

(Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Müncheberg/Mark.)

Moderne Methoden in der Gräserzüchtung.

Von KARL ZIMMERMANN.

Mit 1 Textabbildung.

Einleitung.

Die Züchtung der Futterpflanzen ist in den letzten Jahrzehnten bei weitem nicht mit der Intensität betrieben worden, wie es für diese wichtige Gruppe der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen notwendig gewesen wäre. Die Gründe dafür, auf die hier nicht im einzelnen eingegangen werden soll, liegen in erster Linie in der wirtschaftlichen Struktur der deutschen Pflanzenzüchtung.

Das für die Futterpflanzenzüchtung im allgemeinen Gesagte gilt in besonderem Maße für die Züchtung der Futtergräser. Einige in Müncheberg durchgeführte Versuche beweisen, daß die Grünmasseertragsfähigkeit der zugelassenen Hochzuchtsorten nicht wesentlich über, teilweise sogar unter dem Niveau der Wildpopulationen liegt.

Der in Tabelle 1 wiedergegebene Versuch ist ein Einzelpflanzenversuch, die beiden anderen sind Drillversuche mit normaler Aussaatstärke und Düngung. Alle Versuche waren auf Sandboden mit der Ackerzahl 25 bei einem Jahres-Niederschlagsmittel von 540 mm angelegt. Die Wildpopulationen sind in der Müncheberger Gegend gesammelt.

Es ist aus den Tabellen zu entnehmen, daß in manchen Fällen, wie erwähnt, die Wildpopulation den zugelassenen Sorten nicht unerheblich überlegen ist. In anderen Fällen waren einzelne Sorten der Wildpopulation überlegen. Bei Knaulgras (Tab. 3) war eine einmalige Auslese aus der Wildpopulation so wirksam, daß ein gesicherter Mehrertrag von 18,5% zu verzeichnen war.

Bei der fast ausschließlichen Verwendung primitiver Methoden der Züchtung bei der Bearbeitung der Futtergräser nimmt der geringe Erfolg nicht Wunder. Die jeweils modernen Methoden der Pflanzenzüchtung sind in den letzten Jahrzehnten vorzugsweise und fast ausschließlich auf die der menschlichen Ernährung dienenden Hauptkulturarten, wie Getreide, Kartoffeln und Rüben angewendet worden. Es ist bei diesen Kulturarten zweifellos eine erhebliche Steigerung der Ertragsfähigkeit durch Züchtungsmaßnahmen erzielt worden. Zuverlässige Schätzungen besagen, daß die Verdoppelung der Getreideerträge in den letzten 70—80 Jahren zu 30—40% durch züchterische Bearbeitung erreicht worden ist. Der Rest von 60—70% Ertragssteigerung ist auf Verbesserung der Kulturmaßnahmen und die in die gleiche Zeit fallende Einführung der künstlichen Düngung zurückzuführen.

Wenn bei den genannten Hauptkulturarten durch Anwendung moderner Methoden eine Ertragssteigerung von 30—40% erreicht worden ist, besteht

Tabelle 1. Sortenversuch mit Knaulgras und Glatthafer im Vergleich mit Wildpopulationen 1949.

Nr.	Sorte	dz/ha	rel.	Sich.
1	Glatthafer, Wildpopulationen	171	100,0	—
2	v. Kameckes Glatthafer . . .	166	91,1	—
3	Kutzlebener Glatthafer . . .	167	97,7	—
4	Motterwitzer Glatthafer . . .	154	90,3	—
5	Knaulgras, Wildpopulationen.	156	100,0	—
6	Kutzlebener Knaulgras . . .	161	103,1	—
	Grenzdifferenz für $p = 5\%$.	21	13,5	—

Tabelle 2. Sortenversuch mit Glatthafer im Vergleich mit Wildpopulationen 1950.

Nr.	Sorte	dz/ha	rel.	Sich.
1	v. Kameckes	211,0	104,7	—
2	Wadsacks	121,8	60,4	000
3	Kirsches	187,8	93,2	—
4	Wildpopulation	201,6	100,0	—
6	1. Auslese aus Wildpopulation	206,7	102,5	—
	Grenzdifferenz für $p = 5\%$.	24,9	12,4	—

Tabelle 3. Sortenversuch mit Knaulgras im Vergleich mit Wildpopulationen 1950.

Nr.	Sorte	dz/ha	rel.	Sich.
1	Lischower	176,6	112,8	—
2	Wadsacks	142,5	91,1	—
3	Kirsches	251,9	161,0	+++
4	Mahndorfer	223,2	142,6	+++
5	Wildpopulation	156,5	100,0	—
6	1. Auslese aus Wildpopulation	185,5	118,5	+
	Grenzdifferenz für $p = 5\%$.	29,8	19,0	—
	für $p = 1\%$.	38,4	24,5	—
	für $p = 0,1\%$.	49,2	31,4	—

berechtigte Aussicht, den gleichen Erfolg auch bei den bisher wenig bearbeiteten Futtergräsern zu erhalten.

Unter modernen Methoden der Pflanzenzüchtung werden hier verstanden:

Konsequente Auslesezüchtung auf breiter Basis, planmäßige Kombinationszüchtung,

Mutationszüchtung im weitesten Sinne (also einschl. Polyploidie),

Inzucht-Heterosisverfahren und Polycrossverfahren.

In Müncheberg werden seit 1948 Versuche in der angegebenen Richtung durchgeführt. Da eine großzügige Züchtungsarbeit mit dem Ziel der Schaffung neuer Sorten im Rahmen der von mir geleiteten Abteilung aus Gründen der Arbeitskapazität nicht möglich war, beschränken sich die Versuche auf methodische Fragen.

Es wurden 2 Gräserarten, Glatthafer (*Avena elatior*) und Knaulgras (*Dactylis glomerata*) für diese Versuche herangezogen. An diesen wurden folgende Methoden erprobt und die Ergebnisse verglichen:

1. Direkte Auslese,
2. Inzucht-Heterosis-Verfahren
3. Verfahren mit 1 Inzuchtgeneration.

Weitere Versuche mit Wehrlose Trespe (*Bromus inermis*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), bei denen das Polycrossverfahren zur Anwendung kommt, sind nicht soweit gediehen, daß darüber ein Bericht abgegeben werden kann. Es wird also hier ausschließlich über die Versuche mit Knaulgras und Glatthafer berichtet.

1. Glatthafer (*Avena elatior*)

a) *Direkte Auslese*: 1948 wurde Wildpflanzenmaterial in der Müncheberger Gegend eingesammelt und 59 Nachkommenschaften von Einzelpflanzen mit je 40 Pflanzen bei bedingter räumlicher Isolierung im Herbst 1948 ausgesät und ausgepflanzt. Aus diesen 2360 Pflanzen wurden 175 Einzelpflanzen eines wüchsigen, blattrreichen, breitblättrigen Typs ausgelesen. 1950 wurde aus den Nachkommenschaften dieser Pflanzen eine 2. Auslese auf den gleichen Typ vorgenommen. Es handelte sich um 266 Pflanzen. Aus den Nachkommenschaften dieser Pflanzen wurden nach einer 3. Auslese 63 Stämme erhalten. Mit den 29 besten Stämmen wurde 1952 eine Prüfung angelegt, in die zum Vergleich die vorhandenen Hochzuchtsorten einbezogen wurden. Die für diese Prüfung verwendeten Stämme zeichnen sich schon äußerlich durch bessere Wüchsigkeit gegenüber der Wildpopulation und z. T. auch gegenüber den Sorten aus.

Die Prüfung wurde nach der Gitterquadratmethode angelegt. Die Pflanzen standen im Abstand von $0,5 \times 0,5$ m. Das Teilstück enthielt 5 Einzelpflanzen. Es könnten gegen diese Art und Weise der Prüfung verschiedene Einwände gemacht werden.

1. Die Pflanzen stehen unter unnatürlichen Bedingungen. Es fehlt die Konkurrenz zwischen den Pflanzen derselben Art und denjenigen anderer Arten, wie sie im natürlichen Bestand die Regel ist. Es ist hier nicht der Ort, auf diese versuchstechnischen Dinge näher einzugehen. Ich muß mich hier darauf beschränken, zu versichern, daß durch zahlreiche Versuche auf diesem Gebiet Tatsachenmaterial vorliegt, das demnächst zur Veröffentlichung gelangt und das beweist, daß derartige Versuchsanlagen so gute oder bessere Ergebnisse zeitigen als die üblichen Drillversuche.

2. Die 5 Pflanzen eines Teilstückes sind zu wenig. Zweifellos ist eine größere Zahl von Pflanzen besser, wenn es darauf ankommt, einen möglichst kleinen Versuchsfehler zu erhalten. Bei zu wenig Pflanzen je Teilstück geht ein Teil der Streuung innerhalb der Prüfnummer in die Streuung zwischen den Prüfnummern über und vergrößert die Zufallsstreuung und damit den Fehler. Das Ergebnis eines Versuches mit zu kleiner Pflanzenzahl je Teilstück kann also niemals zu gut, sondern nur zu schlecht sein. Wenn doch gesicherte Ertragsunterschiede nachweisbar sind, dann sind diese auf jeden Fall real.

Die obengenannten 29 Stämme wurden zusammen mit 3 Sorten und 89 weiter unten zu beschreibenden

Heterosisstämmen in einem Gitterquadrat $11 \times 11 = 121$ Prüfnummern geprüft. Die Anbaubedingungen entsprechen den hier herrschenden natürlichen Gegebenheiten, also leichter Sandboden und Frühlingsmüde. Auf Beregnung wurde verzichtet. Die Düngung ist normal.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Nr. 119 bis 121 sind die drei z. Zt. im Handel befindlichen Hochzuchtsorten von Glatthafer. Die relativen Leistungen der Stämme sind auf das Mittel dieser 3 Sorten bezogen. Es zeigt sich, daß ein großer Teil der Stämme dem Mittel der Sorten z. T. erheblich überlegen ist. Dies kommt besonders im 2. Erntejahr zum Ausdruck. Auf die Deutung der Befunde der einzelnen Versuche wird weiter unten im Zusammenhang eingegangen werden.

b) *Heterosiszüchtung*: Ab 1949 wurden zur Erzeugung von Inzuchtlinien Selbstungen in größerem Maße durchgeführt. Die gleichen 175 Pflanzen, die 1949 aus dem Wildpflanzenbestand ausgelesen waren, wurden 1949 je zur Hälfte durch Einschluß in Pergaminbeutel geselbstet. 1950 wurden 170 Linien zu je 10 Pflanzen als I_1 ausgepflanzt. Nach nochmaliger Selbstung von 207 Pflanzen wurden 1951 100 Linien zu je 12 Pflanzen als I_2 ausgepflanzt. Nach erneuter Selbstung standen 1952 100 I_3 -Linien zur Verfügung. Etwa die Hälfte der Linien ist bezüglich Wuchstyp, Höhe, Rispenfarbe und anderer Eigenschaften einheitlich, was auf eine weitgehende Homozygotie schließen läßt.

Bereits von der I_2 (1951) wurden etwa 200 Testkreuzungen durchgeführt. Infolge der Art der Aufpflanzung der 100 I -Linien konnten nur jeweils 2 benachbarte Linien miteinander durch gemeinsamen Einschluß in eine Pergamintüte gekreuzt werden, d. h. es wurden von den sehr zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten zwischen den 100 Linien nur sehr wenige realisiert. Mit den Nachkommenschaften dieser Testkreuzungen wurde 1952 eine exakte Prüfung angelegt. Die Prüfung wurde als 11×11 Gitterquadrat zusammen mit den oben erwähnten 29 Stämmen aus der direkten Auslese durchgeführt. Das Ergebnis dieser Prüfung ist in Tab. 5 zusammengefaßt.

Der Durchschnitt der Heterosis-Stämme liegt in beiden Erntejahren erheblich unter dem als Vergleich herangezogenen Mittel der Sorten. Einige wenige haben einen gesicherten Mehrertrag gebracht. Die starken Minusabweichungen sind dadurch zu erklären, daß die Kreuzungen z. T. mißlungen sind. Durch nicht gleichzeitiges Abblühen der beiden gemeinsam eingetüteten Pflanzen hat sich jede Pflanze geselbstet. Die vermeintlichen Heterosislinien sind also Inzuchtlinien.

Dies erste Ergebnis der Prüfung von Heterosis-Linien ist nicht sehr ermutigend. Das liegt z. T. daran, daß die Kreuzungen mit I_2 -Linien mit noch nicht ausreichender Homozygotie durchgeführt wurden, und daß die Zahl der Kombinationen zu klein war.

Um den letzteren Umstand auszuschalten, wurde 1952 ein umfangreiches Kreuzungsprogramm durchgeführt. Zwischen 30 der einheitlichsten Linien der I_3 wurden alle nach der Formel

$$Z = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{30 \cdot 29}{2} = 435$$

möglichen Kombinationen realisiert. Je 30 Pflanzen der 30 Linien wurden in einer Weise aufgepflanzt, die

Tabelle 4. *Glatthafer. Prüfung von Stämmen aus der direkten Auslese 1952/53.*

Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953			Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953		
	dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.		dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.
1	81	104	—	123	94	—	19	84	107	—	147	112	—
2	83	106	—	150	115	—	20	86	110	—	142	109	—
3	79	101	—	170	130	++	21	82	105	—	132	101	—
4	70	90	—	125	96	—	22	92	118	—	158	121	—
5	76	98	—	148	131	++	23	82	105	—	161	123	+
6	78	100	—	131	100	—	24	71	90	—	131	100	—
7	72	92	—	163	125	+	25	83	106	—	147	112	—
8	81	103	—	156	119	—	26	72	93	—	133	102	—
9	74	114	—	167	128	+	27	78	100	—	144	110	—
10	81	103	—	150	115	—	28	81	104	—	140	107	—
11	68	87	—	155	119	—	29	83	107	—	144	110	—
12	79	101	—	144	110	—	119	71	91	—	126	96	—
13	87	111	—	157	120	—	120	93	119	—	147	113	—
14	81	104	—	159	122	—	121	70	90	—	126	96	—
15	77	99	—	173	132	++	GD 5% 1% 0,1%	16	21	—	28	22	—
16	74	94	—	133	102	—		22	27	—	37	28	—
17	71	91	—	140	107	—		28	35	—	48	36	—
18	80	102	—	136	104	—							

Tabelle 5. *Glatthafer. Prüfung von Heterosisstämmen 1952/53.*

Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953			Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953		
	dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.		dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.
30	76	97	—	136	104	—	78	42	54	000	89	68	00
31	80	102	—	161	123	+	79	61	78	0	114	88	0
32	71	91	—	136	104	—	80	39	50	000	74	59	000
33	86	110	—	140	107	—	81	42	54	000	108	83	—
34	66	85	—	136	104	—	82	58	74	0	94	72	0
35	80	102	—	160	122	+	83	72	92	—	133	102	—
36	76	97	—	145	111	—	84	82	104	—	144	110	—
37	84	107	—	159	122	—	85	55	70	00	92	71	000
38	55	71	00	104	80	—	86	35	45	000	64	49	000
39	32	40	000	77	59	000	87	74	95	—	152	116	—
40	62	79	0	98	75	0	88	65	83	—	118	90	—
41	54	69	00	123	94	—	89	64	82	—	137	105	—
42	70	89	—	120	92	—	90	61	78	0	106	81	—
43	64	107	—	117	89	—	91	46	89	00	81	62	000
44	55	71	00	126	97	—	92	76	97	—	130	99	—
45	52	67	00	98	75	0	93	77	99	—	135	103	—
46	82	104	—	134	102	—	94	76	96	—	135	103	—
47	68	87	—	130	99	—	95	83	106	—	148	113	—
48	35	45	000	69	53	000	96	54	70	00	116	89	—
49	67	86	—	132	101	—	97	50	64	000	97	74	0
50	83	106	—	132	101	—	98	53	68	00	134	102	—
51	53	68	00	122	93	—	99	51	65	00	100	77	0
52	72	92	—	134	104	—	100	44	57	000	90	69	00
53	49	62	000	88	68	00	101	48	61	000	112	85	0
54	98	125	+	152	116	—	102	56	72	00	119	91	—
55	79	102	—	129	99	—	103	76	98	—	153	117	—
56	82	105	—	133	102	—	104	64	82	—	137	105	—
57	83	107	—	154	118	—	105	65	84	—	126	96	—
58	70	89	—	122	93	—	106	37	47	000	67	51	000
59	61	78	0	124	95	—	107	61	78	0	125	96	—
60	66	84	—	113	87	—	108	56	72	00	104	80	—
61	61	79	0	117	89	—	109	46	58	000	105	80	—
62	70	90	—	124	95	—	110	50	64	000	106	81	—
63	66	85	—	142	109	—	111	52	66	00	113	86	—
64	75	96	—	129	99	—	112	61	78	0	105	80	—
65	68	87	—	130	100	—	113	53	68	00	108	83	—
66	64	82	—	129	99	—	114	17	21	000	41	31	000
67	52	66	00	133	102	—	115	85	108	—	110	84	—
68	53	68	00	110	84	—	116	83	106	—	115	88	—
69	33	43	000	60	46	000	117	41	53	000	48	37	000
70	14	18	000	54	41	000	118	74	94	—	146	112	—
71	41	53	000	96	73	0	119	71	91	—	126	96	—
72	53	68	00	126	97	—	120	93	119	—	147	113	—
73	48	61	000	100	77	0	121	70	90	—	126	96	—
74	46	58	000	101	78	0							
75	28	35	000	68	52	000	GD 5%	16	21	—	28	22	—
76	46	59	000	85	65	00	1%	22	28	—	37	28	—
77	48	61	000	103	79	—	0,1%	28	35	—	48	36	—

es möglich machte, durch gemeinsames Eintüten von je 2 Pflanzen alle 435 Kreuzungsmöglichkeiten zu erschöpfen.

Mit 400 der 870 möglichen Nachkommenschaften (ein Teil ist durch Nichtgelingen der Kreuzungen ausgefallen) wurde im Herbst 1952 eine Prüfung in folgender Weise angelegt:

Je Heterosis-Linie wurden 10 Pflanzen vorgezogen und in einer 1 Reihe umfassenden Parzelle ausgepflanzt. Die aus je 100 Parzellen gebildeten Blöcke wurden von je 2 Reihen Standard aus einer Hochzuchtsorte von Glatthafer eingerahmt, wie aus Abb. 1 hervorgeht.

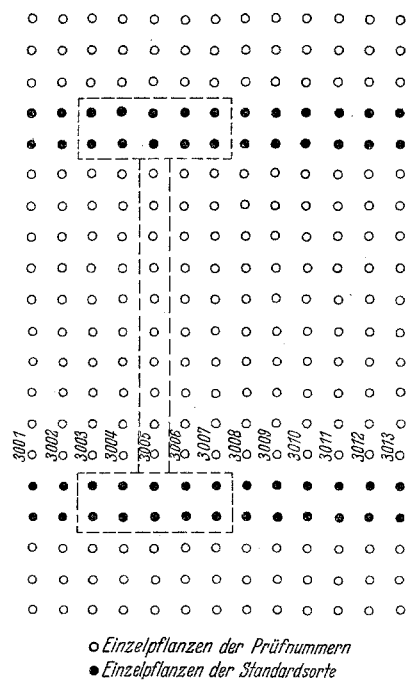


Abb. 1. Zuchtgartenplan für die Prüfung von Heterosis-Stämmen. Pflanzenabstand 0,5 × 0,5 m.

Bei der Grünmasseernte 1953 wurde das Gewicht der 10 Pflanzen einer Parzelle und das Gewicht der an jedem Ende anschließenden 2 Standardpflanzen ermittelt. Zur Verrechnung wurden die Erträge der in der Abbildung durch eine gestrichelte Linie zusammengefaßten Standardpflanzen zu einem Parzellenenertrag addiert und zwischen beiden die Parzelle 3005 einfassenden Standardparzellen interpoliert. Durch Bezugnahme auf diesen Wert wurde für den Ertrag der Parzelle 3005 eine Relativzahl ermittelt. Zur Errechnung der Relativzahl für die Parzelle 3006 wurden von den oben errechneten Standardparzellenenerträgen die Erträge der je 2 Standardpflanzen an den Enden der Parzelle 3003 subtrahiert und die entsprechenden Standarderträge an den Enden der Parzelle 3008 addiert, und ein Interpolationswert für die Parzelle 3006 errechnet. Durch Bezugnahme auf diesen Wert wurde die Relativzahl für die Parzelle 3006 festgestellt.

Auf diese Weise wurden Relativzahlen für alle 400 Heterosislinien erhalten.

Nach der Kreuzungsliste wurden jetzt alle Linien mit gleicher Mutter und alle mit gleichem Vater zusammengefaßt. Da jede I_3 -Linie bis zu 30mal als Vater oder als Mutter vertreten sein kann, entstehen hierdurch die in der Versuchsanlage scheinbar nicht vorhandenen Wiederholungen. Nach Errechnung der Mittelwerte, des Fehlers des Mittels und des Fehlers

der Differenz konnte festgestellt werden, welche Linien sich in ihren Nachkommenschaften in gesichertem Ausmaß von der verwendeten Vergleichssorte unterscheiden.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 enthalten.

Tabelle 6. Glatthafer. Prüfung von Nachkommenschaften von I_3 -Linien nach Kreuzung untereinander, also von Heterosis-Stämmen 1953

Nr.	als Mutter		als Vater		Nr.	als Mutter		als Vater	
	rel.	Sich.	rel.	Sich.		rel.	Sich.	rel.	Sich.
402	95,4	—	82,5	—	465	95,0	—	115,0	+
408	99,7	—	96,3	—	468	104,9	—	89,9	—
409	96,1	—	98,4	—	469	91,1	—	92,9	—
410	94,0	—	103,0	—	470	94,3	—	83,7	—
411	98,3	—	95,8	—	472	76,2	—	88,8	—
413	82,5	—	93,7	—	474	73,2	—	93,2	—
○415	68,9	ooo	73,3	oo	477	86,9	—	96,0	—
418	89,9	—	84,2	—	478	103,1	—	107,8	—
423	102,3	—	97,1	—	●482	136,4	++	134,5	+++
438	83,3	—	75,5	o	483	98,8	—	111,9	+
456	75,4	—	93,9	—	484	99,5	—	108,8	—
458	94,7	—	94,9	—	486	105,5	—	100,0	—
459	96,4	—	95,9	+	487	98,5	—	84,7	—
●460	111,5	+	115,6	+	488	87,7	—	104,9	—
461	86,6	—	79,9	—	493	116,9	+	97,4	—
462	100,6	—	85,0	—	494	99,7	—	96,6	—
463	96,0	—	103,8	—	499	93,1	—	108,6	—
464	106,7	—	107,2	—	500	104,0	—	98,3	—
					$M_g =$	96,7	—	96,7	—

Die meisten Linien unterscheiden sich nicht gesichert von der Vergleichssorte. Eine Tendenz zu geringeren Erträgen ist festzustellen. Dies ist wieder auf den oben schon erwähnten Umstand zurückzuführen, daß ein Teil der Kreuzungen durch ungleichzeitige Blüte mißlingt. Weit aus dem Rahmen fallen die Linien 415 und 482. Es soll besonders darauf hingewiesen werden, daß diese Linien sich sowohl bei der Verwendung als Mutter wie auch als Vater durch geringeren bzw. stark gesicherten Mehrertrag auszeichnen. Auf diese Tatsache wird weiter unten noch einzugehen sein.

c) *Verfahren mit 1 Inzuchtgeneration*: Bei Glatthafer kam noch ein Verfahren zur Anwendung, bei dem schon nach einer Inzuchtgeneration Kreuzungen gemacht werden.

Die gleichen 175 Pflanzen, die 1949 für die direkte Auslese und die Erzeugung von I_1 -Linien verwendet wurden, sind im Herbst 1950 geklont worden und die Klone unter räumlicher Isolierung 1951 abgeblüht. Nach klonweiser Samenernte wurden 1951 alle zwischen 50 Linien möglichen Kreuzungen mit Hilfe einer gleichen Anlage, wie sie zur Erzeugung der Heterosislinien verwendet wurde, durchgeführt. Die Zahl der Kreuzungen beträgt nach der oben genannten Formel 1225, d. h. 2450 Pflanzen. 800 auf diese Weise erhaltene Kreuzungslinien wurden in der in Abb. 1 gezeigten Weise einer Prüfung auf Grünmasseertrag unterzogen.

Die Ergebnisse, die nach dem oben beschriebenen Rechengang erhalten wurden, sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Beim Vergleich mit der Tabelle über die Heterosis-Stämme kann festgestellt werden, daß die Schwankungen zwischen den Linien weniger groß sind. Das Mittel liegt bei Vergleich mit derselben Sorte niedriger als bei den Heterosisstämmen. Eindeutige Plus-

abweicher kommen nicht vor. Die Linie Nr. 616 zeigt sowohl bei der Verwendung als Mutter wie als Vater eine stark gesicherte Minusabweichung in den Nachkommenschaften.

2. Knaulgras (*Dactylis glomerata*).

Mit Knaulgras wurden analoge Versuche zur Anwendung bestimmter Methoden unternommen. Es handelt sich um die direkte Auslese und das Heterosisverfahren.

a) *Direkte Auslese*: 1948 wurden Samen von wildgewachsenen Pflanzen in der Umgebung Münchebergs eingesammelt. Im Herbst des gleichen Jahres wurden 50 Nachkommenschaften zu je 40 Pflanzen mit bedingter räumlicher Isolierung ausgepflanzt bei einem Pflanzenabstand von $0,6 \times 0,6$ m. Aus diesen 2360 Pflanzen wurden 1949 in einer 1. Auslese 161 massenreiche, blattreiche Pflanzen entnommen, aus deren Nachkommenschaften in einer 2. Auslese wiederum 100 geeignete Pflanzen ausgesucht wurden. Eine 3. Auslese führte dazu, daß von 27 Stämmen Samen geerntet wurden und mit diesen und 34 Heterosisstämmen und 3 Sorten eine Prüfung auf Grünmasse angelegt wurde. Die Versuchsanlage war ein 8×8 Gitterquadrat mit 9 Teilstücken. Die Teilstückgröße

Tabelle 7. *Glatthafer. Prüfung von Kreuzungslinien aus der Kreuzung isolierter Klone. 1953.*

Nr.	als Mutter		als Vater		Nr.	als Mutter		als Vater	
	rel.	Sich.	rel.	Sich.		rel.	Sich.	rel.	Sich.
601	97,3	—	88,4	—	628	90,3	—	88,0	—
602	92,9	—	105,6	+++	629	90,5	—	91,8	—
603	104,8	++	100,4	+	630	83,6	—	85,6	—
604	93,9	—	91,1	—	631	94,3	—	93,0	—
605	90,9	—	91,1	—	632	84,4	—	85,0	—
606	87,7	—	98,8	—	633	88,9	—	82,1	—
607	75,4	00	94,3	—	634	100,9	+	85,0	—
608	96,6	—	85,2	—	635	93,6	—	87,2	—
609	91,9	—	90,0	—	636	87,5	—	87,0	—
610	93,2	—	88,9	—	638	91,1	—	93,8	—
611	96,6	—	99,7	—	639	84,9	—	92,9	—
612	91,5	—	87,9	—	640	87,7	—	83,5	—
614	87,3	—	98,6	—	641	90,6	—	93,8	—
616	65,9	000	67,2	000	642	88,5	—	76,6	0
617	79,8	—	86,5	—	643	77,5	0	78,6	0
618	93,9	—	86,8	—	644	96,8	—	89,3	—
619	83,5	—	83,7	—	645	88,4	++	80,6	—
620	90,5	—	97,7	—	646	104,9	++	98,6	—
621	93,1	—	93,9	—	647	80,6	—	98,6	—
622	94,9	—	84,6	—	648	97,3	—	107,0	—
623	99,3	—	87,3	—	649	96,5	—	101,3	—
624	85,4	—	81,4	—	650	84,4	—	85,9	—
625	78,0	0	87,0	—	$M_g =$				
626	89,0	—	95,0	—		89,8	—	89,8	—
627	94,4	—	98,1	—					

Tabelle 8. *Knaulgras. Prüfung von Stämmen aus der direkten Auslese. 1952/53.*

Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953			Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953		
	dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.		dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.
201	41	71	00	36	79	—	218	45	78	0	56	124	+
202	70	122	+	42	93	—	219	55	95	—	51	114	—
203	57	92	—	41	91	—	220	46	80	—	43	95	—
204	55	96	—	40	88	—	221	52	90	—	42	92	—
205	56	97	—	39	87	—	222	58	100	—	40	88	—
206	51	88	—	42	92	—	223	61	106	—	44	98	—
207	50	86	—	40	90	—	224	48	83	—	44	98	—
208	49	84	—	43	96	—	225	48	83	—	45	100	—
209	56	96	—	42	92	—	226	52	91	—	42	93	—
210	49	85	—	45	101	—	227	53	91	—	38	84	—
211	50	87	—	45	100	—	262	60	104	—	44	98	—
212	51	88	—	52	116	—	263	51	87	—	44	98	—
213	46	79	0	43	96	—	264	63	108	—	47	105	—
214	48	83	—	46	103	—	GD 5%	12	21	—	10	23	—
215	46	79	0	44	99	—	1%	16	27	—	14	28	—
216	48	83	—	44	99	—	0,1%	20	35	—	18	39	—
217	50	86	—	48	108	—							

Tabelle 9. *Knaulgras. Prüfung von Heterosisstämmen. 1952/53.*

Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953			Nr.	Ernte 1952			Ernte 1953		
	dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.		dz/ha	rel.	Sich.	dz/ha	rel.	Sich.
228	39	68	00	37	82	—	248	55	96	—	45	100	—
229	44	76	0	37	82	—	249	53	91	—	42	93	—
230	51	88	—	36	81	—	250	66	113	—	47	105	—
231	44	77	0	36	79	—	251	44	75	0	46	103	—
232	45	78	0	34	76	0	252	52	91	—	48	107	—
233	46	79	0	46	103	—	253	41	72	00	32	72	00
234	49	84	—	43	95	—	254	34	59	000	27	61	000
235	36	63	000	43	96	—	255	52	90	—	37	83	—
236	37	63	000	38	84	—	256	34	60	000	48	107	—
237	67	116	—	45	100	—	257	37	64	000	42	92	—
238	56	97	—	58	129	++	258	27	47	000	29	65	00
239	43	75	0	39	87	—	259	37	64	000	30	68	00
240	52	90	—	41	90	—	260	38	65	000	27	61	000
241	41	70	00	32	71	00	261	41	71	00	29	65	00
242	45	79	0	38	84	—	262	60	104	—	44	98	—
243	42	73	0	39	87	—	263	51	87	—	44	97	—
244	46	79	0	44	99	—	264	63	108	—	47	104	—
245	63	108	—	46	101	—	GD 5%	12	21	—	10	23	—
246	61	106	—	44	99	—	1%	16	27	—	14	28	—
247	64	111	—	42	93	—	0,1%	20	35	—	18	39	—

ist auf 3 Pflanzen reduziert, die im Abstand von $0,5 \times 0,5$ m ausgepflanzt wurden.

Die Ergebnisse der Prüfung der Stämme aus der direkten Auslese sind in der nachfolgenden Tabelle 8 enthalten.

Die aus der direkten Auslese gewonnenen Stämme weichen nicht wesentlich von den zum Vergleich herangezogenen Sorten ab. Es sind nur wenige gesicherte Differenzen vorhanden, und diese widersprechen sich in den beiden Erntejahren.

b) *Inzucht-Heterosis-Verfahren*: Die gleichen 161 Pflanzen, die s. Zt. für die direkte Auslese verwendet wurden, wurden 1949 teilweise geselbstet. 118 Selbstungsnachkommenschaften zu je 10 Pflanzen (I_1) wurden im Jahre 1950 z. T. erneut geselbstet und 1951 als I_2 angebaut. Es handelt sich um 37 Linien zu je 12 Pflanzen. Nach erneuter Selbstung wurden 50 Linien als I_3 im Jahre 1952 angepflanzt.

1951 wurde analog zu den Glatthaferversuchen eine Reihe von Testkreuzungen, die aus den zahlreichen Möglichkeiten beliebig herausgegriffen waren, durchgeführt. Diese wurden zusammen mit den Stämmen aus der direkten Auslese 1952 einer Prüfung unterzogen. Es handelt sich um den gleichen Gitterquadratversuch wie in Tab. 8.

Die Ergebnisse aus den Erntejahren 1952 und 1953 finden sich in Tabelle 9.

Stämme mit eindeutiger Mehrleistung sind in diesem Versuch nicht aufgetreten. Die relativ häufig auftretenden Minusabweicher sind auf nicht gelungene Kreuzungen zurückzuführen, wie oben schon mehrfach erwähnt. Es zeigt sich, daß die Zahl von 34 Stämmen zu gering ist.

Um ein größeres Material prüfen zu können, wurde 1952 eine planmäßige Kreuzung von 23 Linien aus der I_3 durchgeführt. Die Zahl der Kombinationen beträgt nach der oben genannten Formel 253, womit die Kreuzungsmöglichkeiten zwischen 23 Linien erschöpft sind. 200 Heterosisstämme wurden 1953 nach dem gleichen Verfahren wie beim Glatthafer geprüft. Die ermittelten relativen Ertragszahlen wurden nach Sortierung bezüglich Verwendung als Vater bzw. als Mutter gemittelt und untereinander verglichen. Die meisten Linien ergeben in ihrer Nachkommenschaft keinen gesicherten Mehr- oder Minderertrag gegenüber der Vergleichssorte. Ähnlich wie bei Glatthafer fällt ein Stamm (Nr. 504) weit aus dem Rahmen der übrigen. Auch hier ist ein erheblicher Mehrertrag sowohl bei Verwendung als Vater wie als Mutter festzustellen (s. Tabelle 10).

Tabelle 10. *Knaulgras, Prüfung von Kreuzungsnachkommenschaften von I_3 -Linien.*

Nr.	als Mutter		als Vater		Nr.	als Mutter		als Vater	
	M	Sich.	M	Sich.		M	Sich.	M	Sich.
501	114,4	—	96,5	—	525	115,4	—	83,6	—
504	128,6	++	153,8	+++	527	82,3	—	92,4	—
505	78,4	—	103,4	—	528	87,9	—	107,0	—
509	88,6	—	72,8	—	530	82,7	—	93,9	—
510	116,6	—	74,9	—	533	89,3	—	119,4	—
511	88,1	—	73,7	—	534	—	—	77,9	—
513	60,6	—	87,9	—	535	113,2	—	113,5	—
516	77,2	—	85,8	—	539	81,7	—	98,4	—
518	61,6	o	56,7	o	540	139,2	—	149,3	—
519	96,4	—	101,4	—	542	81,9	—	65,6	—
520	59,7	o	62,7	o	550	93,9	—	80,7	—
522	114,0	—	114,8	—	$M_g =$	93,5	—	93,5	—

Diskussion der Ergebnisse.

Zunächst entsteht die Frage, wieviel Inzuchtgenerationen erforderlich sind, um I -Linien von ausreichender Homozygotie für die Heterosiszucht zu erhalten. Bei den beschriebenen Versuchen wurden bei Glatthafer I_1 -, I_2 und I_3 -Linien verwendet. Die einmalige Inzucht genügt nicht, um einen Heterosis-effekt zu erzielen, wie sich aus der Tabelle 7 ergibt. Auch zwei Inzuchtgenerationen geben bei Glatthafer und Knaulgras nach Kreuzung noch keine eindeutige Heterosiswirkung (Tabelle 5 und 9). Erst Kreuzungen zwischen I_3 -Linien zeitigen F_1 -Linien mit starker Heterosis (Tabelle 6, Nr. 482 und 460, Tabelle 10 Nr. 504). Es ist möglich, daß bei Durchführung einer größeren Zahl von Kreuzungen als in den Versuchen auch schon bei der Kombination von I_2 -Linien Heterosiswirkung eintritt.

Die Ergebnisse der Versuche geben einen Hinweis darauf, wodurch die Heterosiswirkung zustandekommt, wenn die auffallende Tatsache beachtet wird, daß bei den Stämmen 460 und 482 in Tabelle 6 und Stamm 504 in Tabelle 10 und einigen Stämmen mit negativer Heterosiswirkung diese, die Heterosis, gleichermaßen eintritt, wenn die betreffende I -Linie als Vater wie als Mutter verwendet wird. Dies bedeutet, daß diese Linie als Mutter, gleichgültig womit bestäubt, eine erhebliche Ertragserhöhung in der Nachkommenschaft aufweist und daß irgendeine Linie, mit Pollen dieser Linie bestäubt, die gleiche Ertragserhöhung in ihrer Nachkommenschaft hat. Diese Linie muß m. E. eine Gruppe von dominanten Leistungsgenen enthalten, die sich also auf jeden Fall in der Nachkommenschaft auswirkt. Dies unterstützt die Auffassung mancher Forscher, daß die Heterosiswirkung durch Akkumulation von Leistungsgenen und nicht durch die Heterozygotie an sich zustandekommt. Die negative Heterosis bei anderen Linien wäre dann so zu erklären, daß bei diesen Leistungsgenen fehlen oder nicht wirksam oder gar hemmende Faktoren im Spiele sind, die bei Auftreten in Eizelle oder Pollen eine Ertragsminderung bei der Nachkommenschaft bewirken.

Aus den Versuchsergebnissen geht zusammengefaßt hervor: Die direkte Auslese führt bei den verwendeten Gräserarten zu einer unverkennbaren Ertragssteigerung, die bis 30% betragen kann (Tabelle 4). Bei Knaulgras war die Auslesewirkung geringer, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, daß bei dieser Art die leistungsfähigeren Einzelpflanzen schwerer zu erkennen sind.

Die Auslese ist bisher ausschließlich nach dem Phänotypus erfolgt. Die Ergebnisse zeigen, daß es möglich ist, auf diese Weise zu leistungsfähigeren Stämmen zu gelangen. Es ist aber zweifelhaft, ob immer die leistungsfähigsten Typen ausgewählt werden. Versuche mit Klonen von *Bromus inermis* haben gezeigt, daß zwar ein großer Teil der Auslesen bei einer exakten Prüfung sich als besser erwiesen hat, daß aber ein Teil der ausgelesenen Klone Minusabweicher waren. Zweifellos wäre es besser, die Schätzung durch Messungen der Wuchshöhe, der Blattbreite, des Blattanteils und anderer ertragsbedingender Faktoren zu ersetzen. Da dies in großem Maße nur schwer durchführbar ist, soll durch entsprechende Versuche, die zur Zeit laufen, der ertragsversprechende Typ

durch Messungen festgelegt werden. Besonders wichtig erscheint mir dies bei solchen Gräsern und Futterpflanzen überhaupt, deren Ertragsleistung im Wuchstyp nicht zum Ausdruck kommt (z. B. Knaulgras).

Nach den vorliegenden Versuchsergebnissen besteht berechnete Aussicht, durch die Anwendung der Heterosiszüchtung zu erheblich größeren Leistungssteigerungen zu kommen als mit der direkten Auslese. Die *I*-Linie 482 bei Glatthafer (Tabelle 6) hat gegenüber der verwendeten Vergleichssorte eine Mehrleistung von 35%, wenn sie zur Kreuzung mit beliebigen anderen Linien verwendet wird; die Linie 504 bei Knaulgras (Tabelle 10) sogar eine solche von 40%. Es liegt zur Zeit nur je eine derartige Linie von Glatthafer und Knaulgras vor. Es konnte deswegen noch nicht geprüft werden, wie hoch der Heterosiseffekt ist, wenn mehrere derartige Linien untereinander gekreuzt werden. Menschlichem Ermessen nach muß hierdurch eine weitere Leistungssteigerung eintreten. Es ist auch möglich und sogar anzunehmen, daß es Linien mit noch stärkerer Heterosiswirkung als die beiden vorhandenen gibt. Auf diese Frage wird im folgenden Abschnitt noch einzugehen sein.

Erörtert werden soll noch die Frage, ob die Heterosiszüchtung bei Futtergräsern sinnvoll und lohnend ist. Ich vertrete die Ansicht, daß, wenn diese Zuchtmethoden bei dem einjährigen Mais mit dem hohen Saatgutbedarf mit Erfolg angewendet wird, sie bei mehrjährigen Gräsern mit ihrem geringeren Saatgutbedarf erst recht lohnend sein muß, zumal die zu erwartenden Ertragssteigerungen voraussichtlich höher sein werden als bei dem schon vor der Anwendung der Heterosiszüchtung züchterisch stark durchgearbeiteten Mais.

Es wird nicht erforderlich sein, eine so strenge Form der Heterosiszüchtung wie bei Mais anzuwenden. Die Lösung liegt wahrscheinlich in der Verbindung des Polycrossverfahrens mit der Inzucht-Heterosis-Methode. Näheres kann hierüber im Augenblick noch nicht gesagt werden, doch geben die Ergebnisse der geschilderten Versuche Fingerzeige, daß in dieser Richtung erhebliche Erfolgsaussichten liegen.

Konsequenzen für die Praxis der Gräserzüchtung.

Die in den Jahren 1948—1953 in Müncheberg durchgeführten Versuche haben rein methodischen Charakter und von vornherein nicht die Erstellung neuer Sorten zum Ziel gehabt. Dies war schon durch die Beschränkung auf 2 Arten ausgeschlossen. Eine Anwendung neuerer Züchtungsmethoden auf Gräser hat nur Sinn, wenn sie gleichzeitig auf alle im Anbau befindlichen Arten ausgedehnt wird. Eine Sorte einer einzelnen Art mit höherer, auch mit sehr hoher Leistung verschwindet in dem Gemenge, in dem Gräser normalerweise angebaut werden und ist nicht in der Lage, den Gesamtertrag einer Grünlandfläche wesent-

lich zu erhöhen. Erst die Mischung von hochleistungsfähigen Sorten aller im Gemenge vertretenen Arten führt zu einer Erhöhung der Grünmasse- und Heuerträge.

Zweitens war die Ausgangsbasis für die Versuche, die schließlich durch die Arbeitskapazität meiner Abteilung begrenzt war, gerade breit genug, um die aufgeworfenen Fragen zu klären. Es soll nicht verhehlt werden, daß das Glück insofern die Hand im Spiel hatte, als genau so gut auch keine Linien wie Nr. 482 bei Glatthafer und Nr. 504 bei Knaulgras hätten gefunden werden können. Bei jeder Art ist von 2360 Einzelpflanzen ausgegangen worden. Um die Sicherheit zu haben, genügend Linien für den Aufbau einer erfolgsversprechenden Heterosiszüchtung in die Hand zu bekommen, muß die Züchtung von mindestens 20 000 Einzelpflanzen ausgehen.

Schließlich ist zu bedenken, daß die verwendeten Wildpflanzen nur in der unmittelbaren Umgebung Münchebergs gesammelt worden sind. Damit ist bestimmt nicht die volle Streubreite der bearbeiteten Arten erfaßt worden. Das Ausgangsmaterial für eine neu zu beginnende Gräserzüchtung muß nicht nur zahlenmäßig sehr viel größer als bei den hiesigen Versuchen sein, sondern eine möglichst große Heterogenität aufweisen. Durch die Vielfältigkeit des ursprünglichen Materials steigen die Aussichten auf *I*-Linien mit guter Kombinationsfähigkeit.

Aus den Versuchen und den Ergebnissen ergibt sich die Notwendigkeit des Aufbaus einer Gräserzüchtung großen Stils, die, auf einer breiten Basis ruhend, die volle Streubreite der Arten berücksichtigt. Die parallele Anwendung mindestens zweier Zuchtmethoden gewährleistet den Erfolg. Voraussetzung ist ferner die Anwendung exakter Methoden zur Prüfung des Zuchterfolges.

Zusammenfassung.

Nach Erörterung der augenblicklichen Lage in der Gräserzüchtung werden methodische Versuche geschildert, die in Müncheberg an Glatthafer und Knaulgras in den Jahren 1948—1953 durchgeführt wurden. Sie erstrecken sich auf die Anwendung der Auslesezüchtung und des Inzucht-Heterosis-Verfahrens auf Wildmaterial der genannten Arten.

Die Ergebnisse der Versuche bestehen darin, daß es möglich ist, mit Hilfe einfacher Auslese zu Stämmen mit höherer Leistung zu gelangen, daß aber in der Anwendung der Heterosiszüchtung sehr viel größere Möglichkeiten liegen. Es wurden einzelne Inzuchtlinien aufgefunden, die nach Kreuzung mit beliebigen anderen Linien eine Ertragssteigerung von 35 und 40% gegenüber dem Mittel der heute im Handel befindlichen Sorten ergaben.

Zum Schluß werden als Konsequenz aus den Versuchen Wege aufgezeigt, wie die Gräserzüchtung gestaltet werden muß, um sicher zu ertragreichen neuen Sorten zu kommen.