

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Dornburg/Saale der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Untersuchungen über die Selektionseignung von Klonpflanzen unter den Bedingungen weiter und enger Standräume bei Glatthafer (*Arrhenatherum elatius* L.) und Rotklee (*Trifolium pratense* L.)*

Von G. SCHUMANN

Mit 10 Abbildungen

1. Einleitung

In der Pflanzenzüchtung beginnt die Auslese an Einzelpflanzen oder Klonen, über deren Wert erst in der Nachkommenschaft entschieden wird. Bei perennierenden Futterpflanzen erfolgt die Selektion an weitgestellten, konkurrenzlos wachsenden Exemplaren, die Prüfung der Nachkommenschaften aber in feldmäßig gedrillten Parzellen. Für den Züchter ergeben sich hieraus besondere Schwierigkeiten, da er von vornherein nicht sagen kann, ob ihm seine Elitepflanzen auch unter drillsaatähnlichen Entwicklungsbedingungen selektionswürdig erschienen wären. Die Ergebnisse der Nachkommenschaftsprüfungen, die in vielen Fällen nicht die Wertmerkmale der Mutterpflanzen widerspiegeln (Tab. 1), geben zu dieser Vermutung immer wieder Anlaß.

Außer bestimmten Kombinationseffekten, die durch Panmixie ausgelöst werden, mag die mangelnde Übereinstimmung zwischen den Leistungen der Einzelpflanzen und ihren Nachkommenschaften auch darin zu suchen sein, daß das ökologische Optimum bei Einzelpflanzenanzucht und nachfolgender Drillsaatprüfung verschieden ist. Besonders FÜSSEL (1924), BECKER-DILLINGEN (1929), SAULESCU (1937), HOWARD (1957), BUTTEN-SCHÖN (1958), NÜESCH (1960) und KEPPLER (1961) weisen auf die Diskrepanz der beiden Untersuchungsmethoden hin. Sie machen darauf aufmerksam, daß der Anbau von Einzelpflanzen unnatürliche Verhältnisse im Sinne der späteren landwirtschaftlichen Nutzung schafft. Die im Zuchtbeet stehenden Sämlinge oder Klone wachsen unter besonderer Pflege und ohne Konkurrenz auf. Die Ertragskomponenten können sich unter diesen Verhältnissen möglicherweise vollkommen anders entwickeln als im vergesellschafteten Bestand, in dem verschärfte Bedingungen hinsichtlich Stand- und Wurzelraum, Licht, Wasser und Nährstoffen herrschen. KEPPLER und STEUCKARDT

(1962) sprechen darum die Vermutung aus, daß die Beurteilung einer engeren Klonpflanzung möglicherweise zu einer besseren Übereinstimmung mit der gesäten Nachkommenschaft führen könnte.

HUNT (zit. KLAPP, 1963) bezweifelt jedoch selbst bei dichtesten Grasnarben die Wirkung einer Raumkonkurrenz. Der begrenzende Ertragsfaktor sei vielmehr in der Beschattung der tieferstehenden Blätter zu suchen. Zur Klärung dieser für den Züchter wichtigen Probleme wurden mit habituell sehr verschiedenen Glatthafer- und Rotkleeclonen und deren Nachkommenschaften folgende Fragen untersucht:

1. Ändert sich in saaatähnlich enger Pflanzweite die interklonale Variabilität, indem einzelne charakteristische Leistungskomponenten anders ausgebildet werden als unter großen Standräumen?
2. Können die Zusammenhänge zwischen einzelnen Eigenschaften der Mutterklone und deren Nachkommenschaften besser erkannt werden, wenn die Klonpflanzen sich unter den gleichen Bedingungen wie die Tochtergeneration entwickeln?
3. Gibt es Anhaltspunkte für besonders bewertbare Selektionseigenschaften der Mutterpflanzen?

Tabelle 1. Literaturübersicht zur Frage der Beziehungen zwischen Mutter- und Tochterleistungen bei mehrjährigen Futterpflanzen.

Kulturart	Beziehungen zwischen Mutter- und Tochterleistungen			Autor
	gut	unsicher	schlecht	
<i>Avena elatior</i>	+			ZIMMERMANN, 1954
<i>Bromus inermis</i>	+			HAWK, 1948; WILSIE, 1949; HAWK u. WILSIE, 1952; MC. DONALD, KALTON, WEISS 1952.
<i>Bromus inermis</i>			+	KNOWLES, 1950; GRISSOM u. KALTON, 1956.
<i>Dactylis glomerata</i>	+			MURPHEY, 1952; OLDMEYER u. HANSEN, 1955.
<i>Dactylis glomerata</i>			+	WEISS, TAYLOR u. JOHNSON, 1951.
<i>Lolium perenne</i>			+	FRANDSEN (zit. WRIGHT 1960); FEJER, 1960; LAZENBY u. ROGERS, 1960; WRIGHT, 1960.
<i>Panicum virgatum</i>	+			NEWELL u. EBERHART, 1961.
<i>Phleum pratense</i>		+		WEBBER, HUNT u. GILMORE, 1912; NISSEN, 1960.
<i>Poa pratensis</i>	+			HAYES u. THOMAS, 1944.
<i>Poa pratensis</i>			+	AHLGREN, 1944; AHLGREN, SMITH u. NIELSEN, 1945; THOMAS u. HAYES, 1947.
<i>Medicago sativa</i>	+			TYSDAL u. CRANDALL, 1948; MC. ALLISTER, 1952; DAVIS, 1955; DAVIS u. PANTON, 1960.
<i>Medicago sativa</i>			+	FLEISCHMANN, 1926; KEHR u. GARDNER, 1960; KEPPLER u. STEUCKARDT, 1962.
<i>Melilotus officinalis</i>			+	JOHNSON, 1952; JOHNSON u. GOFORTH, 1953.
<i>Trifolium repens</i>			+	FRANDSEN, 1956 (zit. JULÉN, 1959); WEXELSEN, 1940 (zit. HANSON u. CARNAHAN, 1956).

* Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. BECKER zum 60. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 2. Variabilität der Glatthafer-Population 'Rügen'.

	Grün- gewicht g	Samengewicht g	Bestockung Anzahl	Horst- umfang cm	Höhe cm
Mittelwert \bar{x}	198,0	7,5	193,0	37,0	32,5
Grenzwerte	55—265	0,1—16,0	49—372	14—47	18—45
P% Normalverteilung	20—50	95—99	20—50	>99	>99

2. Material und Methode

An der Nordküste Rügens wurde im Sommer 1959 Wildmaterial besonders starkwüchsiger Glatthaferpflanzen gesammelt, von denen 1960 in Dornburg Sämlinge angezogen wurden. An einer größeren Stichprobe dieser Population ermittelten wir die Variabilität der Grünmasse, des Samengewichtes, der Bestockung, des Horstumfanges und der Pflanzenhöhe. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, waren alle untersuchten Merkmale bei großen Variationsbreiten normal verteilt.

Mit Berücksichtigung dieser und weiterer charakteristischer Eigenschaften wurden am 31. 8. 1960 62 Typen, die den Durchschnitt der Population repräsentierten, ausgewählt und vegetativ vermehrt.

Das Rotkleematerial entstammte in- und ausländischen Herkunft. Durch Sproßstecklinge wurden die unterschiedlichsten Wuchstypen auch hier vegetativ vermehrt (SCHUMANN, 1964).

Für die Untersuchungen wurden jeweils 49 Klone in 7 × 7 Gitterquadratanlagen mit einfacher Wiederholung des Grundplanes in den folgenden Pflanzweiten geprüft:

Glatthafer:

1. 40 × 40 cm mit 4 Klonpflanzen je Parzelle (V_1)
2. 20 × 20 cm mit 8 Klonpflanzen je Parzelle (V_2)
3. 20 × 10 cm mit 16 Klonpflanzen je Parzelle (V_3)

Rotklee:

1. 40 × 40 cm mit 4 Klonpflanzen je Parzelle 1960/61, 1961/62 (V_1),
2. 20 × 10 cm mit 8 Klonpflanzen je Parzelle 1960/61 (V_2),
- 20 × 10 cm mit 12 Klonpflanzen je Parzelle 1961/62 (V_3).

Während sich die Pflanzen in V_1 zu kräftigen Einzel-exemplaren entwickelten, wuchsen sie in V_3 (Glatthafer) bzw. V_2 (Rotklee) wie unter saatähnlichen Bedingungen zu geschlossenen Beständen heran (Abb. 8 u. 10).

Die Glatthaferklone wurden am 18. 4. 1961 in das Freiland ausgepflanzt. Die Rotkleeklone der 1959 selektierten Mutterpflanzen wurden am 18. 8. 1960 nach Sommerbrache unter der Bezeichnung „Alter Versuch“ (= A.-Versuch) ausgepflanzt. Die zweite Prüfung wurde am 19. 5. 1961 gepflanzt und als „Neuer Versuch“ (= N.-Versuch) bezeichnet. Während sich die Glatthaferpflanzen gut und ohne Fehlstellen entwickelten, erkrankten bei Rotklee mehrere Klone virös oder winternten aus, andere Pflanzen fielen durch Mäusefraß aus. Die Fehlstellen mußten teils durch andere Klone, teils durch Reservepflanzen ersetzt werden. Aus diesem Grunde ließen sich der zweite

Aufwuchs des A.-Versuchs im Jahre 1961 und der erste Aufwuchs des N.-Versuchs im Jahre 1962 nicht auswerten.

Infolge unterschiedlichen Reproduktionsvermögens konnte nur von einem Teil der Glatthafer-Sämlinge im Jahre 1960

genügend Saatgut für eine Nachkommenschaftsprüfung gewonnen werden. Die Tochterleistung mußte darum in zwei Teilerien ermittelt werden. Die Aussaaten erfolgten 1961 und 1962 in 5 × 5 Gitterquadratanlagen auf 1 m² großen Parzellen in 20 cm Reihenabstand bei 35 kg/ha Aussaatstärke (KF = 90%).

Die Rotklee-Nachkommenschaften wurden gleichfalls in 7 × 7 Gitterquadratanlagen, auf 1 m² großen Parzellen, geprüft. Bei 20 cm Reihenentfernung betrug die Aussaatstärke 10 kg/ha (KF = 92%). Das Saatgut für alle Prüfungen wurde reihenweise abgewogen und mit der Hand gelegt. Aufgang und Entwicklung der Pflanzenbestände waren gut.

Der Mutterpflanzen-Nachkommenschaftsvergleich konnte bei Glatthafer mit allen 49 Versuchsnummern, bei Rotklee im A.-Versuch mit 36 und im N.-Versuch mit 47 Versuchsgliedern durchgeführt werden.

Von den Klonpflanzen wurden die Mittelwerte der Einzelpflanzengewichte, der Zahl der Bestockungstriebe, der Pflanzenhöhen und der Blattgrößen bestimmt. 1961 wurden die Pflanzenhöhen und Blattgrößen durch 50 Messungen, 1962 durch 30 Messungen je Klon und Pflanzweite festgestellt. Die Blattgrößen wurden aus dem Produkt Länge × Breite errechnet.

Bei den Nachkommenschaftsprüfungen wurden neben den mittleren Parzellengewichten die Pflanzenhöhen und Blattgrößen aus jeweils 50 Messungen, die Anzahl der Bestockungstriebe auf 40 cm Reihenslänge je Parzelle ermittelt. Die Mittelwerte aller Messungen und Wägungen wurden fehlerkritisch geprüft.

3. Ergebnisse

Für alle untersuchten Merkmale lassen die Klone große Unterschiede innerhalb der Standweiten und Schnitte erkennen. Bei einer Grenzdifferenz von $p = 5\%$ überschreiten z. B. im ersten Schnitt der engen Pflanzung (V_3) des Glatthafer-Versuches zwölf Klone die mittlere Leistung signifikant, während elf andere signifikant unter dem Versuchsmittel liegen. Bei Rotklee sind es im N.-Versuch der engen Pflanzung des Pflanzjahres acht Plus- und neun Minustypen, die signifikant außerhalb des Zufallsbereichs liegen. Mit zunehmendem Alter des Untersuchungsmaterials vergrößert sich der Versuchsfehler. Bei gleichbleibenden Variationsbreiten nimmt darum

Tabelle 3. Signifikanztafel zu den zweijährigen Untersuchungen an den Glatthaferklonen in den drei Pflanzweiten für die Merkmale EP-Gewicht, EP-Bestockung und Pflanzenhöhe.

	EP-Gewichte		EP-Bestockung		Pflanzenhöhen	
	1961	1962	1961	1962	1961	1962
Versuchsglieder (A)	+++	+++	+++		+++	+++
Aufwüchse (B)	+++	+++	+++		+++	+++
Standweiten (C)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
WW A × B	+++	+++	++		+++	+++
WW A × C	+	++				
WW B × C	+++	+++	+++	+	+++	+++

zwangsweise die Anzahl der vom Mittelwert mit 1,96 σ abweichenden Typen ab.

Auch nach faktorieller Verrechnung weisen die Versuchsglieder signifikante Unterschiede auf (Tab. 3). Allein im Jahre 1962 unterscheiden sich die Klone in ihrer Bestockung nicht voneinander, obwohl sie sich in den einzelnen Untersuchungen deutlich differenzierten. Durch Verschiebungen innerhalb der Rangordnung der beiden Aufwüchse gleichen sich hier die Versuchsgliederunterschiede bis zur Insignifikanz aus. Die Werte der Aufwüchse und Standweiten zeigen in allen Untersuchungen signifikante Differenzen.

Die gesicherten Wechselwirkungen zwischen Versuchsgliedern und Aufwüchsen weisen darauf hin, daß die Glatthaferklone in ihrer Ertragsleistung nicht in allen Fällen nach einem einzigen Schnitt endgültig beurteilt werden können. Während die im Ertrag schlechtesten Klone von Anfang an zu erkennen sind und über die gesamte Beobachtungszeit zu den Minusvarianten gehören, sind die Plustypen in ihrer Leistung variabler. Unter ihnen gibt es Klone, die sich im Pflanzjahr besonders gut entwickeln, andere dagegen entfalten erst im zweiten Jahr ihr Leistungspotential in voller Höhe.

Die Analyse hat ferner ergeben, daß einzelne Klone auf Verkleinerung der Entwicklungsräume nicht einheitlich reagieren. Mit zunehmend engerem Standraum bringen die Einzelpflanzen zwar alle geringere Erträge, der Leistungsabfall scheint aber für die einzelnen Typen verschieden groß zu sein. Dieses wichtige Ergebnis ist durch Korrelations- und Regressionsanalysen weiter analysiert worden.

Aus den Ergebnissen der Korrelationsberechnungen (Tab. 4 u. 5) ist dagegen ersichtlich, daß die Erträge der Klone in den verschiedenen Standweiten und Aufwüchsen in gleicher Weise zur Ausprägung kommen. Das gleichartige, von der Standweite unabhängige Verhalten der einzelnen Genotypen wird besonders bei den jeweils ersten Aufwüchsen deutlich. Die Koeffizienten der späteren Bestimmungen liegen infolge höherer intraklonaler Variabilität niedriger.

Für das Merkmal Bestockung bestehen zwischen weit- und enggestellten Klonpflanzen ebenfalls gut gesicherte Zusammenhänge. Auch hier werden bei den späteren Schnitten die Korrelationen niedriger, einige sind sogar nur noch mit $p = 5\%$ zu sichern. Das überrascht jedoch nicht besonders. Auch bei der Luzerne ändert sich nach SCHRÖCK (1942) und FRANKES, DAVIS und PATTERSON (1961) die Stengelszahl mit zunehmender Entwicklung so stark, daß Messungen zu verschiedenen Zeiten zu anderen Ergebnissen führen.

Auch die Pflanzenhöhen und Blattgrößen unterliegen nach den Berechnungen in den drei Standweiten keinen Veränderungen. Die Korrelationen lassen sich alle sehr gut sichern.

Ob die untersuchten morphologischen Leistungskomponenten unter den verschiedenen Entwicklungsbedingungen in unterschiedlichen Anteilen am Einzelpflanzenenertrag beteiligt sind, wurde mit Hilfe partieller und einfacher Korrelationen ermittelt (Abb. 1 u. 2). Wie die Analyse zeigt, bilden sich die einzelnen Ertragskomponenten sowohl bei Glatthafer wie auch bei Rotklee in etwa gleicher Weise aus. So betragen z. B. die Korrelationskoeffizienten zwischen Bestockung

Tabelle 4. Korrelationskoeffizienten (r) von Ertragsmerkmalen bei Glatthafer-Klonpflanzen zwischen drei Standweiten.

Standweite Merkmal Aufwuchs		Standweite	
		V_2 r	V_3 r
V_1 Ertrag	/I 61	+0,844	+0,764
	/II 61	+0,744	+0,733
	/I 62	+0,748	+0,732
	/II 62	+0,629	+0,563
V_1 Bestockung	/I 61	+0,831	+0,726
	/II 61	+0,589	+0,551
	/I 62	+0,299	+0,515
	/II 62	+0,460	+0,319
V_1 Pflanzenhöhe	/I 61	+0,695	+0,737
	/II 61	+0,783	+0,727
	/I 62	+0,679	+0,581
	/II 62	+0,545	+0,546
V_1 Blattgröße	/I 62	+0,798	+0,801
V_2 Ertrag	/I 61		+0,774
	/II 61		+0,886
	/I 62		+0,767
	/II 62		+0,569
V_2 Bestockung	/I 61		+0,831
	/II 61		+0,623
	/I 62		+0,355
	/II 62		+0,483
V_2 Pflanzenhöhe	/I 61		+0,776
	/II 61		+0,762
	/I 62		+0,691
	/II 62		+0,529
V_2 Blattgröße	/I 62		+0,698

$r_{\max} 5\% = 0,282$
 $r_{\max} 1\% = 0,365$
 $r_{\max} 0,1\% = 0,456$

Tabelle 5. Korrelationskoeffizienten (r) von Ertragsmerkmalen bei Rotklee-Klonpflanzen zwischen zwei Standweiten.

Merkmal V_1	untersucht am:	V_2 r
EP-Gewicht	18. 5. 1961 (A)*	+0,651
EP-Gewicht	30. 8. 1961 (N)**	+0,875
EP-Gewicht	13. 8. 1962 (N)	+0,615
EP-Bestockung	18. 5. 1961 (A)	+0,625
EP-Bestockung	30. 8. 1961 (N)	+0,606
EP-Bestockung	13. 8. 1962 (N)	+0,462
Pflanzenhöhe	18. 5. 1961 (A)	+0,616
Pflanzenhöhe	24. 8. 1961 (N)	+0,743
Pflanzenhöhe	13. 8. 1962 (N)	+0,667
Blattgröße	7. 8. 1961 (A)	+0,559
Blattgröße	22. 8. 1961 (N)	+0,628
Blattgröße	7. 7. 1962 (N)	+0,676

* = „Alter Versuch“

$r_{\max} 5\% = 0,301$

$r_{\max} 1\% = 0,391$

$r_{\max} 0,1\% = 0,485$

** = „Neuer Versuch“

$r_{\max} 5\% = 0,282$

$r_{\max} 1\% = 0,365$

$r_{\max} 0,1\% = 0,456$

kung und Ertrag zum ersten Aufwuchs des Hauptnutzungsjahres bei Rotklee in $V_1 = 0,416$, in $V_2 = 0,397$ und in $V_3 = 0,537$.

Die Pflanzenhöhen sind ebenfalls unter den verschiedenen Anbaubedingungen mit gleichen Anteilen am Ertrag beteiligt. Die unterschiedlich hohen Korrelationswerte zu den Schnitten beim Glatthafer können damit erklärt werden, daß die Höhen zu den ersten Aufwüchsen an geschoßten, zu den zweiten dagegen an nichtgeschoßten Pflanzen gemessen wur-

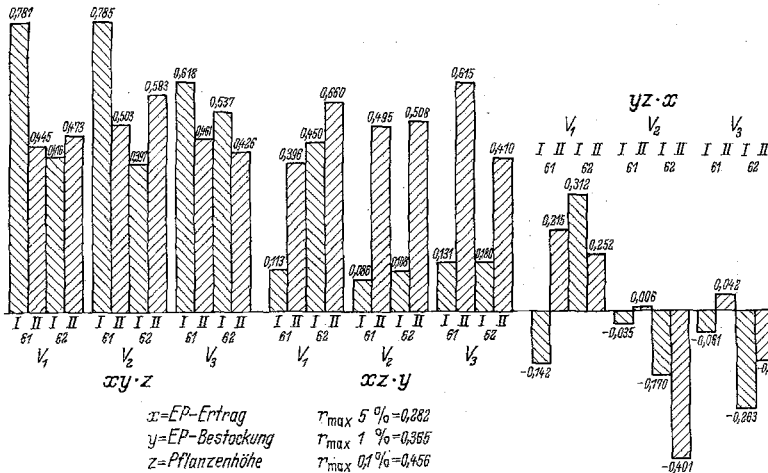


Abb. 1. Anteil morphologischer Merkmale am Einzelpflanzenenertrag des Glatthafer bei verschiedenen Pflanzweiten und Schnitten.

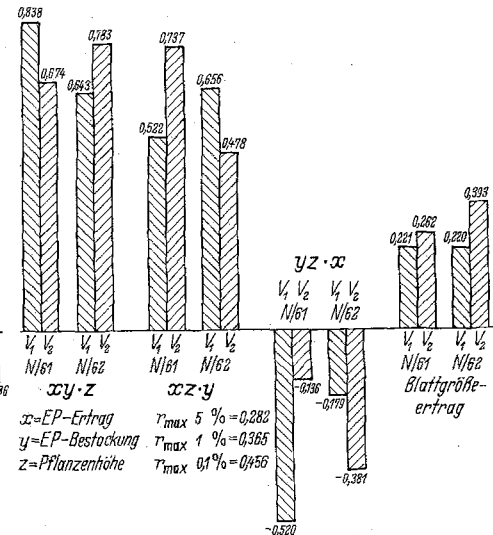


Abb. 2. Anteil morphologischer Merkmale am Einzelpflanzenenertrag bei zwei Pflanzweiten und zwei Schnitten. Untersucht an Kleeklonpflanzen des N. Versuches.

den. Höhen, die während der generativen Phase an den Spitzen der Fruchtstände (1961) bzw. am Ansatz des letzten Stengelblattes (1962) gemessen wurden, korrelieren zum Ertrag weniger eng als die Pflanzenlängen der vegetativen Phase.

Auch die Blattgrößen beeinflussen in allen Pflanzweiten gleichermaßen den Einzelpflanzenenertrag. Für Glatthafer seien die Korrelationskoeffizienten für V_1 und V_3 angeführt:

Blattgröße-Ertrag V_1/I 61 $r = 0,435$

Blattgröße-Ertrag V_3/I 61 $r = 0,379$

Blattgröße-Ertrag V_1/I 62 $r = 0,418$

Blattgröße-Ertrag V_3/I 62 $r = 0,509$

r max. 1% = 0,365.

Die Korrelationsberechnungen haben gezeigt, daß die Klone im allgemeinen durch Standraumunterschiede nur wenig zu beeinflussen sind. Es bleibt aber zu fragen, ob alle Klone so reagieren oder ob einzelne sich den drei Standweiten gegenüber unterschiedlich verhalten. Diese Frage ließ sich über die Bestimmung von Regressionsgleichungen beantworten.

Die Abb. 3–6 geben die Lage der Wertepaare um die Beziehungsgeraden für den Einzelpflanzenenertrag der untersuchten Glatthaferklone wieder. Danach zeigen einige Formen in enger gegenüber weiter Standweite ein abweichendes Verhalten. Während z. B. der Klon 709 bei weitem Standraum (V_1) nur mittlere bis niedrige Erträge liefert, gehört er unter den schärferen Bedingungen der engen Pflanzung

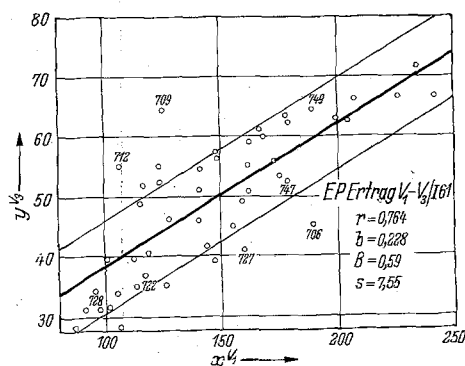


Abb. 3. Erster Aufwuchs 1961.

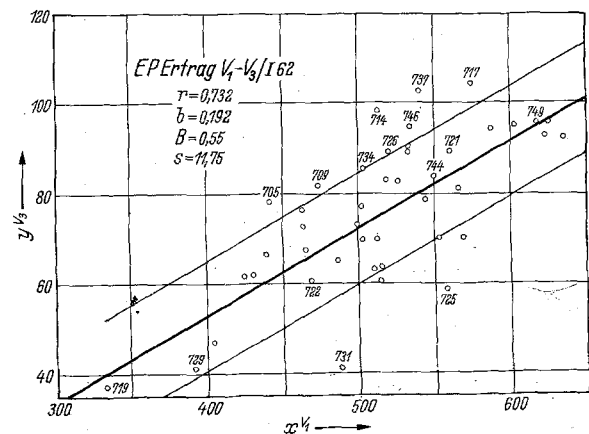


Abb. 5. Erster Aufwuchs 1962.

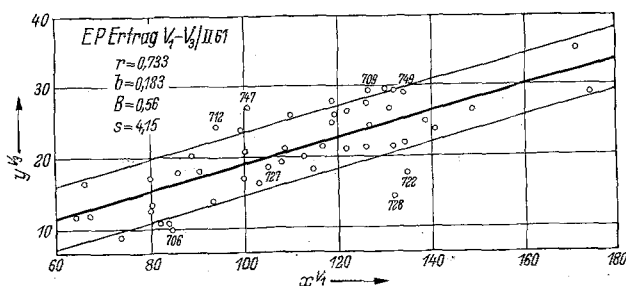


Abb. 4. Zweiter Aufwuchs 1961.

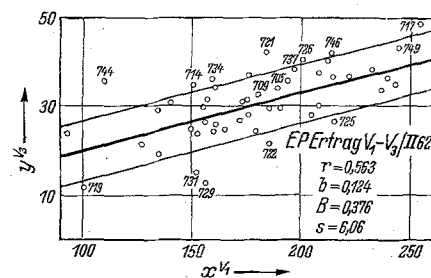


Abb. 6. Zweiter Aufwuchs 1962.

Abb. 3–6. Regressionsberechnungen über die Ertragsleistung weit- und enggestellter Glatthaferklonpflanzen.



Abb. 7.

Abb. 7 und 8. Glatthafer-Klon 714 auf 40 × 40 cm (Abb. 7) und 20 × 10 cm (Abb. 8) gepflanzt.



Abb. 8.

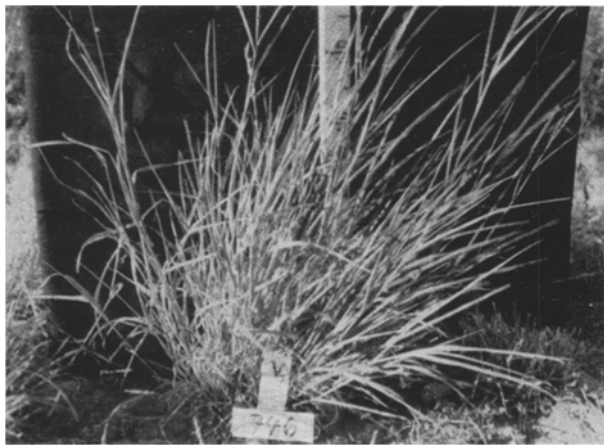


Abb. 9.

Abb. 9 und 10. Glatthafer-Klon 746 auf 40 × 40 cm (Abb. 9) und 20 × 10 cm (Abb. 10) gepflanzt.



Abb. 10.

insbesondere im ersten Untersuchungs-jahr zur Spitzen-gruppe. Dagegen versagt der Klon 722, der bei weitem Pflanzenabstand dem Klon 709 ebenbürtig ist, mehr oder weniger bei engem Standraum in seiner Grünmasseleistung.

Da der Entwicklungsrhythmus eines Klones sein Ertragsbild beeinflußt, ist neben der zusammenfassenden Betrachtung das Leistungsvermögen auch nach Pflanz- und Hauptnutzungsjahr getrennt analysiert worden. Hierdurch wurde außer Klon 709 noch die Nummer 712 gefunden, die im Pflanzjahr den engen Stand gut zu nutzen verstand. Im Haupt-nutzungsjahr sind es vor allem die Klone 714 und 717, die unter den schärferen Konkurrenzbedingungen von V_3 besser abschneiden als unter „günstigeren Verhältnissen“. Den Bedingungen des engen Stand-raumes waren dagegen im Anzuchtjahr der Klon 706 und im Hauptnutzungsjahr die Klone 725 und 731 nur ungenügend angepaßt.

Auch beim Rotklee liegen einzelne Wertepaare nach den Regressionsberechnungen außerhalb der Signifikanzgrenzen. Während hier drei Klone unter engen Pflanzbedingungen in den untersuchten Aufwüchsen der beiden Untersuchungsjahre bessere Erträge als unter weiten bringen, konnte unter den Prüfgliedern beider Aufwüchse kein Typ ermittelt werden, der in V_2 signifikant weniger Masse bildet als in V_1 .

Weitere Untersuchungen über das Verhalten der einzelnen Klone bzgl. Bestockung, Pflanzenhöhe und

Blattgrößen erbrachten Ergebnisse, die den Regres-sionsberechnungen des Ertrages weit- und engge-stellter Klonpflanzen vergleichbar sind.

Für alle Merkmale eines Klones konnte bei engem Stand weder bessere noch schlechtere Merkmalsaus-prägung als bei weitem Stand beobachtet werden. Im allgemeinen waren nicht nur die Merkmale der ein-zelnen Typen bei engem Stand gleich gut ausgebildet, sondern auch der Habitus ließ sich unschwer im engen Pflanzverband erkennen (Abb. 7–10).

Im Gegensatz zu dem sehr heterogenen Klön-material waren die aus freier Abblüte hervorgegan-genen Nachkommenschaften weniger scharf vonein-ander zu trennen. Der Habitus der Mutterpflanzen blieb zwar andeutungsweise erhalten, dagegen traten einzelne charakteristische Ertragskomponenten meist nicht mehr hervor. Besonders die Erträge sind im Gegensatz zu dem variablen Mutterpflanzenmaterial ziemlich ausnivelliert. So ergab von fünf Schnitt-prüfungen bei Glatthafer nur der erste Aufwuchs des Jahres 1962 der 1961 angelegten Prüfung signifikante Versuchsgliederunterschiede. Dagegen war die Va-riabilität der Rotkleenachkommenschaften noch so groß, daß sich in den Prüfungen die Ertragsergeb-nisse signifikant unterschieden. Bestockung, Pflan-zenhöhe und Blattgröße blieben in den einzelnen Prüfnummern der Einzelpflanzennachkommens-chaften variabler als die Erträge. Die Merkmalsstreuung war hier mit $p = 5\%$ und 1% größer als die Zufalls-streuung.

Tabelle 6. Korrelationen zwischen Glatthafer-Klonpflanzen in verschiedenen Standweiten und ihren gesäten Nachkommenschaften.

Schnitte der Pflanzprüfungen	Mutterpflanzen-Nachkommenschaften			
	Aussaait: 7. 4. 1961		Aussaait: 5. 4. 1962	
	I/61**	I/62	II/62	I/62
V ₁ /I 61*	B + 0,159 H - 0,056			B + 0,261 H - 0,146
V ₂ /I 61	B + 0,125 H + 0,122			B + 0,228 H - 0,140
V ₃ /I 61	B + 0,274 H - 0,136			B + 0,415 H - 0,028
V ₁ /II 61				B + 0,167 H + 0,042
V ₂ /II 61				B + 0,551 H + 0,021
V ₃ /II 61				B + 0,132 H + 0,051
V ₁ /I 62		E + 0,386 B - 0,233 H + 0,252 Bl + 0,062		B + 0,114 H - 0,033
V ₂ /I 62		E + 0,202 B + 0,157 H + 0,349 Bl + 0,476		B + 0,620 H + 0,067
V ₃ /I 62		E + 0,225 B - 0,110 H + 0,310 Bl + 0,288		B + 0,100 H + 0,260
V ₁ /II 62			H + 0,560	B + 0,141 H + 0,302
V ₂ /II 62				B + 0,504 H + 0,465
V ₃ /II 62			H + 0,494	B - 0,007 H + 0,556

* = V₁/I 61 = 40 × 40 cm, 1. Schnitt 1961

** I/61 = EPN, 1. Aufwuchs 1961

E = Korrelation von Erträgen EP-EPN

B = Korrelation von Bestockung EP-EPN

H = Korrelation von Pflanzenhöhe EP-EPN

Bl = Korrelation von Blattgrößen EP-EPN

r_{max} 5% = 0,381r_{max} 1% = 0,488

Die relativen Erträge zu den verschiedenen Aufwüchsen blieben in den Nachkommenschaftsprüfungen mehr oder weniger unverändert. So betrugen z. B. die Korrelationen der Rotklee-Erträge des ersten und zweiten Schnittes im Hauptnutzungsjahr der 1960/61er Prüfung 0,601, die des ersten und zweiten Schnittes im Saatjahr der 1961/62er Prüfung 0,688 ($r_{\max 1\%} = 0,365$). Beim Vergleich der beiden Jahresernten errechnete sich bei Glatthafer für die im Jahre 1961 angelegte Prüfung eine Korrelation von 0,600 ($r_{\max 1\%} = 0,488$).

Aus den Mutterpflanzen-Nachkommenschaftsvergleichen der Tab. 6 und 7 geht hervor, daß die Einzelpflanzen zu ihren Nachkommenschaften in keinem der untersuchten Merkmale in einem engeren Zusammenhang stehen. So sind zwischen den sechzehn möglichen Korrelationsberechnungen der Rotklee-Erträge nur drei und zwischen den drei Berechnun-

gen des Glatthafer nur eine statistisch mit $p = 5\%$ bzw. $p = 1\%$ zu sichern.

Auch die Ergebnisse, die bei den Klonpflanzen unter saatkähnlichen Bedingungen erhalten wurden, ließen sich bei ihren Nachkommen nicht reproduzieren. Ein Vergleich der absoluten Zahlen der ertragsbesten und ertragsschlechtesten Klone des ersten Aufwuchses 1962 von V₁ und V₃ mit ihren Einzelpflanzennachkommenschafts-Erträgen auf 1 m² großen Parzellen läßt dies bei Glatthafer ganz deutlich werden (Tab. 8). So bringt z. B. der in dieser Aufstellung ertragsbeste Klon 711 die niedrigsten und der leistungsschwache Klon 729 die höchsten Nachkommenschaftserträge zum ersten Aufwuchs des Hauptnutzungsjahres. Die ertragsstarken Genotypen 749 und 702 besitzen in der Tochtergeneration keine höhere Leistung als der leistungsschwache Typ 719. Dagegen ließen sich aber die Klone 736 und 723 auch in ihren Nachkommenschaften als gut oder schlecht erkennen.

Die Klonpflanzen, die eng gepflanzt entweder mehr oder weniger Grünmasse erzeugten als weit gepflanzt, wurden gleichfalls mit den Erträgen der Nachkommenschaften verglichen. Wie aus Tab. 8 weiter ersichtlich ist, bringen die „konkurrenzstarken“ Mutterpflanzen, d. h. solche, die bei engem Stand (V₃) relativ mehr Grünmasse bildeten als bei weitem Stand (V₁), die gleichen Nachkommenschaftserträge wie die als „konkurrenzschwach“ ermittelten Typen.

4. Diskussion

Die Entscheidung für oder wider ein Zuchtverfahren muß genetisch begründet sein. Für qualitative Eigenschaften, die von wenig Hauptgenen gesteuert werden, ist sie relativ leicht zu treffen. Die Kriterien zur Verbesserung quantitativer Merkmale müssen sich dagegen auf Statistiken der kontinuierlichen Variation (Mittelwerte, Varianzen, Kovarianzen) stützen. Wenn viele Gene mit geringer Einzelwirkung im Spiel sind, können echte Unterschiede durch Umwelteinflüsse leicht überdeckt werden.

Das Verständnis für einen Phänotyp wächst in dem Maße, wie es uns gelingt, den genotypischen von dem umweltbedingten Anteil seiner Prägung abzuschätzen. Für eine erfolgreiche Selektion sind also klare Vorstellungen über die Höhe des genetischen Anteils an der Gesamtvariabilität nötig (ALLARD, 1960).

Über den Einfluß der Umwelt bei ein- bis mehrjährig kreuzbestäubenden Gramineen und kleinkörnigen Leguminosen, deren Einzelpflanzen zur Selektion zwischen 40 × 40 cm und 120 × 120 cm weit gepflanzt werden, bestanden bisher nur unklare Vorstellungen. Die meist mangelhaften Beziehungen zwischen Mutter- und Tochtereigenschaften ließen die Selektion von weitgestellten Mutterpflanzen immer wieder fraglich erscheinen. Man ging daher mehr und mehr dazu über, den Wert einer Einzelpflanze nur noch anhand ihrer Nachkommenschaft zu beur-

Tabelle 7. Korrelationen zwischen Rotklee-Klonpflanzen in verschiedenen Standweiten und ihren gesäten Nachkommenschaften.

	Einzelpflanzen-Nachkommenschaften					
	Aussaat: 12. 5. 1960		Aussaat: 11. 4. 1962			
	I/61***	II/61	I/62	II/62	I/63	
A* V ₁ /I 61**	E - 0,041 B - 0,038 H - 0,019	E + 0,287				r _{max} 5% = 0,362 r _{max} 1% = 0,462
V ₂ /I 61	E + 0,117 B - 0,335 H - 0,003	E + 0,139				
N* V ₁ /I 61			E - 0,014 H + 0,145 Bl + 0,377	E + 0,192 H + 0,062	E + 0,414 B + 0,218 H + 0,117 Bl + 0,422	r _{max} 5% = 0,297 r _{max} 1% = 0,385
V ₂ /I 61			E + 0,136 H + 0,062 Bl + 0,337	E + 0,250 H - 0,084	E + 0,342 B + 0,113 H + 0,227 Bl + 0,149	
V ₁ /II 62			E + 0,003 H + 0,190 Bl + 0,311	E + 0,038 H + 0,072	E + 0,174 B - 0,007 H - 0,121 Bl + 0,238	r _{max} 5% = 0,301 r _{max} 1% = 0,388
V ₂ /II 62			E ± 0,000 H - 0,040 Bl + 0,172	E + 0,322 H + 0,033	E + 0,225 B + 0,128 H - 0,006 Bl + 0,067	

* = A = „Alter Versuch“
 N = „Neuer Versuch“
 ** = V₁/I 61 = 40 × 40 cm, 1. Schnitt 1961
 *** = I 61 = EPN, 1. Aufwuchs 1961

E = Korrelation von Erträgen EP-EPN
 B = Korrelation von Bestockung EP-EPN
 H = Korrelation von Pflanzenhöhe EP-EPN
 Bl = Korrelation von Blattgröße EP-EPN

Tabelle 8. Vergleich von Einzelpflanzen- und Einzelpflanzennachkommenschafts-Erträgen bei Glatthafer.

Klon-Nr.	Mittleres Einzelpflanzen- gewicht (g)		Mittlerer Parzellenertrag der Nachkommenschaften (g)	
	V ₁ /I 62	V ₂ /I 62	I/62 (Aussaat 61)	I/62 (Aussaat 62)
Ertragsstarke Klone				
711	636	95	2400	
736	625	92	3250	
749	619	95		2670
702	604	94		2890
Ertragsschwache Klone				
723	435	57	2530	
729	393	41	3390	
719	332	37		2650
„Konkurrenzstarke“ Klone				
709	474	80		3060
714	513	98		2560
726	520	88	2910	
734	505	84	3130	
„Konkurrenzschwache“ Klone				
722	469	57		2720
706	486	63		2370
725	585	55		2580
731	488	41	3040	

teilen, da meist nicht entschieden werden konnte, ob die Variabilität auf Gendifferenzen oder auf umweltbedingte Unterschiede zurückzuführen ist.

Es galt zu untersuchen, ob der Züchter die Individualpotenz seiner Sämlinge unter den herkömmlichen Bedingungen richtig erfaßt, oder ob die Heritabilität der Merkmale besser durch Anbaubedingungen ermittelt werden kann, die den ökologischen Verhältnissen entsprechen, unter denen die Nachkommenschaften geprüft werden. Diesem Problemkreis dien-

ten Standweitenversuche mit Klonen von Glatthafer und Rotklee, die in ihrem Habitus und ihrer Leistung gut voneinander zu unterscheiden waren. Die Versuchspflanzen wurden für Glatthafer in drei (40 mal 40 cm, 20 × 20 cm und 20 × 10 cm) und für Rotklee in zwei (40 × 40 cm und 20 × 10 cm) Standräumen angebaut und auf eine Reihe ertragsbedingter Eigenschaften geprüft.

Es ergab sich, daß die Klone ihr spezifisches Verhalten unter variierten Entwicklungsbedingungen im allgemeinen nicht wesentlich verändert haben. Bis auf wenige Ausnahmen kommen in allen Aufwüchsen, unter allen geprüften Verhältnissen ertragreiche wie ertragarme, stark- wie schwachbestockte, hohe wie niedrige, großblättrige wie kleinblättrige, standfeste wie lagernde Klone sowie alle Wuchsformen gleich zur Geltung. Bei seinen Untersuchungen an Knaulgras, Wehrloser Trespe und Rotschwingel erhielt MURPHEY (1952) trotz niedriger Klonzahl ähnliche Resultate. Auch KRJUČKOV (1963) kommt bei etwas anderer Versuchsfragestellung mit Radies zu dem Ergebnis, daß alle Erbanlagen gleich gut ausgeprägt werden, unabhängig davon, ob die Pflanzen eng oder weit stehen.

Mit zunehmendem Alter nimmt die anfängliche Ausgeglichenheit der Klonparzellen etwas ab. Daher sinken bei den späteren Schnitten auch die Korrelationen, die zwischen den Merkmalen eines Klones bestehen. Besonders deutlich wird dies für den dritten und vor allem für den vierten Aufwuchs bei Glatthafer, und hier besonders wieder für das Merkmal Bestockung.

Die im allgemeinen gleichbleibende Reaktion der Pflanzen in den verschiedenen Standweiten ist nicht

so starr, daß gar keine Ausnahmen bestünden. Einzelne Klone verbessern oder verschlechtern ihre Ertragsstruktur, wenn sie unter den Verhältnissen einer engen Pflanzung heranwachsen. Die Änderungen sind aber nicht so bedeutend, daß das gesamte Zuchtmaterial auf solche Korrelationsbrecher durchgemustert werden müßte.

Bezüglich der Konkurrenzwirkung scheinen sich Individuen innerhalb der Art, wenn sie enggepflanzt sind, anders zu verhalten als verschiedene Arten und Gattungen im Mischbau. Bei diesen ist in der Regel von der Reinsaatleistung einer Art nicht mehr auf ihre Leistung im Gemisch zu schließen, wobei die Konkurrenzfähigkeit in den einzelnen Jahren verschieden sein kann (SUKATSCHEW, 1928, zit. KAPPERT, 1958; CORRENS, 1929, zit. KAPPERT, 1958; BROWN, 1939; ELLENBERG, 1952; KNAPP u. THYSEN, 1952; FOCKE, 1958; LAMPETER, 1959/60; ÅKERBERG, 1962).

Mit JOHANNSENS Unterscheidung von Genotyp und Phänotyp und der durch NILSSON-EHLE und EAST gefundenen Tatsache, daß die quantitativen Eigenschaften ebenfalls den Mendel-Gesetzen gemäß vererbt werden, wurde klar, daß die Variation das Ergebnis der Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt darstellt. Die Höhe der erblichen Anteile quantitativer Merkmale ist daher von größter Bedeutung, weil von ihr die Möglichkeiten und das Ausmaß einer Pflanzenverbesserung durch Selektion abhängen. Die Selektionschancen für Glatthafer wurden darum für die einzelnen Kloneigenschaften nach den Hypothesen „fix“ und „zufällig“ geschätzt, indem die phänotypische Gesamtvarianz in die genetische Varianz und die Restvarianz zerlegt wurden (LE ROY, 1960). Die Ergebnisse geben in der folgenden Aufstellung die mittleren H-Werte für alle 49 Klone in den drei Standweiten wieder:

Merkmal	H-Werte	
	Hypothese „fix“	Hypothese „zufällig“
Einzelplanzenenertrag	0,83	0,36
Einzelplanzen-Bestockung	0,71	0,25
Pflanzenhöhe	0,74	0,43
Blattgröße	0,87	—

Der Anteil der genetischen Varianz an der Gesamtvarianz erweist sich unter Zugrundelegung der Hypothese „fix“ für alle Merkmale als sehr hoch. Eine solche Aussage gilt lediglich für einen Aufwuchs bzw. Schnitt und eine Standweite und dürfte für den Züchter nur orientierende Bedeutung besitzen. Die Schätzwerte für die genetischen Varianzen werden genauer (KEHR, 1961), wenn der Züchter in die Untersuchungen alle Schnitte und Orte (letztere entsprechen in unseren Versuchen Standweiten) und ihre Interaktionen mit einbezieht. Nach unseren Ermittlungen müßten sich für die Merkmale Pflanzenhöhe und Einzelplanzenenertrag noch befriedigende Aussichten für den Erfolg einer Selektion ergeben, während die Bestockung als unsichere Eigenschaft bewertet werden müßte.

Trotz hoher Heritabilität haben sich aber bei unseren Untersuchungen die Erwartungen auf eine hinreichend gute Übereinstimmung zwischen Mutter- und Tochterereigenschaften nicht erfüllt. Es müssen also in der nachfolgenden Untersuchungsgeneration infolge Panmixie Kombinationseffekte wirksam wer-

den, die den Genotyp der Mutterpflanze nur wenig zur Geltung bringen lassen. Auch besonders gute und schlechte Glatthafer- und Rotkleeklone sind an ihren Nachkommenschaften nicht zu erkennen. Klone, die sich unter der schärferen Konkurrenz einer saartähnlichen Pflanzung anders verhalten haben als in der normalen Pflanzweite von 40×40 cm, spiegeln ihr Leistungspotential in der Tochtergeneration ebenfalls nicht besser wider als die übrigen.

Wir haben es offensichtlich bei unserem Material mit einem ständigen Wechsel \pm vieler, \pm abgestufter Genkombinationen zu tun. Ein Selektionsfortschritt scheint darum nur möglich, wenn die Plustypen zu Bestäubungsgruppen zusammengefaßt werden (WELLENSIEK, 1952; KEPPLER u. STEUCKARDT, 1962). Eine genaue Schätzung der Parameter des Gen-Umweltkomplexes einer Sämlingspopulation scheint aber vorläufig selbst unter sehr präzisen Versuchsbedingungen nicht möglich.

Darum gehen die Meinungen über den Wert der Einzelpflanzen für die Selektion noch weit auseinander. Einzelmerkmale oder Merkmalsgruppen, die als sichere Kriterien für den Ertrag einer Linie oder eines Klones gelten, konnten bisher nicht gefunden werden. Häufig spielt die Kombinationseignung eines Klones eine größere Rolle als seine individuelle Leistung. Aus der Heterosiszüchtung ist ja bekannt, daß aus der Kreuzung leistungsschwacher Inzuchtstämme eine ertragreiche Bastardgeneration hervorgehen kann. Erfreulicherweise gibt es auch eine Anzahl Hinweise dafür, daß individuelle Leistung und Kombinationswert übereinstimmen (HAYES u. JOHNSON, 1938 zit. HAYES u. IMMER, 1942; KEPPLER, 1940; JUNGFER, 1955; OSLER, WELLHAUSEN u. PALACIOS, 1958; DAVIS u. PANTON, 1960; PEACOCK u. WILSIE, 1960).

Inzucht und Klonung sind z. Z. die einzigen Methoden, genetische Unterschiede bei Einzelpflanzen aufzuzeigen, die stark durch Umwelteinflüsse modifiziert werden (FLEISCHMANN, 1926; HACKBARTH u. UFER, 1935; JUNGFER, 1955). Es ist jedoch praktisch undurchführbar, alle Pflanzen vegetativ zu vermehren oder mit allen den allgemeinen oder speziellen Kombinationstest durchzuführen. Dennoch muß zwecks Einengung des Zuchtmaterials versucht werden, die Plusvarianten von den übrigen so früh wie möglich zu trennen, selbst wenn die Chance, die richtigen Genotypen zu finden, wie in unseren Versuchen nur 1:3 ist. Unter Berücksichtigung des Entwicklungsrhythmus kann anhand der vorliegenden Untersuchungen an dem sehr heterogenen Material gefolgert werden, daß die im Ertrag schlechtesten Klone sowohl bei Glatthafer wie auch bei Rotklee besser zu charakterisieren sind als die leistungsstarken. Bei letzteren müssen wir zwischen Klonen unterscheiden, die in einem der beiden Prüfungsjahre besser oder schlechter abschneiden, und solchen, welche stets gute Leistungen erbringen. Für den Züchter erleichtert sich insofern die Arbeit, als er in der Regel die Formen außer acht läßt, die erst im zweiten Jahr ihr Leistungspotential entfalten. Beim Verpflanzen oder Verklonen der im Anzuchtjahr besten Sämlinge wird bereits im Pflanzjahr bei einem H-Wert von 0,36 (Hypothese „zufällig“) ein Drittel der ausgewählten Pflanzen einen geeigneten Genotyp aufweisen. Für den Zuchtaufbau erscheint es ratsam, diese Pflanzen zunächst zu Bestäubungs-

gruppen zusammenzustellen (unerwünschte Formen können vor der Blüte noch zurückgeschnitten werden), und anhand ihrer Kombinationseignung die endgültige Beurteilung vorzunehmen.

Aufgabe der nachfolgenden Arbeiten ist es, das Keimplasma zu einem Genpool zu vereinen, aus dem dann Sorten zu entwickeln sind, die bestimmten Anforderungen gerecht werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß bei möglichst geringer phänotypischer Varianz ein Höchstmaß an genetischer Varianz erhalten bleibt (KNAPP, 1958; SIMMONDS, 1961). Das richtige Verhältnis bestimmter Genotypen muß hier durch Testkreuzungen ermittelt werden.

Das Risiko, daß besonders leistungsstarke Formen durch die Umwelt maskiert werden und verloren gehen, ist nicht groß, da in einem rekurrenten Selektionszyklus immer wieder Möglichkeiten zu derartigen seltenen Kombinationen gegeben sind.

5. Zusammenfassung

1. Bei den perennierenden Futterpflanzen wird die erste Selektion gewöhnlich an Einzelpflanzen vorgenommen, die unter optimalen, konkurrenzfreien Bedingungen herangewachsen sind. Da die Leistung solcher Mutterpflanzen nur wenig mit den in Drillprüfungen ermittelten Erträgen der Tochtergeneration übereinstimmt, war zu untersuchen, ob eine bessere Korrelation zwischen der beiderseitigen Leistung erzielt werden kann, wenn die Elitepflanzen unter Verhältnissen ausgelesen werden, die den Anbaubedingungen der Nachkommenschaften entsprechen. Ferner war zu prüfen, wie sich einzelne Ertragsmerkmale unter variierenden Standweiten verhalten. Um Leitmerkmale für die Selektion zu finden, waren ferner die genetisch fixierten Teile von der Gesamtvariation zu schätzen.

2. Die Untersuchungen wurden an Rotklee- und Glatthafer-Klonpflanzen durchgeführt. Die Pflanzen wurden in Feldversuchen auf 40 × 40 cm, 20 × 20 cm und 20 × 10 cm weit gepflanzt, die Nachkommenschaften in 20 cm Reihenentfernung auf 1 m² großen Parzellen ausgesät.

3. Unter den verschiedenen Anbaubedingungen können trotz unterschiedlicher Konkurrenz in allen Aufwüchsen ertragreiche wie ertragarme, stark- wie schwachbestockte, hohe wie niedrige, großblättrige wie kleinblättrige, standfeste wie lagernde Klone gleich gut erkannt werden. Nur wenige Klone verbessern oder verschlechtern ihre Ertragsstruktur, wenn sie unter den Verhältnissen einer engen Pflanzung heranwachsen. Die Selektion solcher Korrelationsbrecher erübrigt sich aber, da es genügend ertragsstarke Pflanzen gibt, die weitgestellt Gleiches leisten wie in einer geschlossenen Pflanzprüfung.

4. Nach freier Abblüte sind die Muttereigenschaften in der Tochtergeneration in der Regel nicht wiederzuerkennen. Auch die Klone, die sich unter der schärferen Konkurrenz einer saattähnlichen Pflanzung anders verhalten haben als in der normalen Pflanzweite von 40 × 40 cm, spiegeln ihr Leistungspotential in der Tochtergeneration nicht besser wider als die übrigen.

5. Bei Glatthafer wurden für einzelne morphologische Merkmale und für den Ertrag die Selektionschancen geschätzt. Nach der Hypothese „zufällig“ ergeben sich für den Einzelpflanzenenertrag ($H = 0,36$)

und die Pflanzenhöhe ($H = 0,43$) noch Aussichten für den Erfolg einer Selektion. Die sich für die Züchtung ergebenden Konsequenzen werden besprochen.

Literatur

1. AHLGREN, H. L.: Some problems in testing selected strains of forage plants in pasture trials. *J. Am. Soc. Agron.* **36**, 1000–1001 (1944). — 2. AHLGREN, H. L., D. C. SMITH and E. L. NIELSEN: Behavior of various selections of Kentucky Bluegrass, *Poa pratensis* L., when grown as spaced plants and in mass seedlings. *J. Am. Soc. Agron.* **37**, 268–281 (1945). — 3. ÅKERBERG, E.: Aggressiveness and quality important characters in the appraisal of herbage species and varieties. *Ref. Pl. Br. Abstr.* **32**, 687 (1962). — 4. ALLARD, R. W.: Principles of plant breeding. New York-London: John Wiley & Sons, Inc. 1960. — 5. BECKER-DILLINGEN, J.: Handbuch des Hülsenfruchtbaues und Futterbaues. Berlin: Parey 1929. — 6. BROWN, R.: Some factors affecting the prevalence of white clover in grassland. *J. Am. Soc. Agron.* **31**, 322–332 (1939). — 7. BUTTENSCHÖN, H.: Genetisch-züchterische Untersuchungen an *Trif. resupinatum* unter Berücksichtigung der genetischen Ursachen der Selbststerilität. *Z. Pflanzenzüchtg.* **40**, 225–261 (1958). — 8. DAVIS, R. L.: An evaluation of S_1 and polycross progeny testing in alfalfa. *Agron. J.* **47**, 572–576 (1955). — 9. DAVIS, R. L., and C. PANTON: Measures of general and specific combining ability in alfalfa. *Ref. Pl. Br. Abstr.* **30**, 1216 (1960). — 10. ELLENBERG, H.: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber. dtsch. Bot. Ges.* **65**, 350–361 (1952). — 11. FEJER, S. O.: Selection for high and low productivity in perennial rye-grass (*Lolium perenne* L.) I. Heritability study of early generations. *New Zealand J. Res.* **3**, 764–771 (1960); *Ref. L. Z. II* 517 (1962). — 12. FLEISCHMANN, R.: Beitrag zur Züchtung der Ungarischen Luzerne. *Z. Pflanzenz.* **11**, 211 bis 240 (1926). — 13. FOCKE, R.: Über die Leistungsfähigkeit von Genotypen im Reinanbau u. in Populationen. *Der Züchter* **28**, 146–149 (1958); *Ref. L. Z. II* 1060 (1959). — 14. FRANKS, R. V., R. L. DAVIS and F. L. PATTERSON: The breeding behavior of yield and related variables in alfalfa. I. Replicated clonal plants. *Crop Sci.* **1**, 205–207 (1961). — 15. FÜSSEL: Die Reaktion der Sorte auf die Standweite. *Diss. Leipzig* 1924. — 16. GRISSOM, D. B., and R. R. KALTON: Inheritance of combining ability for forage traits in brome grass (*Bromus inermis* Leyss.). *Agron. J.* **48**, 289–293 (1956); *Ref. Pl. Br. Abstr.* **27**, 598 (1957). — 17. HACKBARTH, J., u. M. UFER: Züchterische Beobachtungen an Luzerneklonen. I. Einige züchterisch wichtige Korrelationskoeffizienten. *Der Züchter* **7**, 281–284 (1935). — 18. HANSON, A. A., and H. L. CARNAHAN: Breeding perennial forage grasses. *U. S. D. A. Techn. Bull.* **1145** (1956). — 19. HAWK, V. B.: Evaluation of clonal lines of *Bromus inermis* Leyss. through studies of their inbred and open-pollinated progenies. Ph. D. Thesis, Ames, Iowa, Iowa State College Library 1948. — 20. HAWK, V. B., and C. P. WILSIE: Parent-progeny yield relationships in brome grass, *Bromus inermis* Leyss. *Agron. J.* **44**, 112–118 (1952). — 21. HAYES, H. K., and F. R. IMMER: Methods of plant breeding. New York and London: Mac Graw-Hill Book Comp. 1942. — 22. HAYES, H. K., and H. L. THOMAS: A selection experiment with Kentucky Bluegrass. *J. Am. Soc. Agron.* **36**, 1001 (1944). — 23. HOWARD, H. W.: Crops and plant breeding. *J. roy. agric. Soc. Engl.* **118**, 119 bis 130 (1957). — 24. JOHNSON, I. J.: Effectiveness of recurrent selection for general combining ability in sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Agron. J.* **44**, 476–481 (1952). — 25. JOHNSON, I. J., and F. GOFORTH: Comparison of controlled mass selection and recurrent selection in sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Agron. J.* **45**, 535 bis 539 (1953). — 26. JULÉN, G.: Handb. d. Pflanzenz. **4**, 284 (1959). — 27. JUNGFER, E.: Kurztagbehandelte Klone in der Roggenzüchtung. *Züchter* **25**, 255–262 (1955). — 28. KAPPERT, H.: Biologisch-genetische und physiologische Grundlagen der Züchtung. Die natürliche Formenmannigfaltigkeit der Organismen. *Handb. d. Pflanzenzüchtung*, 2. Aufl. Bd. 1, 1–53 (1958). — 29. KEHR, W. R.: General and specific combining ability for four agronomic traits in a diallel series among six alfalfa clones. *Crop Sci.* **1**, 53–55 (1961). — 30. KEHR, W. R.,

- and C. W. GARDNER: Genetic variability in Ranger alfalfa. *Agron. J.* **52**, 41–44 (1960). — 31. KEPPLER, E.: Inzuchtleistung und Bastardierungseffekt beim Radies (*Raphanus sativus*). Diss. Berlin 1940. — 32. KEPPLER, E.: Über einige Probleme bei der Züchtung von Fremdbestäubern. Vortrag, Köln 1961. — 33. KEPPLER, E., und R. STEUCKARDT: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der individuellen Leistung von Luzerneklonen (*Medicago med. L.*) und ihren aus freier bzw. gelenkter Bestäubung hervorgegangenen Nachkommen. *Züchter* **32**, 59–71 (1962). — 34. KLAPP, E.: Heutige Probleme der Grünlandforschung und Grünlandbewirtschaftung. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau* **116**, 256 bis 288 (1963). — 35. KNAPP, E.: Zuchtmethoden bei zweijährigen Fremdbefruchtern. Vortrag, Göttingen 1958. — 36. KNAPP, R., und P. THYSEN: Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung von Heilpflanzen in Mischkulturen. *Ber. dtsch. bot. Ges.* **65**, 60–70 (1952). — 37. KNOWLES, R. P.: Studies of combining ability in bromegrass and crested wheatgrass. *Sci. Agron.* **30**, 275 bis 302 (1950). — 38. KRJUKOV, A. V.: Zur Methodik der Radieschenzüchtung (russ.). *Ref. L. Z. II*, **8**, 212 (1963). — 39. LAMPETER, W.: Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen in bezug auf Sproß- und Wurzelwachstum, Mineralstoffgehalt und Wasserverbrauch, untersucht an einigen wirtschaftlich wichtigen Futterpflanzen. *Wiss. Zeitschr., Leipzig*, **9** (1959/60). — 40. LAZENBY, A., and H. H. ROGERS: The evaluation of selection indices for yield in grass breeding. *Eighth Internat. Grassl. Congr. England* (1960); *Ref. Pl. Br. Abstr.* **32**, 684 (1962). — 41. LE ROY, H. L.: Statistische Methoden der Populationsgenetik. Basel und Stuttgart: Birkhäuser-Verlag 1960. — 42. MC. ALLISTER, D. R.: The combining ability of selected alfalfa clones as related to the self-fertility of the clones, their F_1 and F_2 progenies. *Iowa State Coll. J. of Sci.* **25**, 283–284 (1952). — 43. MC. DONALD, E. D., R. R. KALTON and M. G. WEISS: Interrelationships and relative variability among S_1 and open pollination progenies of selected Bromegrass clones. *Agron. J.* **44**, 20–25 (1952). — 44. MURPHEY, R. P.: Comparison of different types of progeny in evaluating breeding behavior. *Sixth Internat. Grassland Congress* 320–326 (1952). — 45. NEWELL, L. C., and S. A. EBERHART: Clone and progeny evaluation in the improvement of switchgrass, *Panicum virgatum* L. *Crop Sci.* **1**, 117–121 (1961). — 46. NISSEN, O.: Testing hay varieties of grasses as spaced plants in a pure stand or in a mixture with a legume. *Eighth Internat. Grassland Congress England* (1960); *Ref. Pl. Br. Abstr.* **32**, 685 (1962). — 47. NÜESCH, B. E.: Untersuchungen an Rotklee-Populationen im Hinblick auf die züchterische Verbesserung des Mattenklee. *Landw. Jb. Schweiz* **74**, 305–407 (1960). — 48. OLDMEYER, D. L., and A. A. HANSEN: Evaluation of combining ability in orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Agron. J.* **47**, 158–162 (1955). — 49. OSLER, R. D., E. J. WELLHAUSEN and PALACIOS: Effect of visual selection during inbreeding upon combining ability in corn. *Agron. J.* **50**, 45–48 (1958). — 50. PEACOCK, H. A., and C. P. WILSIE: Selection for vegetative vigor and seed setting in Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Agron. J.* **52**, 321 bis 324 (1960). — 51. SAULESCU, N.: Beitrag zur Gräserzüchtung. *Abstr. Plenary and sectional Pap. Fourth Internat. Grassland Congr.* 53–54 (1937). — 52. SCHRÖCK, O.: Untersuchungen über die Möglichkeit der Verwendung der Korrelationen in der Züchtung der Luzerne auf Eiweißreichtum. *Der Züchter* **14**, 234–240 (1942). — 53. SCHUMANN, G.: Bewurzelungsversuche an Rotklee-sproßstecklingen mit β -Indolylessigsäure und 2,4 Dichlorphenoxyessigsäure. *Angew. Bot.* **38**, 133–137 (1964). — 54. SIMMONDS, N. W.: Mating systems and the breeding of perennial crops. *Advancement of Sci.* **18**, 183–186 (1961). — 55. THOMAS, H. L., and H. K. HAYES: A selection experiment with Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L. *J. Amer. Soc. Agron.* **39**, 192–197 (1947). — 56. TYSDAL, H. M., and B. H. CRANDALL: The polycross progeny performance as an index of the combining ability of alfalfa clones. *J. Am. Soc. Agron.* **40**, 293–306 (1948). — 57. WELLENSIEK, S. J.: The theoretical basis of the polycross test. *Euphytica* **1**, 15–19 (1952). — 58. WEBBER, H. J., T. F. HUNT, J. W. GILMORE, C. F. CLARK and S. FRASER: The production of new and improved varieties of timothy. *N. Y. Cornell, Agr. Expt. Stat. Bulletin* **313**, 337–391 (1912). — 59. WEISS, M. G., L. H. TAYLOR and I. J. JOHNSON: Correlations of breeding behavior with clonal performance of Orchardgrass plants. *Agron. J.* **43**, 594–601 (1951). — 60. WILSIE, C. P.: Evaluation of grass-legume associations with emphasis on the yields of Bromegrass varieties. *Agron. J.* **41**, 412–420 (1949). — 61. WRIGHT, C. E.: The introduction of an associated legume at the progeny testing stage in perennial ryegrass breeding. *Eighth International Grassland Congr., England* (1960). — 62. ZIMMERMANN, K. F.: Moderne Methoden in der Gräserzüchtung. *Der Züchter* **24**, 33–39 (1954).

Für die umfangreichen Untersuchungen zu dieser Arbeit sei an dieser Stelle Frä. LUCIE CHRIST mein Dank ausgesprochen.

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Dornburg/Saale der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Pollensammelnde Honigbienen (*Apis mellifica*) als wirksame Bestäuber bei der Züchtung und im Samenbau von Luzerne, Rotklee und Ackerbohnen*

Von R. STEUCKARDT

Mit 3 Abbildungen und 2 Darstellungen

Der Einsatz von Honigbienen für Kreuzungsarbeiten ist in neuerer Zeit wiederholt beschrieben worden. Bei Luzerne konnten beispielsweise diallele Kreuzungen durch Bienen-Kleinvölker ausgeführt werden und dadurch aufwendige Handkreuzungen entfallen (STEUCKARDT 1963, HANSON et al. 1964). Auch das Aufstellen von Bienenvölkern in Polycrossanlagen, um dadurch intensivere Kreuzbestäubung herbeizuführen, wird heute von den Züchtern häufiger angewendet. Die Wirksamkeit von Honigbienen im Samenbau dagegen ist noch umstritten. In den Ver-

mehrungsgebieten der USA sind sowohl pollensammelnde als auch nektarsammelnde Bienen wirksame Bestäuber (LINSLEY 1946). In Mittel- und Nordeuropa ist Luzernesamenbau in starkem Maße von der Witterung abhängig. Hier wird der Einsatz von Wandervölkern für die Bestäubung als Sicherungsfaktor empfohlen, wobei man sich hauptsächlich auf nektarsammelnde Bienen stützen muß (ÅKERBERG und LESINS 1946, PETERSEN 1954, STEUCKARDT 1962).

In der Rotkleezüchtung wurden ebenfalls Bienenvölker für Kreuzungsarbeiten erfolgreich verwendet (SCHWEIGER 1960). Größere Diskussionen hat es jedoch über

* Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. G. BECKER zum 60. Geburtstag gewidmet.