setzten mit dem Schossen ein. Es gelang wohl in günstigen Jahren, die Langtagserie früh genug zur Reife zu bringen, so daß nach Auswertung des Ertragsversuches die Kurztagserie zusammengestellt werden konnte und noch mit ihrer Reifezeit in trockene Nachsommerwitterung gelangte. Meist kamen die Körner der Kurztagserie jedoch nicht rechtzeitig zur Reife, sondern verpilzten und wurden schlecht ausgebildet, so daß die Keimfähigkeit stark beeinträchtigt war. Wir versuchten daher, die Kurztagserie noch weiter, bis zum nächsten Frühjahr, zurückzuhalten, um sie in günstiger Jahreszeit abblühen zu lassen. Es gelang, sie durch einen zweiten Winter zu bringen, und wir konnten im Frühjahr 1954 Kurztagklone abblühen lassen, die aus der Aussaat im April 1952 stammten und nach den Ergebnissen der Leistungsversuche an den im Sommer 1953 abgeblühten Langtagklonen zusammengestellt waren.

Einen wesentlichen Fortschritt brachte uns die Beobachtung, daß Kurztagbehandlung auch nach vorhergegangener Freilandüberwinterung das Schossen verhindern kann. Das wurde von uns zum erstenmal im Frühjahr 1952 an Klone vom Sommer 1951 bemerkt, die wir kurz entschlossen aus dem Freiland in Kurztagbehandlung nahmen, nachdem der Schneeschimmel die im Haus überwinterten Klone fast restlos vernichtet hatte. In den folgenden Jahren bewährte sich

diese Behandlungsweise, so daß nunmehr drei sehr verschieden verlaufene Winter in ihrer Wirksamkeit keine Unterschiede zeigten. Dadurch wurde es möglich, eine weit größere Anzahl Klone als bisher über den Winter zu nehmen. Es wurde weiterhin erprobt, während des Sommers eine größere Menge Klone im Freiland auf dem Kasten zu verdunkeln, wobei es besonders wichtig ist, die sich unter der Verdunkelungsvorrichtung stauende, den Pilzbefall fördernde, heiße feuchte Luft zu beseitigen. Durch während der Dunkelzeit stundenweise laufende Ventilatoren gelang es, gesunde Klone zu erzielen, ja es scheint unter diesen Umständen möglich, Roggen unbegrenzt lange im vegetativen Zustand zu halten. Unsere ältesten Klone, die eigentlich nur aufgehoben wurden, um zu sehen, wie lange sie überhaupt am Leben bleiben können, stammen aus der Aussaat im April 1951. Von den anfangs vorhandenen 10 Klone sind zurzeit noch 9 am Leben; sie sind also nun schon während dreier Sommer am Schossen verhindert worden.

Es ist also technisch möglich, den eingangs geschilderten Züchtungsweg einzuschlagen, nämlich eine Anzahl Klonteile solange am Blühen zu verhindern, bis aus den Geschwisterteilen der Ertragswert und die Kombinationseignung des Klones bestimmt ist.

Mit Recht erheben sich jedoch einige Einwände gegen diese Methode: Zunächst die Frage, ob nicht vielleicht durch die wohl unvermeidbare Auslese auf Klonungsfähigkeit gerade die ertragreichen Typen, wenn sie sich vorzugsweise unter den wenig bestockungsfähigen Pflanzen befinden, ausgemerzt würden. Eine gewisse Auslese auf Klonungsfähigkeit ist nicht zu vermeiden, weil als Material für einen brauchbaren Leistungsversuch der Langtagserie und außerdem genügend Kurztagklonteile eine bestimmte Anzahl nicht unterschritten werden kann. Wir hielten bisher mindestens 80 Teile für nötig und verwarfen eine Reihe Klone, die diese Zahl nicht erreichte. Nach Mitteilungen RÖMERS ist bei der Auswahl der Eliten bei der Zucht des Petkuser Roggens „Bestockung“ ein Auslesefaktor, da nur Pflanzen mit mindestens 7 Halmen gewählt werden. Der hohe Ertrag des Petkuser Roggens ist also trotz Achtens auf gute Bestockung erzielt worden, so daß eine negative Korrelation kaum anzunehmen ist. Die Leistungsprüfungen der Langtagklone am hiesigen Institut 1954 bestätigten diese Auffassung: Es war in diese Versuche eine Reihe von Klone einbezogen worden, deren Teilzahl unseren Anforderungen nicht genügte, da sie nicht für eine Kurztagserie ausreichte. Diese Klone verteilten sich in der Ertragsliste rein zufällig unter die mit ausreichender bis sehr hoher Teilzahl. Der Mittelwert aus den Parzellenerträgen der 11 kleinsten geprüften Klone ist mit seinem Wert 74,88 zwar höher als der der 13 größten Klone mit dem Wert 64,02. Die Differenz ist jedoch nicht signifikant,  $p = 0,25$  (s. Tabelle 1).

Stellt man weiterhin die aus der Leistungsprüfung als beste hervorgegangenen Klone den schlechtesten gegenüber und beachtet die Größe der Klone, so findet man sowohl unter den 12 guten 4 mit ausgesprochen großer und 1 mit kleiner Teilzahl, als auch unter den 10 schlechtesten Klone das Verhältnis von 3 starken auf 1 kleinen Klon (s. Tabelle 2).

Es erhebt sich weiterhin die Frage, ob nicht gerade die in der Ertragsleistung guten Klone besonders empfindlich sind gegenüber den physiologischen Eingriffen

des Verdunkelns zur Unzeit, des Zurückschneidens der im Sommer immer wieder auftretenden schossenden Halme, kurz gegenüber allen Mißhelligkeiten, die die

Kurztagbehandlung mit sich bringt. Wir glaubten, einige Anzeichen hierfür gefunden zu haben, als in den ersten Jahren in der durch die beschränkten Versuchsumstände sehr knappen Klonzahl oft als gut beurteilte Klone sehr stark ausfielen, während sich als minder befundene gut hielten. Eine eingehendere Prüfung am größeren Material brachte ein günstigeres Ergebnis. (Siehe Tabelle 2) Die zur Betrachtung stehenden Kurztagklone wurden mindestens an zwei, manche auch an drei verschiedenen Orten kultiviert. In der beigegebenen Übersicht bedeutet 1 = Kultur im Haus in Bimskies mit Nährlösung, 2 = Kultur im Haus in Erde, 3 = Kultur im Freien im Kasten. Die Verdunkelungszeit war an allen Orten gleich lang, auch Frischluftzufuhr wurde in allen Kulturen geboten. In der beigegebenen Liste werden die nach der Leistungsprüfung besten und schlechtesten Klone mit ihren Boniturnumern aufgeführt, und man sieht sehr wohl, daß die Beurteilungen des Gesamteindrucks „gut“, „mäßig“ und „schlecht“ in beiden Kategorien etwa gleich häufig vorkommen. Besonders auffallend ist das unterschiedliche Verhalten gegenüber der Hydrokultur, die sich noch im Versuchsstadium befand und daher mitunter,

Tabelle 1

Klone mit wenig Teilen (bis zu 80)			Klone mit vielen Teilen (über 150)		
Klon	Zahl d. Teile	Ø Korn-Ertrag/9 Pflz.	Klon	Zahl d. Teile	Ø Korn-Ertrag/9 Pflz.
R	80	116,7	A	280	63,9
Z	72	40,5	B	200	63,4
AS	78	52,2	G	224	47,4
BA	78	47,8	L	208	54,5
CM	64	75,1	P	248	92,5
EE	80	87,5	AA	232	48,4
EH	71	84,5	BP	168	70,6
ER	80	69,4	CC	192	33,4
ES	80	71,2	EZ	152	86,8
FO	80	97,2	FH	176	95,9
FF	72	81,6	FL	152	82,0
			FU	198	55,4
			GT	150	40,0

$\bar{x} = 74,78$   
 $s\bar{x}^2 = 45,61$   
 $t = 1,23$  FG = 22  $p = 0,25$

$\bar{x} = 64,13$   
 $s\bar{x}^2 = 31,31$

Tabelle 2

Ertragreiche Klone Klon-Bezeichnung	Zahl	Bonitur der Kurztagklone:		
		1.	2.	3.
FH	176	gut, großer Klon	mäßig, wenig Rost	schlecht
P	248	nur 2 Teile	mittel, schwach Rost	gut
EZ	152	ausgefallen	gut, kaum Rost	gut, Rost
FL	152	ausgefallen	gut, wenig Rost	mittel
X		—	gut, kaum Rost	mittel, ungleich Rost
FK		—	mittel	gut
U		—	etwas Rost	kaum Rost
		—	mäßig	mäßig
GH		nur noch 1 T.	mäßig Rost	ungleich Rost
		—	gut	mäßig
BS		ausgefallen	etwas Rost	etwas Rost
		—	mittel	gut
S		—	kaum Rost	etwas Rost
FG		—	recht kräftig	mittel
		—	mäßig Rost	ungleichmäßig
		—	schlecht	mäßig
R	80	—	kaum Rost	etwas Rost
		—	mittel	gut
		—	mäßig Rost	wenig Rost
Ertragsarme Klone				
O		mäßig leichter Rost	mäßig	mäßig
GT	150	—	mäßig Rost	viel Ausfall, Rost
		—	mittel	ungleichmäßig
CC	192	—	kaum Rost	etwas Rost
		—	mittel	gut
F		—	wenig Rost	einiger Ausfall
		—	gut	mittel
G	224	—	mäßig Rost	Rost
		—	mittel	mittel, ungleich
		—	Rost	
FN		—	mittel	gut
		—	kaum Rost	etwas Rost
Z	72	—	mittel	mittel
		—	mäßig Rost	Rost
GP		—	mittel	mäßig,
		—	wenig Rost	ungleich, etwas Rost
GR		nur noch 1 T.	gut, etwas Rost	mäßig, ungleich
AM		gut, leichter Rost	mittel	mittel
		—	etwas Rost	

1 = Hydrokultur in Bimskies  
 2 = Stellage im Kalthaus  
 3 = im Kasten im Freiland

z. B. durch wechselndes  $p_H$ , zu starke Bewässerung, Eisenmangel usw. die Pflanzen sehr stark beanspruchte. Neben Klonen, die restlos versagten (EZ, FL, BS), finden sich solche, die trotz alledem einen guten Bestand aufwiesen, darunter sowohl 1 Klon (FH) aus der Serie der ertragreichen, als auch 1 Klon (AM) aus der Serie der ertragsarmen Klone. Der Klon FH gedieh sogar in der Hydrokultur besser als in den beiden anderen Kulturen, während der in der Hydrokultur gänzlich ausgefallene ertragreiche Klon EZ unter den anderen Bedingungen das Prädikat „gut“ erhielt. Auch zwischen den beiden Kulturen in Erde (2) im Haus und (3) im Freien bestehen für die einzelnen Klone Bonitierungsunterschiede, die wahrscheinlich auf die Reaktion der Klone auf die verschiedenen Standortsbedingungen zurückzuführen sind.

Die zur Betrachtung stehende Frage kann nach diesen Befunden wohl in dem Sinne beantwortet werden, daß die Leistungsfähigkeit eines Klones in bezug auf den Ertrag nicht korreliert ist mit seiner Fähigkeit, Kurztagbehandlung und andere physiologische Eingriffe zu ertragen.

Ganz allgemein kann auch gefragt werden, ob das Klone an sich, auch wenn keine sekundären Schäden auftreten, eine Schwächung mit sich bringt, in dem Sinne, daß etwa 5-Halme starke, ungeklonte Pflanzen aus der Herbstsaat besseren Ertrag brächten als gleichstarke Pflanzen, die aus verschieden häufigem Klone in vorheriger Sommer hervorgegangen sind. Ein Versuch, der darüber Auskunft bringen konnte, wurde 1952 am hiesigen Institut angelegt. Im Vergleichsanbau wurden nebeneinander Pflanzen aus einem Sommer hindurch geklontem Material und ungeklonter Herbstsaat geprüft. Es ergab sich, daß für die geklonten Pflanzen keine Nachteile bestehen.

Es wird also durch Benutzung klonungsfähiger und physiologisch robuster Pflanzen weder eine negative Auslese getrieben, noch erfolgt eine evtl. unterschiedliche phänotypische Ertragsbeeinflussung durch das Klone. Die in der Prüfung der Langtagklone aufgezeigten Leistungen können als verdeutlichte Einzelpflanzenleistung angesehen werden, und es kann damit gerechnet werden, daß die ausgewählten ertragreichen Klone auch die aufbewahrende Kurztagbehandlung überstehen. Dabei wird nun allerdings nicht berücksichtigt, welchen Einfluß ein unbekannter Vater auf den Ertrag durch Beeinflussung der Ausbildung, besonders der Größe des Kornes nimmt. Durch Anlage der Leistungsprüfung mit möglichst vielen Wiederholungen wurde versucht, jeden Klon unter recht verschiedenen Nachbarn abblühen zu lassen. Darüberhinaus wurden einige Klone in mehrere getrennte Versuchsanlagen einbezogen; sie waren zwar nicht soweit voneinander entfernt, daß nicht auch Pollen hinübergewechselt haben könnte, aber auch bei panmiktischen Bedingungen ist damit zu rechnen, daß die gleichzeitig blühenden, in der herrschenden Windrichtung liegenden Nachbarn bevorzugt zur Bestäubung gelangen. Diese Klone zeigen, (s. Tabelle 3) in der unterschiedlichen Umgebung der verschiedenen Versuche, also unter immer etwas anders zusammengesetzten Pollenwolken, eine für jeden Klon charakteristische Leistung, so daß wohl mit einer Vorzugswirkung einer Pollenart und dadurch evtl. durch Xenien bedingten Vorzugsleistung eines davon betroffenen Klones in einem der Versuche nicht zu rechnen ist.

Im Gegenteil weisen diese in den Versuchen gleichbleibenden charakteristischen Klonerträge darauf hin, daß es genotypische Unterschiede zwischen den Klone sind, die hier deutlich werden.

Tabelle 3. Durchschnittserträge der in mehreren Versuchen angebauten Klone

Klon	Versuche:			
	A	B	C	D
A	64,9	61,5	—	63,2
B	61,6	—	—	68,5
G	47,0	47,6	—	—
L	55,3	—	52,0	—
P	88,4	—	93,4	98,4
FU	54,3	—	—	57,2

Mehrmals wurden nach der Leistungsprüfung der Langtagklone bislang am Schossen verhinderte als „gut“ bzw. „schlecht“ erkannte Klone jeweils untereinander zum Abblühen gebracht. Wie bereits erwähnt, waren die ersten Kreuzungen dieser Art im Spätsommer durchgeführt worden und durch Rostbefall in der Spätreife derart geschädigt, daß sie kaum aufliefen. Andere, anscheinend besser geratene Ernten brachten bei der Prüfung, ob die aus der Kreuzung „gut“  $\times$  „gut“ erwachsenen Pflanzen bessere Erträge bringen, als die aus „schlecht“  $\times$  „schlecht“ stammenden, nur einmal gesicherte Unterschiede. In diesem Versuch wurden die durch den Winter gekommenen Reste der stark ausgewinterten Klonkreuzungen von 1952 in eine Leistungsprüfung gebracht, d. h. die Parzellen wurden im Frühjahr aufgepflanzt, (Zahl der Wiederholungen = 4). Die „guten“ Klone brachten 277 g Kornertrag, die „mittleren“ 259 g und die „schlechten“ 182,3 g. Die Grenzdifferenz für  $P = 0,05$  beträgt 71,78 g, die für  $p = 0,01$  97,89 g. Während ein Unterschied zwischen den Kreuzungen „gut“  $\times$  „gut“ und „mittel“  $\times$  „mittel“ nicht zu sichern war, kann der Leistungsabfall der Kreuzungen „schlecht“  $\times$  „schlecht“ als signifikant angesehen werden. Für den negativen Ausfall der entsprechenden Versuche 1952 und 1953 (Nachsaat) können zwei technische Ursachen angenommen werden: 1. können die Nachwirkungerscheinungen an den durch Spätreife geschädigten Pflanzen die genotypischen Unterschiede verdeckt haben, 2. war in allen Versuchen die Anzahl der geprüften Langtagklone und entsprechend der zur Kreuzung zur Verfügung stehenden Kurztagklone sehr gering, sie betrug nur 10 Klone. Davon waren durch gesicherte Ertragsunterschiede meist nur 1 guter und 1 schlechter Klon herausgehoben, denen nun zum Abblühen Partner der Mittelklasse beigegeben werden mußten. Dadurch konnten evtl. bestehende Unterschiede zwischen den guten und den schlechten Eltern jedoch verwischt werden. Erst im letzten Jahr konnten wir nach erprobter Freilandüberwinterung aller Klonteile eine genügend große Zahl von Klone aufheben, als Langtagklone in die Leistungsprüfung nehmen und als Kurztagklone verdunkeln. Wir erhielten jetzt mehrere gesichert überlegene Klone, die durch eine Mittelklasse getrennt, von den schlechten Klone unterschieden sind. Die aus diesen Kreuzungen, die zu guter Jahreszeit abblühen und somit gesunde Körner bringen können, erhaltenen Pflanzen müssen ein endgültiges Resultat liefern, ob gute Klone untereinander abgeblüht, leistungsfähigere Nachkommen ergeben, als wenn schlechte mit schlechten

gekreuzt werden. Gleichzeitig könnten durch Verwendung gleicher Klone in mehreren Kreuzungsrichtungen besonders günstige Kombinationen ermittelt werden.

### Besprechung

Die Methode, durch Klone, d. h. durch eine mittels vegetativer Vermehrung erzeugte Vielzahl von Teilen, die alle ein genetisches Individuum verkörpern, den Typ und Wert des Individuums klarer erkennbar zu machen, wurde, nachdem sie WELLENSIEK 1940 schon für Roggen vorgeschlagen hatte, bereits 1943 von WERNER in der Futtergraszüchtung erfolgreich angewandt. Aus seinen Akten und Protokollen geht hervor, wie wertvolle Dienste bei der Beurteilung des Klonungsverfahrens leistete, das er bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), Lieschgras (*Phleum pratense*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rotschwengel (*Festuca rubra*) und Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) verwendete. Da WERNERS Ergebnisse infolge seines frühen Todes nicht veröffentlicht sind, sei über sie an dieser Stelle etwas eingehender berichtet:

Die wie üblich aus dem Zuchtgarten stammenden Elitepflanzen wurden im Frühjahr ausgegraben, in 12–14 nicht zu starke, möglichst gleichmäßige Horste zerlegt und zunächst ins Mistbeet verpflanzt. In einem Protokoll heißt es wörtlich: „Es war, als ob durch die Vervielfältigung der Klonmutterpflanzen Unterschiede zutage traten, die man beim Vergleich der Einzelpflanzen nicht bemerken konnte, oder als wenn kleine Differenzen dieser Mutterpflanzen, wie die Individuenzahl wachsend, sich vervielfältigten und deutlich würden.“ Nach seinen Aufzeichnungen wurden aber nicht nur kleine Unterschiede deutlich, sondern es ergab sich eine ganz andere Reihenfolge der geprüften Stämme in der Höhe des Ertrages, wenn man ihn statt von der Einzelpflanze aus den daraus hergestellten Klonen feststellte. Aus der beigefügten Übersicht (s. Tab. 4), die einen Ausschnitt aus einer Ertragsliste der

Tabelle 4. Erträge von Elitepflanzen und daraus hergestellten Klonen des Lieschgrases (aus WERNER)

Bez.	Zahl d. Elitepfl. 1942	Grünew. d. Elitepfl. Ø 1942	Grünew. Klone Ø 1943	Streuung d. Klonegew. 1944	Grünew. Klone Ø 1944	Streuung d. Klonegew. 1944
I/ 5	7	240	450	230/550	721	280/1050
I/ 18	13	217	462	220/670	786	425/1300
I/ 39	6	229	483	280/730	711	370/1220
I/ 51	7	229	551	370/850	727	365/1050
I/ 68	9	229	414	180/620	758	320/1145
I/ 76	10	222	430	320/520	790	405/1170
I/ 83	11	240	427	130/730	863	280/1160
I/ 98	10	238	527	400/770	788	415/1200
I/162	7	221	390	100/600	647	305/955
I/207	11	263	499	290/700	740	230/1165
I/212	9	246	601	420/810	693	445/880
I/233	14	236	502	240/790	828	360/1290
I/238	6	238	618	230/770	985	415/1280
I/254	9	201	640	470/1010	736	430/985
I/257	8	208	390	100/710	591	235/1210
I/259	11	220	383	110/610	631	195/955

Lieschgrasstämme wiedergibt, in der die Grünewichte der Elitepflanzen und Klone durch mehrere Jahre hindurch verzeichnet sind, kann man z. B. folgendes ersehen: Durch die Beurteilung von 7 Elitepflanzen wurde 1942 der Stamm 1/5 als drittbesten unter 16 Stämmen aufgefunden, während der Stamm 1/18 mit dem Durchschnitt aus 13 Elitepflanzen als drittschlechtesten abschneidet. Die aus denselben Elitepflanzen im nächsten Jahr hergestellten Klone brachten aber einen geringen Mehrertrag des Stammes 1/18 (462 g gegen 450 g = 95,26% gegen 92,78% des Mittels aus den Klonen aller Stämme). 1944 wird die Überlegenheit des Stammes 1/18 viel deutlicher: 104,94 g gegen 96,26 g, und entsprechend

dem höheren Durchschnitt liegen auch die Leistungen der besten Klone von 1/18 mit 138,14 g und 173,56 g weit günstiger als die der besten Klone von 1/5 mit 113,40 g und 140,19 g. An diesem Beispiel zeigt sich, wieviel sicherer eine Auswahl durch Klone als durch eine Einzelpflanze ist. Der Stamm 1/254 ist mit seinem Durchschnitt von 801 g aus 9 Elitepflanzen (= 87,8% des Mittelwertes aus allen Elitepflanzen) der schlechteste Stamm des Jahres 1942. Das Durchschnittsgewicht der Klone aus diesen Pflanzen liegt 1943 aber mit 640 g = 152,6% weitaus an der Spitze aller 16 Stämme. Von den 148 geprüften Klonen gehört auch der Klon mit dem absolut höchsten Grünmasseertrag von 1010 g = 208,3% zu diesem Stamm, dessen geringster Klon mit 470 g = 96,9% auch noch erstaunlich hoch liegt. Der Sommer 1943 war laut Protokoll sehr trocken, und die Dürre wirkte sich auf das Lieschgras i. a. besonders ungünstig aus. Im nächsten, wieder normaleren Sommer 1944 bringen die gleichen Klone wieder nur mittlere Erträge mit dem Durchschnitt von 736 g = 94,5%. Es ist ganz offensichtlich, daß hier ein wertvoller, dürreresistenter Stamm vorlag, dessen Auffinden nur durch das die individuellen Unterschiede verdeutlichende Klonungsverfahren möglich war.

Für die Züchtung von *Triticale* weist WELLENSIEK 1947 auf den Vorteil hin, den die Klonung der F<sub>1</sub>-Weizen-Roggen-Bastarde bringt. Diese Kreuzungen können des geringen Ansatzes wegen nur mit verhältnismäßig großem Aufwand hergestellt werden; um beim nun folgenden Colchizinieren jedoch bessere Aussichten auf Erfolg zu haben, ist ein breites Ausgangsmaterial recht erwünscht. Dieses stellt WELLENSIEK aus den sehr wüchsigen Bastarden durch dreimaliges Klonen her, wobei er im Laufe eines Sommers 300 bis 400 Teile aus jeder Pflanze erhält, (im Höchstfall waren es über 4000). Wenn er diese hohen, müheolos erreichten Zahlen angibt, so bestätigt dies die starke Klimaabhängigkeit des Klonungserfolges. Bei uns in Dahlem ist Klonung auch bei den günstigen Weizen-Roggen-Bastarden bisher nur bis auf höchstens etwa 300 Teile und nur unter Anwendung gärtnerischer Pflegemaßnahmen, wie sie bei den Roggenklonen angegeben wurden, möglich, und heiße trockene Witterung ließ uns mitunter ganze Serien zugrunde gehen. HÄNSEL und ADAM halten sogar die Anwendung des Klonungsverfahrens im pannonischen Klimagebiet Österreichs für ungeeignet.

Auch für Kohl wurden schon ab 1943 am hiesigen Institut erfolgreich Klonungsmethoden erprobt, um an einigen unter normalen Bedingungen wachsenden Klonteilen den Genotyp zu bestimmen, während die anderen Teile zurückgeschnitten wurden und erst später zur Blüte kamen. Auf diese Weise war es möglich, nur erwünschte Paarungen vorzunehmen. Gerade für atlantische Klimagebiete erscheint diese Methode für Kohlgewächse recht aussichtsreich. Das Material ging jedoch durch Kriegs- und Nachkriegszeit verloren.

Heute gehören Klonungsverfahren zum allgemeinen methodischen Bestand und werden vielfach erfolgreich in die Züchtungsgänge eingebaut.

Überraschend einfach löste sich für uns schließlich das Problem der Schoßverhinderung, da es nur nötig ist, während der Sommermonate — wir beginnen damit in der ersten Hälfte des März — Achtstundentag zu geben, wobei die wichtigste Frage die der Belüftung der verdunkelten Klone bleibt. Gelingt es, die Pflanzen vor Vernichtung durch Schädlinge zu bewahren, so kann man sie anscheinend auf diese Weise unbeschränkt lange am Leben erhalten. Während es HÄNSEL (1953) nicht möglich war, durch einmaliges

oder wiederholtes Rückschneiden der schossenden Halme das Schossen der übrigen Bestockungstriebe zu verhindern, konnte bei uns durch mehrmaliges Rückschneiden der ganzen Horste, wobei auch einzelne herausgeschossene Halme abgenommen wurden, die Bestockung immer wieder angeregt werden. Die einzelnen Klone reagierten zwar verschieden gut, manche erweckten zu gewissen Zeiten den Eindruck des restlosen Schossens, konnten aber dann unterstützt durch kleine Volldüngergaben zum weiteren vegetativen Wachstum veranlaßt werden. Wichtig ist hier in diesem Zusammenhang nicht die Frage des Schossens bzw. der Schossverhinderung überhaupt, wie sie in den rein physiologischen Untersuchungen gestellt wird, sondern vielmehr die Möglichkeit, trotz Neigung zum Schossen und trotz vereinzelter schossender Triebe das vegetative Wachstum in Gang zu halten. Von diesem Gesichtspunkt aus gesehen, brauchen auch die vielfältigen Angaben der Forscher über Auslösung des Schossens unter verschiedensten Umständen nicht als widersprechend angesehen zu werden, so die von HÄNSEL zitierten Ergebnisse von PURVIS, daß Petkuser Roggen in Kurztag und Wärme bereits nach 6 Wochen Blühreife erlangte, und daß das Erreichen einer maximalen Blattzahl auch unter Bedingungen, die dem Schossen ungünstig sind, zur Anlage von Ähren führt.

Es ist zwar bekannt, daß bei Benutzung von Inzuchtstämmen bei der Herstellung von Heterosisaatgut nicht die leistungsfähigsten Inzuchtstämme, untereinander kombiniert, auch die ertragreichsten Nachkommen bringen, sondern daß man rein empirisch die geeignetsten Kombinationen ermitteln muß. KEPLER fand jedoch bei Radies durch diallele Paarung, daß aus der Kombination guter Inzuchtlinien bessere Nachkommen hervorgingen als aus der Kreuzung schlechter untereinander. In beiden Ergebnissen handelt es sich um Kreuzung von Inzuchtlinien. In einem 1950 am hiesigen Institut durchgeführten Maisversuch (unveröffentlicht) wurden Kreuzungen verschiedener Sorten mit den Eltern verglichen, wobei sich außer einem starken Heterosiseffekt ganz deutlich zeigte, daß die besten Kreuzungen aus der Kombination der besten Eltern stammten. WELLENSIEK (nach ADAM) verglich bei 9 Roggensorten Familien aus guten Mutterpflanzen mit solchen aus schlechten Mutterpflanzen und fand, daß sie in 22 Fällen besser, in 2 Fällen gleich und in 5 Fällen schlechter waren als die Familien aus schlechten Mutterpflanzen. Das klingt ermutigend; denn wenn es schon bei der Auslese nach Einzelpflanzen zu so wenigen Mißerfolgen kommt, wieviel eher müßte dann die Beurteilung nach Klonen zu Erfolgen führen.

Ein bei uns durchgeführter Versuch an Roggenklonen weist ebenfalls darauf hin, daß gute Leistungen eines Klones auch in der folgenden Generation erhalten bleiben. 1950 wurden die normal abgeblühten Langtagklone in der Milchreife dem Augenschein nach bonitiert, dieses Ergebnis wurde dann mit der Ertragsleistung verglichen, und drittens wurde von den 9 beteiligten Klonen das aus freiem Abblühen erhaltene Saatgut ausgelegt, um eine Prüfung der Nachkommen auf ihren Ertrag vorzunehmen. Es ergab sich, daß die beiden in den Bonituren besten Klone auch wieder in ihren Nachkommen den höchsten Ertragswert erreichten.

Diese Beispiele deuten darauf hin, daß man mit Hilfe genotypisch geeigneter guter Klone züchterisch

vorankommen müßte, zumal auch FRANDSON H. N. u. K. J. 1948 in einer Darstellung der Polycross-Methode darauf hinweisen, daß sie bei Roggen Familien mit besonders guter Kombinationsfähigkeit gefunden hätten. Es müßte daher auch möglich sein, aus einem großen Material mehrere erprobt gute Klone herauszufinden, die, untereinander gekreuzt, einen der Ausgangspopulation überlegenen Stamm liefern.

### Zusammenfassung

Da der Roggen der Züchtung viele Schwierigkeiten bietet, wurde versucht, die Vorbedingung für die Anwendung eines Weges, der sich auf die Klonungsfähigkeit des Roggens gründet, zu prüfen. Eine Serie der im Laufe des ersten Sommers aus jeder Pflanze erzielten Klonteile steht im zweiten Sommer unter normalen Bedingungen im Leistungsversuch mit anderen Klonen. Während dieser Zeit wird die zweite Serie der im ersten Sommer erhaltenen Klonteile nach Überwinterung im Freiland in Kurztagbehandlung gebracht und damit am Schossen verhindert. Nach Auswertung des Versuches mit der Langtagserie blühen die besten Klone im 3. Sommer untereinander ab, und es werden diallele Paarungen durchgeführt, um die Kombinationsfähigkeit zu prüfen. Auf diese Weise wird praktisch das gleiche Individuum nach Prüfung seines Wertes im ersten Jahr im zweiten mit anderen wertvollen Typen zusammen zum Abblühen gebracht, was bisher in der Roggenzüchtung nicht möglich war, da das Individuum nicht mehr lebte, wenn sein Wert am Ertrag bestimmt werden konnte. Es wurde gezeigt, daß es möglich ist, Roggenklone mehrere Jahre am Leben zu erhalten. Durch das Klonen an sich findet keine Schwächung der Pflanzen statt. Die Benutzung klonungsfähiger Pflanzen schließt keine in bezug auf den Ertrag negative Auslese ein, und die Kurztagbehandlung wird von leistungsfähigen wie ertragsarmen Klonen in gleicher Weise vertragen.

Für die Möglichkeit, diese Untersuchungen durchzuführen, und stete Anteilnahme und Förderung danke ich Herrn Professor KAPPERT.

### Literatur

1. ADAM: Der Weg zur Züchtung einer neuen Roggen-sorte. Bericht über die erste Arbeitstagung der Saat-zuchtleiter in Admont 137—158 (1954).
2. FRANDSEN, H. N. oy FRANDSEN K. J.: Polycross. Nordisk Jord-brugsforskning 7. 8. Hefte Soertryk. (1948).
3. FRIMMEL: Ein Blick auf die Entwicklung der Kleezüchtung in Schweden und auf die Verwendung des Polycross-Ver-fahrens in der Futterpflanzenzüchtung. Bericht über die Arbeitstagung der Saat-zuchtleiter in Admont 367—372 (1954).
4. HÄNSEL: Vernalisation. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 32, 233—274, (1953).
5. HÄNSEL: Klonzüchtung bei Winterroggen. Bericht über die Arbeits-tagung der Saat-zuchtleiter in Admont 52—64 (1954).
6. HÄNSEL: Winterfestigkeit und Methoden ihrer Über-prüfung bei Getreide. Bericht über die Arbeitstagung der Saat-zuchtleiter in Admont 96—136 (1954).
7. KAPPERT: Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin (1948).
8. KEPLER: Inzucht-leistung und Bastardierungseffekt beim Radies (*Raphanus sativus*). Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 23, 661—684 (1941).
9. KRÜGER: Die Wirkung einer Bestäubungs-beschränkung beim Roggen und ihre Erklärung. Züchter 17/18, 146—153 (1947).
10. NAPP-ZINN: Vernalisa-tion. Zeitschrift f. Botanik 42, 73—78, (1954).
11. PASTUSENKO-STRELEC, N. A.: Überwindung der Selbststerili-tät von Roggen bei innerklonischer Bestäubung. Agrobiolo-gija 6, III—II5 (1952). Referat Zeitschrift f. Pflanz-

zenzüchtung 33, (1954) 363. — 12. ROEMER: Roggen. Handbuch f. Pflanzenzüchtung. — 13. RUNDFELDT: Die Ausnutzung des Heterosiseffektes in der Maiszüchtung. Zeitschrift f. Pflanzenzüchtung 31, 226—260 (1952) — 14. WELLENSIEK: Neue Methoden der Roggenzüchtung Zaa-

zaad en Pootgoed 2, Nr. 7, 9—11, Nr. 8, 8—11 (1940). — 15. WELLENSIEK: Vegetative vermeerdering en plantenveredeling, speciaal bij rogge. Landbouwk. Tijdschr. 54, 422—436 (1952). — 16. WERNER: Aufzeichnungen u. Protokolle 1943 (unveröffentlicht).

(Aus dem Institut für Vererbungs- und Züchtungsforschung, Berlin-Dahlem)

## Über die Methoden zur Untersuchung der Wirkungsweise quantitativer Gene

Von GÜNTER WRICKE\*

Mit 1 Textabbildung

### Einleitung

Die Analyse qualitativ vererbter Merkmale, wie z. B. die von Blütenmerkmalen im Pflanzenreich, Fellausfärbungen im Tierreich oder vielen morphologischen Eigenschaften der Organismen, bietet bei dem heutigen Stand der Vererbungswissenschaft keine grundsätzlichen Schwierigkeiten mehr. Wenn auch neben den einfachsten dominanten und intermediären Erbgängen durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren kompliziertere oder auch durch Manifestationsschwankungen variable Zahlenverhältnisse auftreten, so kann man bei solchen qualitativen Merkmalen in spaltenden Generationen doch immer bestimmte Gruppen oder Klassen bilden, in die sämtliche Individuen einzuordnen sind. Bei einer genügend großen Zahl von Nachkommen und der Möglichkeit der Prüfung späterer Generationen ist eine Klärung des Erbganges auch in diesen Fällen fast immer möglich.

Anders ist es dagegen bei den sogenannten „polygenen“ Merkmalen, zu denen auch die meisten wirtschaftlich wichtigen Eigenschaften der landwirtschaftlichen und vieler gärtnerischer Kulturpflanzen gehören. Ihre Ausprägung ist abhängig von einer Vielzahl von Genen, die als sogenannte „Polygene“ den alternative Eigenschaften bedingenden „Majorgenen“ gegenübergestellt werden (MATHER, 1949 a). Während die letzteren immer einen deutlich sichtbaren Effekt haben und in der Form der Subletal- und Letalfaktoren oft über Leben und Tod des Organismus entscheiden, ist die Wirkung der einzelnen Polygene nicht von so entscheidender Bedeutung für die Eigenschaftsausprägung oder gar das Fortbestehen eines Individuums. Im Gegenteil, die Glieder eines Polygensystems können sich in gewissem Sinne in ihrer Wirkung vertreten. Zwei durchaus verschiedene Genotypen können in bezug auf eine quantitative Eigenschaft leistungsmäßig gleich veranlagt sein, innerhalb gewisser Zufallsschwankungen phänotypisch also die gleiche Merkmalsausprägung zeigen. Die Wirkung der einzelnen Polygene ist gering. In ihrer Gesamtheit vermögen sie jedoch beträchtliche Unterschiede in der Merkmalsausprägung auszuüben, da ihre Zahl eben groß ist. Die Anzahl der Genotypen in der  $F_2$ -Generation nach Kreuzung zweier in bezug auf solche quantitativen Eigenschaften unterschiedlicher homozygoter Elterrrassen ist daher auch sehr groß. Theoretisch sind bei vollkommen freier Spaltung  $3^n$  verschiedene Genotypen zu erwarten, wenn  $n$  die Zahl der spaltenden Gene ist. Bei intermediärer Merkmalsausprägung findet man

ebensoviele Phänotypen, bei voller Dominanz verringert sich die Zahl auf  $2^n$ , sie ist aber immer noch auch bei nur kleinen Zahlen spaltender Gene recht beträchtlich. Die phänotypischen Differenzen zwischen zwei Genotypen, die sich nur in einem oder wenigen Leistungsgenen unterscheiden, werden daher auch sehr klein sein, und schon geringe umweltbedingte Schwankungen können sie leicht verwischen. Nun sind die meisten quantitativen Eigenschaften sehr stark von Umweltverhältnissen abhängig. Man findet daher in der Tat bei der Untersuchung solcher Eigenschaften nach Kreuzung zweier homozygoter Linien in der  $F_2$  nicht eine entsprechend der Zahl der spaltenden Gene mehr oder weniger große Zahl von gut zu trennenden Klassen, die den einzelnen Genotypen entsprechen, sondern eine kontinuierliche Verteilung. Die Grenzen zwischen den einzelnen Genotypen sind durch die umweltbedingte Variation vollkommen verwischt, so daß zwei Pflanzen mit dem gleichen Meßwert durchaus nicht vom gleichen Genotyp zu sein brauchen oder genotypisch gleiche Pflanzen verschiedene Meßwerte zeigen können. Eine Einteilung in Klassen ist zwar rein theoretisch möglich, aber genetisch nicht sinnvoll. Methoden, die bei der Genanalyse qualitativ vererbter Merkmale zum Ziel führen, sind also bei quantitativen Eigenschaften nicht anwendbar, weil die Wirkung eines einzelnen Polygens nicht getrennt von der der anderen Polygene analysiert werden kann. Kontinuierliche Verteilung, wie man sie bei der Untersuchung quantitativer Merkmale findet, kann man nur durch statistische Maßzahlen analysieren, die für derartige Häufigkeitsverteilungen herausgearbeitet worden sind, also z. B. durch Mittelwerte, Varianzen, Kovarianzen oder auch statistische Maßzahlen höheren Grades. Das bedeutet aber gegenüber den klassischen mendelistischen Methoden zur Untersuchung der Erbvorgänge alternativer Merkmale eine ganz andere Betrachtungsweise und für den die Vererbung solcher quantitativen Eigenschaften Untersuchenden selbst eine gewisse Umstellung. Eine statistische Analyse der Wirkungsweise der Polygene führt eben nur zur Schätzung der durchschnittlichen Eigenschaften der Erbeinheiten und kann immer nur innerhalb gewisser Fehlergrenzen angegeben werden. Für die Anwendung dieser statistischen Methoden müssen daher oft stark einschränkende Voraussetzungen gemacht werden, deren Gültigkeit in vielen Fällen sehr schwer nachzuprüfen ist. In der englischsprachigen Literatur sind bereits mehrere derartige Methoden entwickelt worden, um drei sehr wichtige Eigenschaften von Polygenen zu untersuchen: nämlich ihr Zusammenwir-

\* Herrn Prof. H. KAPPERT zum 65. Geburtstag gewidmet