

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Bernburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über den Samenansatz ausländischer Luzernesorten in Beziehung zur Befruchtungsform und einigen morphologischen Merkmalen*

Von JOACHIM SPANIER

In den mittel- und nordeuropäischen Ländern, in denen ein umfangreicher Luzernebau betrieben wird, stehen Pflanzenzüchtung und Samenbau vor außerordentlich großen Schwierigkeiten, da infolge der besonderen Bestäubungsverhältnisse dieser Futterpflanze Selbst- und Fremdbefruchtung bei freiem Abblühen gleichzeitig auftreten. Das Ausmaß, in welchem dies geschieht, ist unbekannt. Zwar sind darüber schon viele Untersuchungen angestellt worden, doch führten diese nicht zu einheitlichen Ergebnissen. Nach wie vor ist daher die Frage ungeklärt, ob die Luzerne, vor allem im Hinblick auf Zuchtmethoden und Zuchtziele, als Selbst- oder Fremdbefruchter zu betrachten ist.

Einen Anhaltspunkt dafür, welche Befruchtungsart in den einzelnen Jahren und an den jeweiligen Orten vorherrschte, kann die durchschnittliche Anzahl Samen je Hülse geben. Sind weniger als 3 Körner gebildet worden, dann ist mit einiger Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß Selbstbefruchtung dominierte, wohingegen bei einer größeren Anzahl mit Fremdbefruchtung gerechnet werden kann (LESINŠ 1961, MØLLER NIELSEN 1958, PHARIS und UNRAU 1953, WHITE 1949, ZALESKI 1957).

Die Anzahl Samen je Hülse hat außerdem nach Untersuchungen von MANNER (1958), MØLLER NIELSEN (1958) und RAUSCH (1962) wesentlichen Anteil am Samenertrag einer Pflanze. Eine konsequente Auslese auf viele Samen pro Hülse müßte deshalb, weil dieses Merkmal — in Abhängigkeit von der Befruchtungsart — genetisch bedingt zu sein scheint (RAUSCH 1962), zu einer Verbesserung der Samenertragsfähigkeit führen. Dazu ist eine genügend große Variabilität dieses Merkmals erforderlich, die jedoch bei vorwiegender Selbstbefruchtung fehlt.

Bei Untersuchungen an deutschen Sorten (JANY 1962, KETTNER 1962) und deutschem Zuchtmaterial (RAUSCH 1962, unveröffentlichte eigene Untersuchungen) konnten im Durchschnitt nur bis zu 3 Samen je Hülse bei freiem Abblühen gefunden werden. Demnach muß angenommen werden, daß unter den hiesigen Verhältnissen infolge Fehlens bestäubender Insekten vorwiegend Selbstbefruchtung vorherrscht, die durch bewußte oder unbewußte Auslesen auf eine hohe Selbstbefruchtungsrate gefördert wurde. Es ist aber ebenso gut denkbar, daß dieses Material nur ein geringes Samenbildungspotential der Früchte aufweist.

Ausländische Sorten, besonders solche, die aus Gebieten mit ausreichenden Mengen sicherer Bestäuber stammen, müßten beim Anbau unter unseren Bedingungen im Samenansatz versagen, wenn hier tatsächlich Selbstbefruchtung überwiegt und die Sorten nur eine geringe Selbstfertilität aufweisen.

Die wirkliche Samenbildung fremder Sorten, die Beziehungen einzelner Faktoren zum Samenertrag und Hinweise auf die Befruchtungsform stellen den Inhalt dieser Arbeit dar.

Die Untersuchungsergebnisse sind nur einjährig, und es war ursprünglich nicht beabsichtigt, sie zu veröffentlichen. Wenn dies nun trotzdem geschieht, dann vor allen Dingen deswegen, weil alle Sorten bezüglich des Samenansatzes bei freiem Abblühen und künstlicher Selbstung eine in dieser Höhe unerwartete Übereinstimmung gezeigt haben und weil eine nochmalige Untersuchung der Samenansatzverhältnisse infolge Umbruchs des Bestandes nicht möglich ist.

Material und Methode

Im Jahre 1960 sind von nachstehend aufgeführten Sorten und Herkünften (im folgenden als „Sorten“ bezeichnet) je 2–3000 Einzelpflanzen im Abstand von 50 × 30 cm ausgepflanzt worden: 'Ranger', 'Vernal', 'Atlantik' und 'Ladak' aus den USA; 'Flamande', 'Socheville', 'FD 100', 'Du Puits' und 'Flandria' aus Nordfrankreich, 'Eynsford' aus England und 'Ovari' aus Ungarn.

Alle Pflanzen einer Sorte standen zusammen in einem Block und waren von den anderen Sorten durch 1 m breite Wege getrennt. Fremdbefruchtungen mußten somit im wesentlichen innerhalb der einzelnen Sorten erfolgen. Material deutscher Sorten war aus Gründen der Isolierung in dieser Anlage nicht enthalten.

Im Sommer 1962 wurde von jeder Sorte eine kleinere Anzahl Einzelpflanzen mit guter Wüchsigkeit ausgelesen und davon im zweiten Aufwuchs Samen geerntet. Alle Pflanzen, auch die nicht ausgelesenen, blühten gemeinsam ab. An jeder der selektierten Einzelpflanzen sind bei Blühbeginn 10 Trauben in Pergamintüten eingeschlossen und die Blüten dieser Trauben künstlich ausgelöst worden. Alle dadurch entwickelten Hülsen wurden einzeln geerntet und ihre Samenzahl bestimmt. Als Vergleich dazu sind von den nach freiem Abblühen angesetzten Hülsen jeder Einzelpflanze ebenfalls 50 Stück entnommen und untersucht worden. Dann erfolgte die Trennung der Samen dieser Hülsen in volle und Schmachtkörner, da sowohl die mögliche Samenzahl je Hülse — unabhängig von der Qualität der Körner — ermittelt, als auch die mittlere Anzahl Samen je Hülse zum Samenertrag der einzelnen Pflanzen in Beziehung gesetzt werden sollte.

Von jeder Einzelpflanze sind außerdem Stengel-länge und -zahl festgestellt worden, um auch den Einfluß dieser Faktoren auf den Samenertrag zu prüfen. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach der bei MUDRA (1958) angegebenen Formel von BRAVAIS berechnet.

* Herrn Prof. Dr. OBERDORF zum 65. Geburtstag gewidmet.

Tabelle 1. Mittelwerte für den Samenansatz bei freiem Abblühen und künstlicher Selbstung und für Samenertrag, Länge und Stengelzahl von Luzerneeinzelpflanzen.

Sorte	Anzahl Epflz.	Samenzahl je Hülse bei freiem Abblühen			Künstliche Selbstung				Einzelpflanzen		
		Volle Körner Stck.	Schmacht- körner Stck.	Volle und Schmacht- körner Stck.	Anzahl Hülsen in % zu ausgel. Blüten %	Samen je Hülse Stck.	Samen je ausgel. Blüten Stck.	Anteil leerer Hülsen %	Samen- ertrag g	Länge cm	Stengel- zahl Stck.
Ranger	23	3,8	0,7	4,5	40,0	2,3	0,9	8,3	8,6	87	58,7
Vernal	57	4,8	0,6	5,4	42,5	2,6	1,0	5,8	19,3	96	48,5
Atlantik	32	4,4	0,5	5,0	33,2	2,0	0,7	5,2	11,0	95	50,0
Ladak	41	4,4	0,4	4,8	36,8	1,9	0,8	6,0	16,7	94	56,3
Flamande	70	5,1	0,5	5,6	29,2	1,8	0,5	4,7	14,7	104	33,3
Socheville	36	5,3	0,3	5,6	36,1	2,1	0,7	1,9	16,8	101	39,7
FD 100	32	5,4	0,6	6,0	28,3	2,0	0,5	6,9	16,9	107	39,4
Du Puits	95	4,8	0,8	5,4	31,5	2,1	0,6	5,5	16,6	108	46,9
Flandria	49	4,8	0,5	5,3	31,5	2,2	0,7	4,0	19,9	101	46,9
Eynsford	61	5,0	0,5	5,4	31,4	1,9	0,5	4,5	16,3	112	25,9
Ovari	31	4,6	0,8	5,5	28,0	2,3	0,5	7,3	11,8	93	41,7

Ergebnisse

Samenzahl je Hülse

Die Sorten hatten bei freiem Abblühen durchschnittlich zwischen 4,5 und 6,0 Samen pro Hülse entwickelt (Tab. 1). In dieser Zahl sind auch die Schmachtkörner enthalten, welche mit 0,3 bis 0,8 Stück nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtkornzahl darstellen. Das bedeutet, daß auch bei Außerachtlassung der Schmachtkörner durchschnittlich weit mehr als 3 Samen (3,8—5,4) pro Hülse vorhanden waren und somit angenommen werden kann, daß das von den untersuchten Einzelpflanzen geerntete Saatgut in der Hauptsache durch Fremdbefruchtung entstanden ist.

Diese Annahme wird dadurch bekräftigt, daß sich nach künstlicher Selbstung in den Hülsen im Durchschnitt nur 1,8 bis 2,6 Samen bildeten. Bemerkenswert ist die große Übereinstimmung der Mittelwerte aller Sorten sowohl bei freiem Abblühen als auch bei künstlicher Selbstung.

Ein Vergleich der Variationskoeffizienten der Kornzahl nach freiem Abblühen und künstlicher Selbstung läßt erkennen, daß die Werte aus freiem Abblühen kleiner sind als die aus künstlicher Selbstung, denn erstere schwanken mit einer Ausnahme nur von 13,4 bis 27,8%, während letztere zwischen 24,1 und 61,7 liegen (Tab. 2). Die Ausnahme bildet die Sorte 'Vernal', unter deren selektierten Einzelpflanzen sich einige mit sehr vielen Körnern in den Hülsen befanden. Die höchste Anzahl erreichte die Pflanze Nr. 8 mit 11,8 Samen, von denen allerdings 6,4 Schmachtkörner waren. Trotzdem hatte sie einen Samenertrag von 28,2 g.

Die Variationsbreiten dieses Merkmals für alle Sorten sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt. Daran fällt auf, daß 6 der 11 Sorten nach freiem Abblühen auch Pflanzen mit weniger als 3 Samen in der Hülse enthielten. In den meisten Fällen waren dies nur 1—2 Pflanzen, lediglich bei der Sorte 'Du Puits' erhöhte sich ihre Anzahl auf 4. Nach künstlicher Selbstung zeigte sich ein umgekehrtes Verhalten. Ausnahmslos alle Sorten wiesen auch Pflanzen mit mehr als 3 Samen pro Hülse auf. In der Regel waren es 2—5, aber in der Sorte 'Vernal' wurden 17 solcher Pflanzen gefunden. Ob dafür fehlerhafte Isolierungen verantwortlich zu machen sind, kann nicht gesagt

werden. Dies ist jedoch ziemlich unwahrscheinlich, denn dafür ist ihre Zahl zu groß und außerdem wurde bei den Selbstungen mit größter Sorgfalt gearbeitet. Möglicherweise haben manche Pflanzen die Fähigkeit, bei Selbstbefruchtung eine größere Anzahl Samen je Hülse zu entwickeln, als das normalerweise der Fall ist.

Die Variationsbreiten können über die Verteilung der Einzelpflanzenwerte wenig Auskunft geben. So geht daraus auch nicht hervor, daß in jeder Sorte nach freiem Abblühen eine beachtliche Anzahl Pflanzen durchschnittlich 6—7 Samen je Hülse aufwies. Diese zeigen aber gerade, daß es möglich ist, aus jeder Sorte Einzelpflanzen mit einer hohen Kornzahl je Hülse auszulesen.

Die Beziehungen zwischen der Samenzahl je Hülse bei freiem Abblühen und bei künstlicher Selbstung waren sehr gering. Brauchbare Korrelationskoeffizienten ließen sich nur für die Sorten 'Ladak' (+0,3836⁺) und 'Ovari' (+0,4306⁺) errechnen. Die entsprechenden Werte für die übrigen Sorten liegen zwischen -0,2877 und +0,2028.

Ansatz nach künstlicher Selbstung (Grad der Selbstfertilität)

Die Höhe der Selbstfertilität kann entweder durch den Hülsen- oder den Samenansatz nach künstlicher Auslösung isolierter Blüten ermittelt werden. Im ersten Fall bezeichnet der in Prozent zur Anzahl ausgelöster Blüten ausgedrückte Anteil entwickelter Hülsen den Grad der Selbstfertilität. Dieser schwankt bei 9 der untersuchten Sorten durchschnittlich von 28,0 bis 36,8% (vgl. Tab. 1). Die Durchschnittswerte der beiden übrigen Sorten 'Ranger' und 'Vernal' betragen 40,0 bzw. 42,5% und stellen die höchsten Hülsenanteile dar. Das ist an und für sich nichts Besonderes, denn die Differenzen zu den übrigen Sorten mit höheren Werten sind auch nicht größer als die aller Sorten untereinander. Aber die Sorte 'Ranger' hat mit 8,6 g den schlechtesten mittleren Einzelpflanzensamenertrag, während die Sorte 'Vernal' mit 19,3 g zu den beiden besten Sorten gehört. Innerhalb der Sorten schwankte der Hülsenansatz zwischen 0,0 und 11,0% im Minimum und zwischen 49,4 und 87,1% im Maximum. Entsprechend hoch, aber relativ einheitlich sind die Variationskoeffizienten, die sich zwischen 41,0 und 63,6% bewegen.

Tabelle 2. Variation der Einzelwerte innerhalb der untersuchten Sorten und deren Variationskoeffizienten.
(VB = hier Minima und Maxima aller Werte)

Sorte	frei abgeblüht				künstlich gesalzt								Einzelpflanzen				Stengelzahl Stück	
	Samen je Hülse (volle und Schmactkörner)		Schmactkörner je Hülse Stück		Hülsen in % aus- gelöster Blüten		Samen je Hülse		Samenzahl je aus- gelöste Blüte Stück		Anteil leerer Hülsen %		Samenertrag g		Länge cm			
	VB	s%	VB	s%	VB	s%	VB	s%	VB	s%	VB	s%	VB	s%	VB	s%		
Ranger	2,1- 6,6	27,8	0,1-1,4	55,4	11,0-72,0	41,0	1,1-3,3	27,6	0,1-2,3	63,5	0,0-23,1	82,3	2,9-18,5	54,9	80-115	45,6	18-103	58,6
Vernal	3,0-11,9	78,1	0,1-6,4	131,7	10,7-86,3	50,2	1,2-4,5	32,4	0,1-3,0	71,6	0,0-25,0	98,3	0,9-54,6	54,4	80-110	86,5	21- 87	36,2
Atlantik	1,5- 7,2	27,0	0,0-1,6	72,2	0,0-87,1	60,7	0,0-3,1	37,8	0,0-1,3	75,4	0,0-33,3	161,9	0,1-22,6	52,2	75-115	21,1	30- 96	33,0
Ladak	1,8- 6,8	22,5	0,1-2,3	92,7	1,3-73,0	43,5	0,0-3,8	43,5	0,0-2,5	72,8	0,0-27,3	102,0	2,4-43,0	63,4	70-125	36,2	28-104	34,1
Flamande	2,9- 7,9	13,7	0,1-1,5	69,6	3,6-65,4	54,3	1,1-4,3	43,3	0,1-2,2	77,5	0,0-33,3	108,3	2,4-41,2	47,1	80-140	37,5	11- 76	39,5
Socheville	2,3- 7,2	18,3	0,1-1,0	80,6	4,3-64,2	61,1	1,3-3,1	24,1	0,0-1,4	69,5	0,0-11,1	95,8	1,2-56,1	61,6	80-125	28,7	14- 76	42,0
FD 100	3,2- 9,0	21,1	0,1-1,4	51,8	9,8-49,4	49,3	1,4-3,4	61,7	0,1-1,3	62,5	0,0-21,4	96,7	2,2-49,2	65,6	85-130	25,2	19-108	45,3
Du Puits	2,4- 9,4	22,1	0,1-2,2	76,6	1,9-82,2	63,4	0,0-6,0	42,0	0,0-2,6	89,8	0,0-32,1	165,6	3,1-46,8	29,6	70-140	13,9	9-112	47,4
Flandria	3,8- 6,7	15,4	0,1-1,5	63,8	1,3-68,1	61,2	1,1-4,0	31,1	0,0-2,4	88,1	0,0-12,9	101,4	1,7-45,6	59,9	70-135	19,8	10-105	14,0
Eynsford	1,9- 7,2	13,4	0,1-2,6	81,3	1,4-80,0	60,4	0,4-4,5	38,8	0,1-1,5	115,2	0,0-28,6	161,8	1,0-49,2	43,4	100-135	33,0	10- 70	40,9
Ovari	3,8- 8,9	23,8	0,1-4,1	92,3	3,4-75,8	63,6	1,0-6,5	55,8	0,1-1,0	74,5	0,0-33,3	122,6	1,6-26,6	67,3	70-115	65,6	24-101	38,7

Tabelle 3. Korrelationskoeffizienten zwischen dem Samensatz nach freiem Abblühen und nach Selbstertrag.

Beziehungen	Sorten	Ranger	Vernal	Atlantik	Ladak	Flamande	Socheville	FD 100	Du Puits	Flandria	Eynsford	Ovari
Einzelpflanzenamen- ertrag												
Samenzahl/Hülse bei freiem Abblühen		+0,4524*	+0,2866*	+0,3569	+0,0750	+0,0218	+0,0281	+0,4359*	+0,7245***	+0,2470	+0,5507***	+0,5180**
Hülsenansatz bei Selbst- befruchtung		+0,0804	+0,0602	+0,4993**	+0,3607*	+0,1904	+0,7227***	+0,3449	+0,0721	+0,2936	+0,9645***	+0,2237
Stängelzahl		+0,0759	+0,2492	+0,0341	+0,0853	+0,0640	+0,2749	+0,1367	+0,3865***	+0,5226***	+0,6795***	-0,2677
Stengellänge		+0,0641	+0,0790	+0,3880*	+0,2200	+0,0058	+0,1842	+0,7981***	+0,6592***	+0,5956***	-0,0254	+0,1388
Samenzahl/Hülse bei Selbstbefruchtung												
Samenzahl/Hülse bei freiem Abblühen		+0,1164	+0,2028	+0,1312	+0,3836*	-0,2877-	+0,1372	+0,0308	+0,1557	-0,0137	+0,1175	+0,4306*
Hülsenansatz bei Selbst- befruchtung		+0,0647	+0,4104**	+0,2261	+0,2134	+0,0126	+0,5887***	+0,1493	+0,1272	+0,1174	+0,0103	+0,3014

* bzw. - = P₅%. ** = P₁%. *** = P_{0,1}%.

Die Untersuchungen haben weiterhin ergeben, daß ein Teil der bei Selbstung angesetzten Hülsen leer war. Ihr durchschnittlicher Anteil schwankte zwischen 1,9 und 8,3% (vgl. Tab. 1).

Auch innerhalb der Sorten gab es nur relativ geringe Schwankungen. Die Minima waren in allen Fällen gleich Null (vgl. Tab. 2), während die Maxima mit Ausnahme derjenigen für die Sorten 'Socheville' (11,1%) und 'Flandria' (12,1%) zwischen 21,4 und 33,3% betrugen.

Dagegen war der Anteil Einzelpflanzen, die nach Selbstung keine leeren Hülsen besaßen, sortenweise sehr unterschiedlich, wie nachfolgende Aufstellung zeigt:

Ranger	31,7%	FD 100	16,7%
Vernal	22,9%	Du Puits	32,2%
Atlantik	53,1%	Flandria	40,9%
Ladak	31,6%	Eynsford	50,0%
Flamande	36,4%	Ovari	30,8%
Socheville	58,8%		

Die ermittelten Werte lassen sich zwar nicht verallgemeinern, aber sie weisen doch darauf hin, daß der Hülsenansatz nach Selbstung nur mit Vorbehalt zur Beurteilung der Höhe der Selbstfertilität einer Pflanze geeignet ist.

Die zweite Möglichkeit, den Grad der Selbstfertilität zu erfassen, besteht darin, die Anzahl Samen je ausgelöste Blüte zu ermitteln. Ihre Durchschnitte im Untersuchungsmaterial sind gering. Aber die Schwankungen zwischen den Sorten reichen von 0,5 bis 1,0 (Tab. 1). Wiederum sind die Zahlen für die Sorten 'Ranger' (0,9) und 'Vernal' (1,0) fast gleich und am höchsten von allen Sorten. Innerhalb derselben war die Variabilität zum Teil erheblich. Das beweisen nicht nur die hohen Variationskoeffizienten, die zwischen 62,5 und 89,8 (115,2%) liegen, sondern auch die Tatsache, daß bei 6 Sorten Einzelpflanzen mit mehr als 2 Samen (2,2 bis 3,0) je ausgelöste Blüte gefunden wurden (vgl. Tab. 2). Es befanden sich aber auch unter allen Sorten solche Einzelpflanzen, die 0,0 bis 0,1 Samen je künstlich ausgelöste Blüte gebildet hatten, also praktisch selbststeril waren.

Der Samenansatz je Hülse ist bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben worden. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Samenzahl je Hülse und Hülsenansatz bei Selbstbefruchtung sind für alle Sorten mit Ausnahme von dreien sehr gering und schwanken zwischen +0,0103 und +0,2261 (Tab. 3). Die Ausnahmen sind die Sorten 'Vernal' (+0,4104⁺⁺), 'Socheville' (+0,5887⁺⁺⁺) und 'Ovari' (+0,3014).

Die Samenerträge von Einzelpflanzen

Die durchschnittlichen Samenerträge der Sorten zeigen große Unterschiede (vgl. Tab. 1). Außer der bereits genannten Sorte 'Ranger' (8,6 g) hatten auch die Sorten 'Atlantik' mit 11,0 g und 'Ovari' mit 11,8 g sehr geringe Erträge aufzuweisen. Dagegen waren die Sorten 'Vernal' mit 19,3 g und 'Flandria' mit 19,9 g Samen je Einzelpflanze sehr gut. 'Flamande' hatte einen Durchschnittsertrag von 14,7 g und die übrigen Sorten solche von 16,3 bis 16,9 g.

Noch größer war die Variabilität innerhalb der Sorten. Die geringsten Einzelpflanzenenerträge betrugen bei allen Sorten zwischen 0,1 und 3,1 g, und die höchsten zwischen 43,0 und 56,1 g (Tab. 2). In den Höchstwerten sind die drei schlechtesten Sorten nicht

enthalten. Ihre Maxima betrugen nur 18,5 bzw. 22,6 und 26,6 g. Die Variationskoeffizienten schwanken zwischen 43,4 und 67,3%, nur die Sorte 'Du Puits' hatte mit 29,6% einen außergewöhnlich niedrigen Wert.

Um zu prüfen, ob zwischen der Samenzahl je Hülse bei freiem Abblühen und dem Samenertrag der untersuchten Pflanzen Beziehungen bestehen, wurden die Korrelationskoeffizienten zwischen diesen Merkmalen für alle Sorten errechnet. Sie sind ebenfalls in Tabelle 3 aufgeführt worden und weisen sortenweise erhebliche Unterschiede auf. Höhere Werte ergaben die Sorten 'FD 100' (+0,4359⁺), 'Ranger' (+0,4524⁺), 'Du Puits' (+0,7245⁺⁺⁺), 'Eynsford' (+0,5507⁺⁺⁺) und 'Ovari' (+0,5180⁺⁺). Dagegen haben 'Ladak' (+0,0750), 'Flamande' (+0,0218) und 'Socheville' (+0,0281) sehr kleine Koeffizienten. Die der restlichen Sorten 'Vernal', 'Atlantik' und 'Flandria' liegen dazwischen. Die hohen Werte waren kleiner als die von MÖLLER NIELSEN (1958) ermittelten, entsprechen aber denen, die RAUSCH (1962) errechnet hatte. Erstaunlich sind die großen Schwankungen von Sorte zu Sorte, die nur durch die Ergebnisse von MANNER (1958) andeutungsweise bestätigt werden können. MANNER erhielt für wild gesammeltes einheimisches Material einen Korrelationskoeffizienten von +0,5260 und für die Sorte 'Grimm' einen solchen von +0,3069.

Die Selektion von Pflanzen mit hoher Samenzahl je Hülse nach freiem Abblühen zwecks Verbesserung des Samenertrages würde bei dem behandelten Material nur bei einigen Sorten zu einem gewissen Erfolg führen, bei anderen jedoch nicht. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die hohen Korrelationskoeffizienten an Zuchtsorten ermittelt wurden, so daß hier möglicherweise ein Züchtungseffekt vorliegt.

Auch zwischen dem Samenertrag und dem Hülsenansatz nach Selbstbefruchtung konnte keine allgemeine Tendenz gefunden werden, denn die Korrelationskoeffizienten sind ebenfalls sortenweise sehr verschieden (Tab. 3). Neben den hohen Werten der Sorten 'Socheville' (+0,7227⁺⁺⁺) und 'Eynsford' (+0,9645⁺⁺⁺) und den etwas kleineren der Sorten 'Atlantik' (+0,4993⁺⁺), 'Ladak' (+0,3607⁺) und 'FD 100' (+0,3449) wurden für die übrigen Sorten Werte zwischen +0,0602 und +0,2936 errechnet. Somit scheint bei einigen Sorten ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Selbstbefruchtung und dem Samenertrag zu bestehen, bei anderen wieder nicht.

Bei einem sortenweisen Vergleich der beiden eben genannten Korrelationskoeffizienten fällt auf, daß ihre Größe bei einigen Sorten wie 'Atlantik', 'Flamande', 'FD 100', 'Flandria' und 'Eynsford' sehr gut übereinstimmt, während dies bei den anderen Sorten überhaupt nicht der Fall ist.

Die Variabilität der Stengelzahl und Stengellänge von Einzelpflanzen und ihr Einfluß auf den Samenertrag

Sowohl die Stengelzahl als auch die Stengellänge von Einzelpflanzen sind sehr variable Eigenschaften. Erstere gibt Auskunft über die Bestockung derselben, letztere über ihre Wuchshöhe. Wie aus den in Tabelle 1 aufgeführten Werten hervorgeht, bestehen in der durchschnittlichen Stengellänge erhebliche Unterschiede zwischen den Sorten. Es zeichnen sich

aber deutlich zwei Gruppen ab. Die eine umfaßt alle Sorten mit einer Wuchshöhe unter einem Meter, die andere solche mit einer Wuchshöhe von mehr als einem Meter. Zur ersten Gruppe gehören die Sorten 'Ranger', 'Vernal', 'Atlantik', 'Ladak' und 'Ovari', also alle amerikanischen und die ungarische Sorte. Von diesen hat 'Ranger' mit 87 cm die kleinste mittlere Wuchshöhe, während sie bei den anderen Sorten zwischen 93 und 96 cm beträgt. Zur zweiten Gruppe gehören alle nordfranzösischen Sorten und 'Eynsford', die diesen im Wuchstyp sehr ähnlich ist. Ihre Mittelwerte schwanken zwischen 101 und 112 cm. Der höchste Wert hebt sich von den anderen etwas ab, er gehört zur Sorte 'Eynsford', die damit die größte mittlere Wuchshöhe aller untersuchten Sorten aufweist. Das kommt auch in der Variabilität der Einzelwerte zum Ausdruck (vgl. Tab. 2). Die Minima aller Sorten liegen zwischen 70 und 85 cm, nur für 'Eynsford' betrug die kleinste Wuchshöhe 100 cm. Die Maxima schwanken zwischen 110 und 140 cm. Beziehungen zu einer bestimmten Gruppe von Sorten sind allerdings nicht mehr zu erkennen, dafür weisen die Variationskoeffizienten größere Schwankungen auf, denn sie liegen zwischen 13,9 und 86,5%.

Eine große Variabilität zeigen auch die je Pflanze gebildeten Stengel. Aus den Durchschnittszahlen für die Sorten (Tab. 1) geht das nicht so deutlich hervor, denn diese Werte liegen zwischen 25,9 und 58,7 Stück, wobei die 25,9 Stengel der Sorte 'Eynsford' mit Abstand den kleinsten Durchschnittswert darstellen. Die Variationsbreite der Einzelwerte vermittelt einen besseren Überblick. Die Minima bewegen sich zwischen 9 und 24 Stück, während als Maxima 70 bis 112 Stengel ermittelt wurden. Die Variationskoeffizienten schwanken zwischen 14,0 und 58,6%.

Bei einer so großen Variabilität dieser beiden Merkmale muß vermutet werden, daß sie auch einen Einfluß auf den Samenertrag der Pflanzen haben, indem sowohl bei einer größeren Stengelzahl als auch bei einer größeren Stengellänge die Anzahl entwickelter Blütentrauben und Einzelblüten sich erhöht. Um zu prüfen, ob sich Anhaltspunkte für eine solche Vermutung zeigen, sind die entsprechenden Korrelationen berechnet worden.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen Einzelpflanzensamenertrag und Stengelzahl je Einzelpflanze zeigen genau solche Schwankungen von Sorte zu Sorte, wie die der anderen Korrelationen (vgl. Tab. 3). Signifikante Werte ergaben sich für die Sorten 'Flandria' (+0,5226⁺⁺⁺), 'Eynsford', (+0,6795⁺⁺⁺) und 'Du Puits' (+0,3865⁺⁺). Die Korrelationskoeffizienten der übrigen Sorten sind unbedeutend, sie betragen zwischen -0,2677 ('Ovari') und +0,2749, und enthalten 4 Werte, die kleiner sind als +0,1.

Das gleiche trifft für die Beziehung des Samenertrages zur Stengellänge zu. Von den 11 Sorten haben 4 eine signifikante Korrelation, nämlich 'Atlantik' (+0,3880⁺), 'FD 100' (+0,7981⁺⁺⁺), 'Du Puits' (+0,6592⁺⁺⁺) und 'Flandria' (+0,5956⁺⁺⁺). Für die übrigen Sorten wurden Korrelationskoeffizienten zwischen -0,0254 und +0,2200 ermittelt.

Bei einem Vergleich der beiden Korrelationsgruppen fallen nur 2 Sorten auf, die in beiden Fällen signifikante Werte aufweisen, die Sorten 'Du Puits' und 'Flandria'. Es sind noch einige andere Sorten mit ebenfalls in beiden Fällen ähnlichen Korrelations-

koeffizienten dabei, die jedoch nur jeweils sehr kleine Werte haben, wie z. B. 'Ranger', 'Flamande' und 'Socheville'.

Die gefundenen Korrelationskoeffizienten deuten somit an, daß es lohnend ist, nach Beziehungen zwischen solchen morphologischen Merkmalen und dem Samenertrag zu suchen, daß aber zu berücksichtigen ist, daß von Population zu Population große Unterschiede bestehen können.

Diskussion

Die Samenerträge der geernteten 557 Einzelpflanzen schwanken in den außerordentlich weiten Grenzen von 0,1 bis 56,1 g, was als Beweis dafür dienen kann, daß diese Einzelpflanzen nicht auf hohen Samenertrag ausgelesen wurden und somit als Stichproben für die einzelnen Sorten angesehen werden dürfen.

Die Mittelwerte der Sorten zeigen ebenfalls große Unterschiede, und 'Flandria' — die beste Sorte — hat einen um mehr als 100% höheren mittleren Einzelpflanzensamenertrag als die schlechteste Sorte 'Ranger'. Es gibt jedoch keinerlei Anzeichen dafür, daß diese Ertragsdifferenzen auf eine durch die „fremde Umwelt“ bedingte unterschiedliche Befruchtungsart zurückzuführen sind. Alle 11 untersuchten Sorten aus geographisch sehr verschiedenen Gebieten weisen in der durchschnittlichen Samenzahl je Hülse zwischen freiem Abblühen und künstlicher Selbstung einheitlich hohe, sehr deutliche Differenzen auf. Die ermittelten Ertragsunterschiede müssen demnach in erster Linie sorten- und damit genetisch bedingt sein. 'Ladak' und 'Ranger' sind zum Beispiel zwei Sorten, die beide ihre größte Verbreitung in den „Northern Great Plains“ der USA haben*, also den gleichen Umweltbedingungen angepaßt sind. Aber 'Ranger' erreichte unter den hiesigen Bedingungen einen mittleren Samenertrag von 8,6 g, 'Ladak' dagegen einen solchen von 16,7 g, obwohl letztere mit durchschnittlich 4,8 Samen je Hülse bei freiem Abblühen nur 0,3 Samen mehr gebildet hatte als 'Ranger' (einschließlich der Schmachtkörner).

Bei freiem Abblühen muß demnach auf diesem Standort im Jahre 1962 vorwiegend Fremdbefruchtung stattgefunden haben. Das betrifft alles Saatgut der geernteten Einzelpflanzen und bedeutet, daß auch unter mitteldeutschen Verhältnissen bei Luzerne in großem Ausmaß Fremdbefruchtung eintreten kann. Dies wird nicht in jedem Jahr der Fall sein, aber allein die Tatsache, daß damit gerechnet werden muß, weist darauf hin, das in verschiedenen Jahren erzeugte Saatgut nicht bedingungslos als gleichwertig anzusehen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, nach Möglichkeiten zu suchen, um wenigstens nachträglich den Grad der Fremdbefruchtung für das betreffende Jahr und den betreffenden Ort zu ermitteln. Die Anzahl Samen je Hülse könnte eine solche Möglichkeit darstellen, solange es keine besseren eindeutigen Indikatoren gibt.

So hohe durchschnittliche Samenzahlen, wie sie hier gefunden wurden, sind aus anderen Untersuchungen nicht bekannt geworden. Lediglich ZALESKI (1957) fand bei 4 Sorten in mehreren Jahren im Mittel 3,6 bis 4,0 Samen je Hülse und PEDERSEN, PETERSEN,

* Alfalfa Varieties in the United States, Agricultural Handbook Nr. 177, Washington 1960.

BOHART und LEVIN (1956) bei Fremdbefruchtung 3,09 bis 4,66 Stück. Demgegenüber konnte RAUSCH (1962) in 3 Jahren im Mittel nur 1,75 bis 2,36 Samen in der Hülse auszählen, und auch DANN (1930) ermittelte bei freiem Abblühen lediglich 1,02 bis 3,61 Samen je Hülse.

Worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind, ist nicht bekannt. Möglicherweise hat bei deutschen Sorten eine Selektion von Typen mit einer größeren Neigung zur Selbstbefruchtung stattgefunden, womit zwangsläufig ein niedrigerer durchschnittlicher Hülsebesatz verbunden ist. Es ist aber auch denkbar, daß das potentielle Samenbildungsvermögen ganzer Populationen verschieden und bei deutschen Sorten geringer ist. Dem widerspricht allerdings die Einheitlichkeit der hier untersuchten ausländischen Sorten. Vielleicht waren auch die Witterungsverhältnisse in den Untersuchungsjahren bzw. an den Untersuchungs-orten sehr ungünstig, so daß es an fremdbefruchtenden Insekten mangelte und vorwiegend Selbstbefruchtungen stattfanden.

Um den Grad der Selbstfertilität festzustellen, wird entweder die Anzahl Hülsen oder die Anzahl Samen, bezogen auf die künstlich geselbsteten Blüten, ermittelt. Bei entsprechenden Untersuchungen an dem hier beschriebenen Material wurde festgestellt, daß viele geselbete Blüten leere Hülsen gebildet hatten. Das Ausmaß ihres Anteils war sorten- und einzelpflanzenbedingt und reichte bei den Einzelpflanzen von 0 bis 33,3%. Sehr große Unterschiede zeigte die Anzahl der Einzelpflanzen, die keine leeren Hülsen nach Selbstung entwickelt hatten. Sie betrug z. B. für 'Atlantik' 53,1% und 'Socheville' 58,8% und sank für 'FD 100' auf 16,7%. Aus diesem Grunde wird die Anzahl Samen je geselbete Blüte als ein sichereres Maß für den Grad der Selbstfertilität angesehen als die Zahl der je 100 Blüten gebildeten Hülsen, es sei denn, die leeren Hülsen werden vor der Auszählung eliminiert.

Einige Sorten zeigen eine interessante Übereinstimmung zwischen der Größe des Korrelationskoeffizienten für Samenertrag und Hülsenansatz bei Selbstung und dem Anteil Einzelpflanzen ohne leere Hülsen. Es sind die Sorten mit den höchsten Korrelationskoeffizienten ('Atlantik', 'Eynsford' und 'Socheville'), die auch die höchsten Anteile Pflanzen ohne leere Hülsen aufweisen.

Die entsprechenden Korrelationskoeffizienten der übrigen Sorten sind sehr klein und lassen kaum Beziehungen zwischen Selbstfertilität und Samenertrag erkennen. Das kommt besonders deutlich bei den Sorten 'Ranger' und 'Vernal' zum Ausdruck. Beide haben mit 40,0 bzw. 42,5% Hülsenansatz nach Selbstung und 2,3 bzw. 2,6 Samen je geselbete Blüte fast denselben Grad der Selbstfertilität aufzuweisen. Auch die Differenzen zwischen den Anteilen von Pflanzen ohne leere Hülsen nach Selbstung sind gering (31,7 bzw. 22,9%) und die Korrelationskoeffizienten mit +0,0804 und +0,0602 ebenfalls fast gleich. Trotzdem unterscheiden sich die mittleren Einzelpflanzen-samenerträge um mehr als 100%. Es scheint, daß der Grad der Selbstfertilität noch keine sichere Aussage über die Höhe der Selbstbefruchtungsrate zuläßt.

Für die Mehrzahl der untersuchten Pflanzen war die durchschnittliche Anzahl Samen je Hülse bei Selbstung kleiner als drei, während einige jedoch weit

höhere Werte (bis 6,5) aufwiesen. Das wirft die Frage auf, ob die Auslese solcher Pflanzen sinnvoll ist. Sie muß bejaht werden, wenn diese Auslese kombiniert wird mit Auslese auf hohe Samenzahl je Hülse bei freiem Abblühen und hohem Samenertrag. Daß es solche Kombinationen gibt, beweisen als Beispiele zwei Pflanzen mit 6,5 bzw. 5,1 Samen je Hülse bei Selbstung, 7,7 bzw. 6,8 Samen je Hülse bei freiem Abblühen und Einzelpflanzenerträgen von 26,4 bzw. 24,9 g.

Der Samenertrag einer Einzelpflanze setzt sich aus vielen Faktoren zusammen. Einer von ihnen ist die Samenzahl je Hülse, deren Einfluß sich bei einer Gegenüberstellung von Selbst- und Fremdbefruchtung besonders deutlich hervorhebt. Auch bei Fremdbefruchtung traten erhebliche Unterschiede auf und Pflanzen mit durchschnittlich 6–7 Samen pro Hülse waren keine Seltenheit. Auslesemöglichkeiten bestehen also in ausreichendem Maße. Aber die vorliegenden Ergebnisse bieten keine Anhaltspunkte dafür, daß diesem Faktor für den Samenertrag eine allein entscheidende Bedeutung zukommt. Das zeigen auch die entsprechenden Korrelationskoeffizienten, die nur für einige Sorten höhere Werte erreichen und sehr stark voneinander abweichen. Anscheinend ist diese Beziehung sorten- bzw. populationsbedingt, wobei auch eine züchterische Beeinflussung eine Rolle spielen kann. Für letztere Annahme sprechen die errechneten Korrelationskoeffizienten, denn die signifikanten Werte gehören alle zu Zuchtsorten.

Ein einfacher Vergleich zwischen Einzelpflanzen kann aber nachweisen, daß es noch andere Faktoren geben muß, die den gleichen hohen oder niedrigen Einfluß auf den Samenertrag auszuüben vermögen. Als Beispiel dafür sollen 6 ausgewählte Einzelpflanzen dienen, die paarweise die gleiche Anzahl Samen/Hülse aufweisen:

Samenzahl/Hülse bei freiem Abblühen	Stengelzahl	Samenertrag g
5,3	47	54,6
5,4	80	17,0
3,2	48	0,9
3,2	40	24,0
4,9	74	49,2
5,2	63	8,9

Es lag daher nahe, auch die Stengelzahl und Stengellänge, von denen wiederum die Anzahl Blütentrauben abhängig sein kann, bezüglich ihres Einflusses auf den Samenertrag zu prüfen. Beide Merkmale zeigten eine große Variabilität und hohe Extremwerte, aber die entsprechenden in Tabelle 3 aufgeführten Korrelationskoeffizienten lassen lediglich bei einigen französischen Sorten etwas stärkere Zusammenhänge erkennen.

Es ist somit festzustellen, daß sich von den untersuchten Faktoren keiner als besonders wertvoll für den Samenertrag herausgeschält hat, obgleich einige Korrelationskoeffizienten deutlich auf etwaige Zusammenhänge hinweisen und damit gleichzeitig vermuten lassen, daß die Auslese auf solche Faktoren sorten- bzw. populationsbedingt eine unterschiedliche Wirkung haben kann.

Abschließend sei noch ein Wort zur Sorte 'Du Puits' gestattet. Sie wird von MØLLER NIELSEN (1958) und

LESINŠ (1950) als hochselbstfertil bezeichnet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß sie in dieser Beziehung nicht von den übrigen Sorten abwich, und können daher diese Ansicht nicht bekräftigen. Sie bestätigen vielmehr die Befunde von ZALESKI (1957), der für diese Sorte sowohl bei freiem Abblühen als auch bei künstlicher Selbstung völlige Übereinstimmung mit anderen Sorten fand.

Auch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse können somit keine befriedigende Antwort auf die eingangs gestellte Frage geben, ob die Luzerne als Selbst- oder Fremdbefruchter zu betrachten ist. Sie zeigen lediglich, daß auch Fremdbefruchtung in erheblichem Ausmaß auftreten kann. Wenn daher LESINŠ (1961) die Ansicht vertritt, daß die Luzerne allgemein in viel stärkerem Maße, als bisher angenommen wurde, zum Selbstbefruchter geworden ist und die Züchtung sich darauf einstellen sollte, dann muß zumindest die Einschränkung gemacht werden, daß man dabei auch die Fremdbefruchtung weiterhin berücksichtigen muß und daher mit beiden Befruchtungsarten rechnen sollte.

Zusammenfassung

An 557 Einzelpflanzen von 11 ausländischen Sorten aus den USA, Nordfrankreich, England und Ungarn sind Samenansatz und Samenertrag unter natürlichen Bedingungen und bei künstlicher Selbstbefruchtung untersucht worden. Da bei künstlicher Selbstung die Sorten durchschnittlich 1,8 bis 2,6 Samen je Hülse gebildet hatten, wohingegen bei freiem Abblühen durchschnittlich 4,5 bis 6,0 Samen gefunden wurden, wird angenommen, daß unter den hiesigen Verhältnissen vorwiegend Fremdbefruchtungen stattgefunden haben.

Bei künstlicher Selbstung wurden in unterschiedlich hohem Maße leere Hülsen entwickelt, so daß für die Bestimmung des Selbstfertilitätsgrades die Anzahl Samen je ausgelöste Blüte geeigneter erscheint. Zwischen dem Grad der Selbstfertilität und dem Samenertrag bei freiem Abblühen konnten keine eindeutigen Beziehungen ermittelt werden. Die entsprechenden Korrelationskoeffizienten waren sortenweise sehr verschieden.

Die Samenerträge der Einzelpflanzen schwankten in weiten Grenzen. Auch die mittleren Erträge der Sorten zeigten große Unterschiede. Allerdings ist es nicht möglich, diese auf die „fremden Umweltbedingungen“ des hiesigen Anbauortes zurückzuführen, es ist vielmehr anzunehmen, daß sie sortenbedingt sind.

Mit Hilfe der Korrelationsrechnung wurden außer dem Selbstfertilitätsgrad auch der Einfluß der Samenzahl je Hülse, der Pflanzenlänge und Bestockung

auf den Samenertrag untersucht. Zweifellos haben diese Faktoren einen gewissen Wert, aber es konnten keine Anzeichen dafür festgestellt werden, daß insbesondere die Samenzahl je Hülse von ausschlaggebender Bedeutung für den Ertrag ist.

Die hohen durchschnittlichen Samenzahlen in den Hülsen haben die Frage aufkommen lassen, ob diese befruchtungsbedingt sind oder ob das Samenbildungspotential populationsbedingt verschieden sein kann. Die 11 untersuchten Sorten zeigten in dieser Beziehung keine Unterschiede. Aber vergleichende Betrachtungen der Ergebnisse anderer, vor allem deutscher Autoren, lassen große Differenzen zu den hier mitgeteilten Werten erkennen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen geht eindeutig hervor, daß Züchter und Samenbauer auch mit Fremdbefruchtung rechnen müssen und daher Saatgut aus verschiedenen Erntejahren in genetischer Hinsicht nicht ohne weiteres als gleichwertig ansehen dürfen.

Literatur

1. DANN, B.: Über Befruchtungsverhältnisse der Bastardluzerne (*Med. media*), anderer *Medicago*-Arten und Steinklee (*Melilotus*). Z. f. Pflanzenzüchtung **15**, 366–418 (1930). — 2. JANY, H.: Untersuchungen über die Befruchtungsverhältnisse der Bastardluzerne (*Medicago media* Pers.) sowie über den Einfluß unterschiedlicher Krumenmächtigkeit und anderer wirksamer Faktoren auf die Höhe des Samenertrages unter den Bedingungen des praktischen Vermehrungsanbaues. Dissertation Hochschule für Landwirtschaft Bernburg, 1962. — 3. KETTNER, H.: Die Rolle der Honigbiene bei der Bestäubung der Luzerne (*Medicago sativa* L.). Archiv f. Geflügelzucht und Kleintierkunde **11**, 217–229 (1962). — 4. LESINŠ, K.: Investigations into seed setting of lucerne at Ultuna 1945–49. Ann. Royal Agric. Coll. Swed. **17**, 441–483 (1956). — 5. LESINŠ, K.: Mode of fertilization in relation to breeding methods in alfalfa. Z. f. Pflanzenzüchtung **45**, 31–54 (1961). — 6. MANNER, R.: On spontaneous crosses between *M. falcata* and blue flowered alfalfa. Acta agraria fennica **93**, 2–69 (1958). — 7. MØLLER NIELSEN, H. J.: Studies on the fertility in lucerne and the relation between self-fertility and crop yield. Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole Arsskrift, København, 1958. — 8. MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Verlag P. Parey, Berlin, 1958. — 9. PEDERSEN, M. W., H. L. PETERSEN, G. E. BOHART and M. D. LEVIN: A comparison of the effect of complete and partial cross-pollination of alfalfa on pod sets, seeds per pod, and pod seed weight. Agronomy Journal **48**, 177–180 (1956). — 10. PHARIS, R. L., and J. UNRAU: Seed setting of alfalfa flowers tripped by beans and mechanical means. Canadian Journal of Agric. Sci. **33**, 74–83 (1953). — 11. RAUSCH, H.: Ursachen der Infertilität der Luzerne (*Medicago media* Pers.). Untersuchungen über Korrelationen zwischen samenertragsbedingenden Faktoren. Dissertation Universität Berlin, 1962. — 12. WHITE, R. O.: Advances in Agronomy. I. Alfalfa Improvement. Acad. Press, Inc., New York, 1949. — 13. ZALESKI, A.: Lucerne Investigation. II. Pollination and seed setting in lucerne strains. J. Agric. Sci. **48**, 236–244 (1957).