

Literatur.

1. PELSSENKE, P. F. u. LINDEMANN, E.: Untersuchungen über die Eignung verschiedener Maissorten für die Stärkefabrikation. Die Stärke 6, 177—182 (1954). — 2. LINDEMANN, E.: Ein Überblick über die Viskosität von handelsüblichen Kartoffel- und Getreidestärken der letzten zwei Jahre und ein neuer Vorschlag zur Bestimmung der Ergiebigkeit. Die Stärke 4, 150—155 (1952). — 3. PAGENSTEDT, B.: Bestimmung der Gelfestigkeit von

Stärkekleistern mit dem Gelographen. Getreide und Mehl 1, 74—76 (1951). — 4. DOSTAL, L.: Weitere Erfahrungen über die Gelfestigkeitsbestimmung von Stärken mit dem Brabender Gelographen. Die Stärke 5, 4—7 (1933). — 5. WEISS, H.: Neuere Erfahrungen über die Bestimmung des Dickungsvermögens von Nährmitteln. Getreide, Mehl und Brot 3, 97—98 (1949). — 6. LINDEMANN, E.: Die Bestimmung der Ergiebigkeit von Weizen-, Mais- und Milostärke. Die Stärke 5, 62—64 (1953).

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

Feldversuchswesen: die Gitterquadratmethode in praktischer Anwendung.

Von KARL F. ZIMMERMANN.

Von den neueren, sich auf der Anwendung der Varianzanalyse (VA) aufbauenden Methoden des Feldversuchs verdient die Gitterquadratmethode (GM) besondere Beachtung. Daß sie bisher in Deutschland nicht in größerem Maße angewendet wurde, hat seine Ursache hauptsächlich in einer gewissen Scheu der Versuchsansteller, sich mit der größeren Kompliziertheit des Verrechnungsganges vertraut zu machen. Fördernd auf diesen Umstand wirkt, daß die bisherigen deutschen Veröffentlichungen über dieses Thema nicht dazu angetan sind, diese Scheu zu überwinden. Den praktischen Versuchsansteller interessiert weniger die theoretische Grundlage einer Versuchsmethode als vielmehr ein Rezept für die Anwendung.

Die große Bedeutung der GM liegt darin, daß es mit ihr möglich ist, eine große Zahl von Versuchsgliedern auf geringstem Raum mit der größtmöglichen Effektivität auf ihre Leistungseigenschaften zu prüfen. Diese Möglichkeit sollte sich der Pflanzenzüchter in stärkerem Maße zunutze machen. Gerade er steht oft vor der Notwendigkeit, zahlreiche, zuweilen Hunderte von Zuchtstämmen auf ihre Anbauwürdigkeit zu prüfen. Bei der heute meist hierfür benutzten Langparzellenmethode entsteht durch die Einschaltung zahlreicher Standardparzellen eine erhebliche Belastung des Versuchsbetriebes. Auch bei Unterteilung des Materials und Anlegung von vielen kleineren Versuchen (z. B. nach der Blockmethode) muß in jeder Gruppe ein Standard als Versuchsglied geführt werden, um mit dessen Hilfe die Erträge aller Versuchsglieder auf gleiches Niveau umrechnen zu können. Bei der GM fällt jede überflüssige Arbeit auf dem Versuchsfeld weg, da nur die Versuchsglieder, von denen eins zum Vergleich verwendet wird, angebaut werden. Es können 9—225 (oder mehr) Versuchsglieder in einem einheitlichen Versuch geprüft werden.

Wie sich weiter unten zeigen wird, ist der Verrechnungsgang bei weitem nicht so kompliziert, wie es zunächst den Anschein hat. Da er beim einheitlichen Versuch nur 1 mal durchgeführt zu werden braucht und nicht wie bei der erwähnten Unterteilung viele kleine Versuche verrechnet werden müssen, ist der Gesamtaufwand an Rechenarbeit nicht größer als bei anderen Methoden, wenn die Zahl der Versuchsglieder gegeben ist.

Es ist unumgänglich, etwas über die Prinzipien der GM zu sagen, wenn hier auch nicht der Ort ist, ihre

theoretischen Grundlagen zu erörtern. Interessenten mögen sich anhand der Literatur informieren (COCHRAN and COX). Wesentlich ist, daß die Anwendung der Methode ohne eingehende Kenntnis ihres geistigen Gehalts möglich ist, wenn eine gewisse Schematisierung verwendet wird.

Die GM ist eine Methode der unvollständigen Blocks, d. h., daß in einem „Block“ nicht wie bei der FISHER-Blockmethode u. a. Verfahren alle Versuchsglieder 1 mal vertreten sind, sondern sie kommen nur 1 mal in einem Quadrat vor. Die Verteilung der Versuchsglieder innerhalb des Quadrates erfolgt auf Grund des Strukturplanes in der Weise, daß jedes Versuchsglied mit jedem anderen 1 mal bzw. 2 mal in einem Block oder einer Säule vorkommt.

Der Aufbau eines Strukturplanes ist bei manchen Gitterquadratversuchen schwierig. Es soll deswegen nicht darauf eingegangen werden, zumal für alle vorkommenden Gitterquadrate Strukturpläne in der Literatur veröffentlicht sind (COCHRAN and COX, MUDRA, ZIMMERMANN).

Die Zahl der Versuchsglieder (v) liegt bei der GM fest. Sie sind immer Quadratzahlen, wie aus der Tabelle 1 hervorgeht.

Tabelle 1.

Nr.	v	k	Formel	q	Parzellen
1	9	3	$k + 1/2$	2	18
2	16	4	$k + 1$	5	80
3	25	5	$k + 1/2$	3	75
(4)	(36)	(6)	$(k + 1)$	(7)	—
5	49	7	$k + 1/2$	4	196
6	64	8	$k + 1$	9	576
7	81	9	$k + 1/2$	5	405
(8)	(100)	(10)	$(k + 1)$	(11)	—
9	121	11	$k + 1/2$	6	726
10	144	12	$k + 1$	13	1872
11	169	13	$k + 1/2$	7	1183
12	196	14	$k + 1$	15	2940
13	225	15	$k + 1/2$	8	1800
14	256	16	$k + 1$	17	4352

Dies ergibt sich daraus, daß die Zahl der Versuchsglieder in Block und Säule wie bei anderen quadratischen Versuchsanlagen (z. B. lat. Quadrat) gleich sind. Von den Quadraten der Zahlen 3, 4, 5, 6, 7, 8 . . . (k) fallen die Zahlen 6 und 10 aus, da es bisher nicht gelungen ist, Strukturpläne für diese Versuchsgrößen aufzustellen, welche die genannte Bedingung, daß jedes Versuchsglied mit jedem anderen 1 oder 2 mal in

Block oder Säule vorkommt, erfüllt. Es wäre eine verdienstvolle Aufgabe für einen Mathematiker, für das 10×10 Gitterquadrat mit 100 Versuchsgliedern einen brauchbaren Strukturplan herzustellen, da gerade dieses Gitterquadrat wegen seiner Verwandtschaft mit dem Dezimalsystem sehr brauchbar wäre.

Die Zahl der Teilstücke ist in einem Gitterquadratversuch ebenfalls nicht frei wählbar, sondern liegt für jede Versuchsgröße von vornherein fest (Tab. 1).

Die Zahl der Teilstücke oder Quadrate (q) folgt bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Die Versuche mit einer geraden Zahl von Versuchsgliedern hat die Zahl der Quadrate: $k + 1$. Eine ungerade Zahl von Versuchsgliedern bewirkt eine Zahl der Quadrate von $\frac{k+1}{2}$, wobei k die Anzahl der Versuchsglieder in Block oder Säule ist.

In der festliegenden Zahl der Quadrate liegt die Grenze für die Anwendbarkeit der GM. Besonders bei einer geraden Zahl der Versuchsglieder steigt die Zahl der Quadrate bald ins Unerträgliche ($k + 1$). Von den Versuchen mit gerader Versuchsgliedzahl kann über das 8×8 -Gitterquadrat mit 64 Versuchsgliedern kaum hinaus gegangen werden. Bei ungerader Zahl von Versuchsgliedern ergibt sich die Grenze bei dem 15×15 -Gitterquadrat mit 225 Versuchsgliedern. Dies erfordert 8 Quadrate oder Teilstücke.

Zur Vermeidung einer übergroßen Zahl von Teilstücken, wie sie sich z. B. bei dem 12×12 Gitter mit 13 Teilstücken ergibt, wird, wenn 144 Versuchsglieder geprüft werden sollen, das 13×13 Gitterquadrat mit 169 Versuchsgliedern und 7 Teilstücken gewählt und die fehlenden 25 Versuchsglieder durch Wiederholung der entsprechenden Anzahl Prüfnummern ersetzt. Es kann aber auch auf einen Teil der Versuchsglieder verzichtet werden und das nächst kleinere Modell ($11 \times 11 = 121$) mit 6 Teilstücken Verwendung finden.

Nach diesen Einschränkungen bleiben folgende Anlagen für die praktische Versuchsanstellung übrig:

1. $3 \times 3 = 9$ mit 2 Quadraten
2. $4 \times 4 = 16$ „ 5 „
3. $5 \times 5 = 25$ „ 3 „
4. $7 \times 7 = 49$ „ 4 „
5. $8 \times 8 = 64$ „ 9 „
6. $9 \times 9 = 81$ „ 5 „
7. $11 \times 11 = 121$ „ 6 „
8. $13 \times 13 = 169$ „ 7 „
9. $15 \times 15 = 225$ „ 8 „

Diese 9 Versuchsanlagen bieten für alle vorkommenden Fälle eine ausreichende Auswahl.

Die Teilstückzahl 2 beim 3×3 -Gitter und beim 5×5 -Gitter ist nur dann ausreichend, wenn die Differenzen zwischen den Versuchsgliedern sehr groß

sind. Da dies gerade bei der Prüfung von Zuchtstämmen im Zuge einer Erhaltungszüchtung meistens nicht der Fall ist, muß der Grundplan 1 oder gar 2mal wiederholt werden. Auf den Einfluß dieser Maßnahme auf den Verrechnungsgang wird weiter unten eingegangen.

Nach der Wahl der Versuchsanlage und Aufstellung bzw. Übernahme des Strukturplanes muß innerhalb der Quadrate eine zufällige Verteilung vorgenommen werden. Dies geschieht in der Weise, daß die Blocks und Säulen des Strukturplanes neue Nummern erhalten. Die Reihenfolge der Nummern wird durch Losen, Würfeln oder Entnahme aus Zufallstabellen (MUDRA) festgelegt. Danach werden die Blocks und innerhalb derselben die Versuchsglieder nach den neuen Nummern geordnet.

Beispiel:

Strukturplan					Anlageplan						
	(2)	(5)	(1)	(3)	(4)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(4)	1	2	3	4	5	(1)	8	6	9	10	7
(1)	6	7	8	9	10	(2)	23	21	24	25	22
(5)	11	12	13	14	15	(3)	18	16	19	20	17
(3)	16	17	18	19	20	(4)	3	1	4	5	2
(2)	21	22	23	24	25	(5)	13	11	14	15	12

Nach dem so entstandenen neuen Plan wird der Versuch angelegt.

Es soll hier mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß der einmal aufgestellte Lageplan nicht nur für einen bestimmten Versuch verwendet werden kann. Es bestehen keinerlei Bedenken, diesen gleichen Lageplan wiederholt für die gleiche oder eine andere Kulturart wieder zu verwenden. Die Wiederverwendung ist nur dann ausgeschlossen, wenn bei bestimmten Dauerversuchen ein und derselbe Versuch auf dem gleichen Versuchsfeld angelegt werden soll.

In solchen Anlageplänen sind die Versuchsglieder in den einzelnen Quadraten recht bunt verteilt. Dies erfordert bei Aussaat und Ernte eine außerordentliche Aufmerksamkeit des Aufsichtspersonals, zumal Gitterquadrate gegen Aussaatfehler sehr empfindlich sind. Das Verwechseln zweier Versuchsglieder in einem Quadrat erschwert die Auswertung, mehrere Fehler machen den Versuch wertlos.

Zur Umgehung dieser Schwierigkeit verwende ich seit Jahren eine neue Art der Numerierung der Parzellen. (Parzelle wird hier für den meist gebräuchlichen Ausdruck „Teilstück“ verwendet.) Nach Fertigstellung des Anlageplanes erhalten die Parzellen fortlaufende Nummern, die Standort-Nummern (St.-Nr.). Die Nummern beginnen im 1. Block und laufen durch den ganzen Versuch. Die Zufallsverteilung ist

Quadrat a				Quadrat b				Quadrat c				Quadrat d				Quadrat e			
1	2	3	4	17	18	19	20	33	34	35	36	49	50	51	52	65	66	67	68
5	6	7	8	21	22	23	24	37	38	39	40	53	54	55	56	69	70	71	72
9	10	11	12	25	26	27	28	41	42	43	44	57	58	59	60	73	74	75	76
13	14	15	16	29	30	31	32	45	46	47	48	61	62	63	64	77	78	79	80

← N.

Abb. 1. Lageplan zur Gräser-Stammpfung B Vc/53 als 4×4 -Gitterquadratversuch mit 5 Teilstücken

Blatt 1

Versuch Nr. B Vc/53

Blatt 2

Versuch Nr. B Vc/53

Die Ergebnisse

V-Nr.	V	KS	V _{korrr.}	g/T	dz/ha	rel. L.	Sicher.
1	8 505	+ 2 513	11 018	2 204	45,91	79,9	○
2	11 010	+ 671	11 681	2 336	48,67	84,7	○
3	15 815	- 3 980	11 835	2 367	49,31	85,8	—
4	9 100	+ 2 696	11 796	2 359	49,15	85,5	—
5	11 140	- 102	11 038	2 208	45,99	80,0	○
6	12 205	- 1 072	11 133	2 227	46,39	80,7	○
7	15 055	+ 1 055	16 110	3 222	67,12	116,8	+
8	14 125	+ 244	14 369	2 874	59,87	104,2	—
9	15 650	- 864	14 786	2 957	61,61	107,2	—
10	16 910	- 1 231	15 679	3 136	65,33	113,7	—
11	15 375	- 260	15 115	3 023	62,98	109,6	—
12	16 020	- 1 232	14 788	2 958	61,62	107,2	—
13	14 795	+ 1 124	15 919	3 184	66,33	115,4	+
14	15 560	- 577	14 983	2 997	62,43	108,7	—
15	13 935	+ 801	14 736	2 947	61,40	106,9	—
16	15 440	+ 214	15 654	3 131	65,22	113,5	—
Grenzdifferenz für p = 5,0%: s _d · 2,04				425	8,85	15,4	—
" " p = 1,0%: s _d · 2,75				573	11,94	20,8	—
" " p = 0,1%: s _d · 3,65				761	15,85	27,6	—

Relative Leistung bezogen auf das Versuchsmittel = 57,45 dz/ha = 100,0

Kontrollen: SV = S_x, SV_{korrr.} = S_x, SKS = 0

Umrechnungsfaktor g/T in dz/ha: f = 0,020833

Urliste
Erträge in g/T

Bl.	Quadrat	St-Nr.	g/T	St-Nr.	g/T	St-Nr.	g/T	St-Nr.	g/T	B	L
Säule: 1 2 3 4											
1	a	1	4 285	2	4 185	3	4 010	4	4 485	16 965	11 995
2		5	2 245	6	3 730	7	3 130	8	2 555	11 660	12 805
3		9	3 105	10	2 720	11	2 915	12	2 945	11 685	12 315
4		13	2 360	14	2 170	15	2 260	16	2 680	9 470	12 665
Säule: 5 6 7 8 R _a = 49 780											
5	—	17	3 950	18	3 345	19	4 320	20	3 080	14 695	14 125
6		21	3 720	22	2 880	23	2 875	24	2 260	11 735	12 065
7		25	2 545	26	1 650	27	2 520	28	1 415	8 130	13 695
8		29	3 910	30	4 190	31	3 980	32	2 705	14 785	9 460
Säule: 9 10 11 12 R _b = 49 345											
9	c	33	4 500	34	4 945	35	4 310	36	4 080	17 835	12 765
10		37	3 060	38	1 830	39	3 100	40	1 820	9 810	12 945
11		41	2 785	42	2 590	43	2 660	44	1 570	9 605	12 660
12		45	2 420	46	3 580	47	2 590	48	2 740	11 330	10 210
Säule: 13 14 15 16 R _c = 48 580											
13	d	49	4 180	50	3 120	51	3 300	52	4 120	14 720	10 340
14		53	2 480	54	1 855	55	2 030	56	2 560	8 925	10 135
15		57	1 360	58	2 430	59	2 150	60	2 430	8 370	9 150
16		61	2 320	62	2 730	63	1 670	64	1 810	8 530	10 920
Säule: 17 18 19 20 R _d = 40 545											
17	e	65	4 015	66	3 420	67	2 630	68	2 850	12 915	9 070
18		69	2 480	70	2 115	71	1 340	72	1 555	7 490	9 415
19		73	1 220	74	1 700	75	1 565	76	1 295	5 780	7 135
20		77	1 355	78	2 180	79	1 600	80	1 070	6 205	6 770
R _e = 32 390											

Kontrolle: R_a + R_b + R_c + R_d + R_e = S_x = 220 640

Blatt 3

Versuch Nr. B Vc/53

Blatt 4

Versuch Nr. B Vc/53

Sortensummen (V) und Korrektursummand (KS)

V-Nr.	Standortnummern					V	w _b H	w ₁ M	KS
	a	b	c	d	e				
1	16	28	38	57	78	8 505	+ 3371	- 858	+ 2513
2	18	20	45	64	71	11 010	+ 511	+ 160	+ 671
3	15	82	25	80	66	15 815	- 4656	+ 676	- 3980
4	2	170	2 260	1 570	2 030	9 100	+ 1967	+ 729	+ 2696
5	5	26	47	51	77	11 140	+ 358	- 460	- 102
6	8	555	3 345	1 820	1 855	12 205	- 1479	+ 407	- 1072
7	3	3730	4 190	2 590	2 430	15 055	+ 1533	- 478	+ 1055
8	3	130	2 880	4 500	2 320	14 125	- 40	+ 284	+ 244
9	4	4010	2 520	4 080	2 560	15 650	- 970	+ 106	- 864
10	4	185	4 320	2 660	4 180	16 910	- 1478	+ 247	- 1231
11	4	485	3 980	3 060	1 670	15 375	+ 48	- 308	- 260
12	4	285	2 875	3 580	2 430	16 020	- 1572	+ 340	- 1232
13	2	720	2 545	2 785	2 730	14 795	+ 1834	- 710	+ 1124
14	2	915	3 950	4 945	2 150	15 560	- 796	+ 219	- 577
15	3	105	3 910	2 740	2 480	13 935	+ 997	- 196	+ 801
16	2	945	3 720	3 100	4 120	15 440	+ 374	- 160	+ 214
Ktr.	49 780	49 345	48 580	40 545	32 390	220 640	0	0	0
R _a	R _b	R _c	R _d	R _e	S _x	0	0	0	0

Errechnung von B_V

V-Nr.	Block-Nummern					B _V
	a	b	c	d	e	
1	4	7	10	15	18	41 560
2	4	5	12	16	18	51 515
3	4	8	13	17	17	69 725
4	4	6	11	14	29	45 940
5	2	7	12	13	29	52 045
6	2	5	10	14	17	58 005
7	2	8	11	15	18	51 910
8	2	6	9	16	19	55 540
9	1	7	9	14	18	59 345
10	1	6	11	13	19	61 765
11	1	8	10	16	29	56 295
12	1	6	12	15	17	61 315
13	2	7	11	16	17	50 865
14	2	5	9	15	20	58 790
15	2	8	12	14	19	52 505
16	2	6	10	13	18	55 440
Kontrolle						882 560
4 R _a	4 R _b	4 R _c	4 R _d	4 R _e	4 S _x	

Errechnung von L_V

V-Nr.	Säulen-Nummern					L _V
	a	b	c	d	e	
1	12 665	9 460	12 945	10 340	9 070	54 480
2	11 995	9 460	12 765	10 920	7 135	52 275
3	12 315	9 460	12 660	10 135	9 415	53 985
4	12 805	9 460	10 210	9 150	6 770	48 395
5	11 995	12 065	12 660	9 150	9 070	54 940
6	12 665	12 065	10 210	10 135	7 135	52 210
7	12 805	12 065	12 945	10 920	9 415	58 150
8	12 315	12 065	12 765	10 340	6 770	54 255
9	12 315	13 695	10 210	10 920	9 070	56 210
10	12 805	13 695	12 660	10 340	7 135	56 635
11	12 665	13 695	12 765	9 150	9 415	57 690
12	11 995	13 695	12 945	10 135	6 770	55 540
13	12 805	14 125	12 765	10 135	9 070	58 900
14	12 315	14 125	12 945	9 150	7 135	55 670
15	11 995	14 125	10 210	10 340	9 415	56 085
16	12 665	14 125	12 660	10 920	6 770	57 140
Kontrolle						882 560
	4R _a	4R _b	4R _c	4R _d	4R _e	4S _x

Korrektur der Block- und Säulenstreuung

V-Nr.	B _V	L _V	D	4 V	5B _V	H	J	K	M
1	41 560	54 480	-12 920	34 020	207 800	+ 46 860	+ 33 940	- 4 820	-17 740
2	51 515	52 275	- 760	44 040	257 575	+ 7 105	+ 6 345	+ 4 065	+ 3 305
3	69 725	53 985	+ 15 740	63 260	348 625	-64 725	-48 985	- 1 765	+ 13 975
4	45 940	48 395	- 2 455	36 400	229 700	+ 27 340	+ 24 885	+ 17 520	+ 15 065
5	52 045	54 940	- 2 895	44 560	260 225	+ 4 975	+ 2 080	- 6 605	- 9 500
6	58 005	52 210	+ 5 795	48 820	290 025	-20 565	-14 770	+ 2 615	+ 8 410
7	51 910	58 150	- 6 240	60 220	259 550	+ 21 310	+ 15 070	- 3 650	- 9 890
8	55 540	54 255	+ 1 285	56 500	277 700	- 560	+ 725	+ 4 580	+ 5 865
9	59 345	56 210	+ 3 135	62 600	296 725	-13 485	-10 350	- 945	+ 2 190
10	61 765	56 635	+ 5 130	67 640	308 825	-20 545	-15 415	- 25	+ 5 105
11	56 295	57 690	- 1 395	61 500	281 475	+ 665	- 730	- 4 915	- 6 310
12	61 315	55 540	+ 5 775	64 080	306 575	-21 855	-16 080	+ 1 245	+ 7 020
13	50 865	58 900	- 8 035	59 180	254 325	+ 25 495	+ 17 460	- 6 645	-14 680
14	58 790	55 670	+ 3 120	62 240	293 950	-11 070	- 7 950	+ 1 410	+ 4 530
15	52 505	56 085	- 3 580	55 740	262 525	+ 13 855	+ 10 275	- 465	- 4 045
16	55 440	57 140	- 1 700	61 760	277 200	+ 5 200	+ 3 500	-16 00	- 3 300
Kontr.	882 560	882 560	0	882 560	4 412 800	0	0	0	0
	4S _x	4S _x	0	4S _x	20S _x	0	0	0	0

Erläuterungen: D = B_V - L_V K = J + 3D
 H = 4V + S_x - 5B_V M = D + K
 J = D + H

Errechnung der Varianzen

Totalvarianz T

$$Sx^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{80}^2 = 679\,591\,350 \quad SQ_T = Sx^2 - \bar{x} Sx$$

$$Sx = x_1 + x_2 + \dots + x_{80} = 220\,640 \quad SQ_T = 71\,066\,230$$

$$\bar{x} = \frac{Sx}{80} = 2\,758$$

$$\bar{x}Sx = 608\,525\,120$$

Quadratvarianz R

$$SR^2 = R_a^2 + R_b^2 + \dots + R_e^2 = 9\,966\,002\,950 \quad SQ_R = \frac{SR^2}{16} - \bar{x} Sx$$

$$\frac{SR^2}{16} = 622\,875\,184 \quad SQ_R = 14\,350\,064$$

Versuchsgliedervarianz V

$$SV^2 = V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_{16}^2 = 3\,143\,194\,700 \quad SQ_V = \frac{SV^2}{5} - \bar{x} Sx$$

$$\frac{SV^2}{5} = 628\,638\,940 \quad SQ_V = 20\,113\,820$$

Blockvarianz B

$$SH^2 = H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_{16}^2 = 10\,158\,807\,850 \quad SQ_B = \frac{SH^2}{320} = 31\,746\,274$$

Blockvarianz B'

$$SJ^2 = J_1^2 + J_2^2 + \dots + J_{16}^2 = 5\,750\,809\,650 \quad SQ_{B'} = \frac{SJ^2}{192} = 29\,952\,134$$

Säulenvarianz L

$$SM^2 = M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_{16}^2 = 1\,424\,302\,850 \quad SQ_L = \frac{SM^2}{320} = 4\,450\,946$$

Säulenvarianz L'

$$SK^2 = K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_{16}^2 = 510\,106\,650 \quad SQ_{L'} = \frac{SK^2}{192} = 2\,656\,805$$

Fehlervarianz F

$$SQ_F = SQ_T - (SQ_R + SQ_V + SQ_B + SQ_{L'}) = 92\,199\,26$$

$$\text{oder } SQ_T - (SQ_R + SQ_V + SQ_{B'} + SQ_L) = 2\,199\,266$$

Kontrolle: Die beiden Werte für SQ_F müssen übereinstimmen,
 denn SQ_B + SQ_{L'} = SQ_L + SQ_{B'}

Die Varianztabelle

Streuungsursache	SQ	FG	s ²
Total T	71 066 230	79	
Quadrate R	14 350 064	4	
Versuchsglieder V	20 113 820	15	
Block B	31 746 274	15	
Block B'	29 952 134	15	1 996 809 = E _b
Säulen L	4 450 946	15	
Säulen L'	2 656 805	15	177 120 = E ₁
Fehler F	2 199 266	30	73 309 = E _f

Die Wägungsfaktoren

$$w_b = \frac{(E_b - E_f)(4E_1 - E_f)}{3(16E_b E_1 - E_f)} \quad w_1 = \frac{(E_1 - E_f)(4E_b - E_f)}{3(16E_b E_1 - E_f)}$$

$$w_b = \frac{1\,923\,500 \cdot 635\,171}{3(16 \cdot 353\,674 \cdot 376\,771)} \quad w_1 = \frac{103\,811 \cdot 7\,913\,927}{16\,976\,387\,376\,000}$$

$$w_b = \frac{1\,221\,751\,418\,500}{16\,976\,387\,376\,000} \quad w_1 = \frac{821\,552\,675\,797}{16\,976\,387\,376\,000}$$

$$w_b = 0,071\,968 \quad w_1 = 0,048\,394$$

Der Differenzfehler

$$s_d = \sqrt{\frac{2E_f(x + 4w_b + 4w_1)}{5}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 73309(1 + 4 \cdot 0,071968 + 4 \cdot 0,048394)}{5}}$$

$$s_d = \sqrt{43\,442}$$

$$s_d = 208,4$$

dadurch für den technischen Ablauf des Versuches aufgehoben. Mit diesen Standortnummern werden die Tüten mit dem Saatgut bezeichnet, die Bonitierungen durchgeführt und die Tüten oder Beutel mit dem Erntegut kenntlich gemacht. Anlage und Ernte des Versuchs sind dadurch sehr erleichtert. Die Standortnummern gehen auch in die Verrechnung ein.

Die ausschließliche Verwendung der Standortnummern für die technische Durchführung des Versuches ist möglich bei allen Versuchen, die mit der Hand ausgesät oder gepflanzt werden (Kartoffeln, Mais, Rüben usw.). Bei Getreideversuchen, die in der Regel mit der Maschine gedreht werden, ist ihre Benutzung bei der Aussaat nicht zweckmäßig, wenn der Versuchsansteller nicht vorzieht, auch Getreideversuche mit der Hand auszusäen. Diese Möglichkeit habe ich in „Technik des Versuchswesens“ ausführlich erörtert.

Der Verrechnungsgang richtet sich nach der Versuchsanlage. Beide sind enger gekoppelt als bei anderen Methoden. Versuche mit $k + 1$ Quadraten lassen sich nur nach dem hierfür erdachten Verrechnungsgang, solche mit $\frac{k+1}{2}$ Quadraten nur nach einem anderen Verrechnungsgang auswerten.

Die Verrechnung von Versuchen nach der GM erfolgt an Hand von Schemata. Es ist im Rahmen dieser Abhandlung nicht möglich, für alle vorkommenden Versuchsanlagen nach der GM die erforderlichen Tabellen wiederzugeben. Ich muß mich auf das eine unten gegebene Beispiel beschränken, zumal dies einen guten Einblick in den Aufbau eines solchen Schemas gibt. Im übrigen kann auf die in der 3. Auflage von ZIMMERMANN: „Technik des Versuchswesens und der Pflanzenzüchtung“ dargebotenen Beispiele verwiesen werden.

Das Wesentliche derartiger Schemata besteht darin, daß übersichtliche Tabellen angefertigt werden, in welche nach einfacher Anleitung die aus dem Versuch gewonnenen Zahlenwerte eingetragen und im Zuge der Verrechnung von einer Tabelle in die andere übertragen werden. Das Wesen der Varianzanalyse besteht bekanntlich in immer neuer Gruppierung der Werte nach Versuchsgliedern, Blocks, Säulen usw. Die Gruppierung an Hand der Tabellen ist eine rein mechanische Angelegenheit. Die Errechnung der Varianzen erfolgt ebenfalls nach einer vorgeschriebenen Tabelle. Varianztabelle, Schema für die Errechnung der Wägungsfaktoren und des Differenzfehlers sowie die Tabelle für die Ergebnisse werden gleichfalls vorgeschrieben.

Das Vorschreiben der Tabellen erfolgt am besten auf unliniertem DIN A 4-Papier mit der Schreibmaschine. Wenn es mit der Hand auf kariertem Papier ausgeführt wird, geschieht dies mit Tinte, damit sich die mit Bleistift eingesetzten Werte von dem Schema abheben. Für später ist vorgesehen, solche Tabellen für alle in Frage kommenden Versuchsanlagen gedruckt herauszugeben.

Einen gewissen Arbeitsaufwand macht nur die Aufstellung des Schemas. Für weitere Versuche nach demselben Lageplan ist es nur erforderlich, das Schema abzuschreiben und die Werte des neuen Versuches einzusetzen und zu verrechnen.

Es soll besonders auf die zahlreichen Kontrollmöglichkeiten im Verrechnungsgang der GM hingewiesen werden. Diese konsequent durchzuführen und anzu-

wenden, schafft die Möglichkeit, den Gang der Verrechnung in jedem Stadium auf seine Richtigkeit zu prüfen.

Ein großer Vorteil der GM besteht darin, daß die Endergebnisse korrigiert, d. h., von Bodeneinflüssen bereinigt erscheinen. Dies erfordert bei anderen Versuchsmethoden besondere Maßnahmen.

Beispiel:

Ein Gräserversuch, der 1953 mit dem Ziel angelegt und durchgeführt wurde, die Grünmasseleistung von Stämmen von Knautgras (Nr. 1—6) und Glatthafer (Nr. 7—16) zwischen und innerhalb der Arten zu vergleichen. Der Boden war Sand mit der Ackerwertzahl 25. Aussaatstärke und Düngung waren normal. Die geringen Erträge vom 1. Schnitt, der in dem Beispiel ausgewertet wurde, sind auf Frühjahrsdürre und ungünstige Bodenverhältnisse zurückzuführen.

Abbildung 1 gibt den Lageplan wieder. Die Parzellen sind $2,4 \times 2,0 \text{ m} = 4,8 \text{ m}^2$ groß. Die Nummern in den Parzellen sind Standortnummern. Welches Versuchsglied auf der einzelnen Parzelle gestanden hat, geht aus Blatt 3 des Verrechnungsschemas hervor.

Verrechnungsgang: (Blatt 1—8).

Die Erträge werden in g/T in Blatt 2 eingetragen. Durch Addition der Kolonnen und der Zeilen werden die Block-(B) und Säulen-(L)summen errechnet, sowie die Quadratsummen ($R_a - R_e$) ermittelt. Die Sortensummen ergeben sich aus Blatt 3. Zur Korrektur der Block- und Säulenstreuung werden B_V und L_V benötigt, die auf Blatt 4 und 5 dadurch errechnet werden, daß in die Kästchen die zu der entsprechenden Nr. gehörende Block- bzw. Säulensumme von Blatt 2 übertragen wird.

Die Errechnung von H, J, K und M geht aus den Erläuterungen auf Blatt 6 ohne weiteres hervor.

Damit sind die Grundlagen für die auf Blatt 7 erfolgende Errechnung der Varianzen gegeben. Varianztabelle u. a. sind aus Blatt 8 ersichtlich. Die Wägungsfaktoren w_b und w_1 werden nach Multiplikation mit H und M (Blatt 6) auf Blatt 3 übertragen und KS errechnet.

Schließlich werden die Ergebnisse auf Blatt 1 zusammengestellt. Diese auf Blatt 1 darzustellen, ist deswegen empfehlenswert, weil die Blätter zur Aufbewahrung zusammengeheftet werden und so die Resultate des Versuches auf der Vorderseite des Heftes erscheinen.

Die erzielte GD von 15% für $p = 5\%$ ist als normal zu werten. Beim Vergleich mit dem Mittel des Versuches zeigt sich, daß Knautgras weniger Ertrag gebracht hat als Glatthafer und daß die Glatthaferzuchtstämme z. T. untereinander gesichert verschieden sind.

Durchgeführte Versuche.

In der Futterpflanzenabteilung des hiesigen Instituts wurden seit 1950 zahlreiche Versuche nach der GM angelegt und ausgewertet.

Entsprechend den Aufgaben der Abteilung sind die Objekte der Versuche meistens Futterpflanzen. Es ist bekannt, daß Versuche mit Futterpflanzen größere Schwierigkeiten bereiten als z. B. Getreideversuche. Die erzielten Grenzdifferenzen (GD) liegen

allgemein hoch, was durch die große innere Streuung dieser Kulturarten bedingt ist. Während s% bei Getreide meist unter 10 liegt, erreichen Futterpflanzen, wie auch Hackfrüchte ein s% von 20—30 u. mehr. Mit anderen Versuchsanlagen werden mindestens so hohe, wenn nicht höhere GD errechnet. Trotzdem sind bei allen Versuchen signifikante Differenzen zwischen den Versuchsgliedern nachweisbar.

Zu der technischen Durchführung der in Tab. 2 aufgeführten Versuche ist zu sagen, daß sie alle mit der größtmöglichen Sorgfalt durchgeführt worden sind. Die Parzellengröße wurde soweit verkleinert, wie es bei der betreffenden Kulturart tragbar

Unterschiede beeinflussen ihn sehr stark. Durch diese große, nicht eliminierbare Streuung entstehen die hohen Grenzdifferenzen.

Die Versuche 3 und 4 zur Grünmassebestimmung bei Luzerne hatten eine Parzellengröße von 4 m². Die Erntemenge von ca. 270 dz/ha im Aussaatjahr und 450 dz/ha im 1. Nutzungsjahr ist als normal zu bezeichnen. Die geringen Grenzdifferenzen von 10 und 14% machten es möglich, bei zahlreichen Zuchtstämmen gesicherte Mehrerträge nachzuweisen.

Die Versuche 5—8 weisen einen ungewöhnlich niederen Grünmasseertrag auf. Dieser ist dadurch zustande gekommen, daß es sich um Versuche han-

Tabelle 2. Versuche nach der Gitterquadratmethode 1954.

Lfd. Nr.	Versuch	Art	Erntegut	Methode	Versuchsgliederung	dz/ha	GD 5% rel.
1	AI/51	Luzerne	Samen 1951	GM 5 × 5	25	1,7	35,6
2	AI/51	Luzerne	Samen 1952	GM 5 × 5	25	0,5	52,0
3	AI/51	Luzerne	Grünmasse 1951	GM 5 × 5	25	267,9	14,0
4	AI/51	Luzerne	Grünmasse 1952	GM 5 × 5	25	452,0	10,5
5	BIa+c/52	Gräser	Grünmasse 1952	GM 8 × 8	64	57,9	20,7
6	BIa+c/52	Gräser	Grünmasse 1953	GM 8 × 8	64	44,9	23,0
7	BIIa+c/52	Gräser	Grünmasse 1952	GM 11 × 11	121	78,4	5,2
8	BIIa+c/52	Gräser	Grünmasse 1953	GM 11 × 11	121	113,0	26,8
9	BVc/53	Gräser	Grünmasse 1953	GM 4 × 4	16	100,2	24,1
10	BVc/53	Gräser	Grünmasse 1954	GM 4 × 4	16	64,2	13,8
11	CI1b/54	Weißklee	Grünmasse 1954	GM 5 × 5	25	222,0	9,0
12	GIb2/51	Wicken	Körner	GM 5 × 5	25	21,1	16,2
13	GIa2/51	Wicken	Körner	GM 5 × 5	25	16,3	19,7
14	GIb1/53	Wicken	Körner	GM 5 × 5	25	9,2	18,9
15	GIb1/54	Wicken	Körner	GM 5 × 5	25	8,2	21,8
16	GIb1/51	Wicken	Grünmasse	GM 5 × 5	25	257,1	9,0
17	GIa1/51	Wicken	Grünmasse	GM 5 × 5	25	169,4	16,0
18	GIb2/53	Wicken	Grünmasse	GM 5 × 5	25	152,0	12,5
19	GIb2/54	Wicken	Grünmasse	GM 5 × 5	25	80,0	16,9
20	GIb1/51	Wicken	Heu	GM 5 × 5	25	41,5	10,4
21	GIa1/51	Wicken	Heu	GM 5 × 5	25	39,2	22,8
22	GIb2/54	Wicken	Heu	GM 5 × 5	25	20,0	16,7
23	LI/50	Hirse	Körner	GM 13 × 13	169	29,1	12,7
24	LI/51	Hirse	Körner	GM 8 × 8	64	27,6	10,7

war. Bei manchen Versuchen war die Parzellengröße nur wenige m², bei anderen nicht über 12 m². Diese Verkleinerung der Parzellen ist möglich aufgrund der Überlegung, daß die Mindestzahl Pflanzen je Parzelle je nach Kulturart zwischen 100 und 200 liegen soll. Diese Zahl von Einzelpflanzen ist bei den vorliegenden Versuchen immer erreicht.

Die meisten Versuche der Tab. 2 sind ohne Wege zwischen den Blocks angelegt worden. Dadurch werden Randwirkungen ausgeschaltet. Durch Anlegen eines Randstreifens von 0,5—1,0 m rund um den Versuch entsteht ein geschlossener Bestand. Die Nachbarwirkung ist in den meisten Fällen ohne Bedeutung, da es sich in der Regel um Prüfung von Zuchtstämmen handelt, die sich in ihrer Wuchshöhe nur wenig unterscheiden.

Im einzelnen ist zu den Versuchen folgendes zu sagen:

Bei den Versuchen 1 und 2 handelt es sich um die Prüfung von Zuchtstämmen von Luzerne, die im Hinblick auf ihre Samenertragsfähigkeit ausgelesen worden sind. Die GDn von 35 bzw. 52% sind zwar außerordentlich hoch; dennoch waren gesicherte Differenzen nachweisbar, da sich die Zuchtstämme bis zu 70% im Samenertrag unterschieden. Der Samenertrag bei Luzerne ist eine außerordentlich leicht modifizierbare Eigenschaft. Schon kleinste mikroklimatische

delt, bei denen die Gräser (Knaulgras und Glatthafer) einzelpflanzenweise gesetzt waren. Die Pflanzenzahl je Parzelle betrug nur 3 oder 5. Nach den allgemeinen Regeln ist diese Pflanzenzahl zu klein. Bei derartigen Versuchen geht ein Teil der Streuung innerhalb des Versuchsgliedes in die Block- und Säulenstreuung über. Die Grenzdifferenzen werden dadurch zu hoch. Sie können aber niemals zu niedrig sein. Wenn mit den erzielten Grenzdifferenzen von 20—27% gesicherte Abweichungen nachweisbar sind, dann sind diese auf jeden Fall real. Die aus dem Rahmen fallende Grenzdifferenz von 5% beim Versuch 7 ist durch unerklärliche Ursachen, nicht aber durch einen Rechenfehler zustande gekommen.

Bei den gedrillten Gräserversuchen 9 und 10 ist ein etwa normaler Grünmasseertrag und die gleiche Grenzdifferenz wie bei den Versuchen 5—8 erzielt worden.

Der Weißkleeversuch Nr. 11 mit dem als gut zu bezeichnenden Grünmasseertrag von 222 dz von 1 Schnitt war so angelegt, daß der Grundplan wiederholt wurde. Dadurch kamen anstelle der für den 5×5-Versuch notwendigen 3 Teilstücken 6 Teilstücke zustande. Die Wirkung auf die Grenzdifferenz (9,0%), ist eklatant. Daraus muß die Lehre gezogen werden, daß beim 5×5-Versuch dann der Grundplan wiederholt werden muß, wenn der Nachweis geringer Diffe-

renzen erforderlich ist. In diesem Falle wird der Verrechnungsgang für die Versuche nach der Formel $k + 1$ angewendet.

Die zahlreichen Versuche mit Wicken (Nr. 12–22), bei denen z. T. die Ermittlung der Körnerertragsfähigkeit, z. T. die Erträge an Grünmasse und Heu das Ziel waren, haben bei normalen Körner- und Grünmasseerträgen normale Grenzdifferenzen ergeben. Wenn es mit diesen Grenzdifferenzen auch nicht möglich ist, kleine Unterschiede zwischen den Zuchtstämmen als real nachzuweisen, so ist hierzu zu sagen, daß Differenzen von wenigen Prozent z. B. bei der Grünmasse ohne jedes Interesse für den Praktiker sind. Die durch Anbaubedingungen und Boden entstehenden Unterschiede sind unvergleichbar größer als diejenigen zwischen Stämmen und Sorten.

Der Hirseversuch Nr. 23, der ein 13×13 -Gitterquadrat darstellt, hat bei einem mittleren Ertrag von ca. 30 dz eine Grenzdifferenz von 12,7% ergeben. Meines Wissens ist ein Gitterquadratversuch in dieser Größe in Deutschland noch nicht angelegt worden. Die dabei gesammelten Erfahrungen zeigen, daß auch ein Versuch in dieser Größe durchaus technisch durchführbar ist. Gerade hierbei macht sich die oben beschriebene Verwendung von Standort-Nummern sehr vorteilhaft bemerkbar.

Einige weitere Versuche des Jahres 1954 sind zur Zeit dieser Zusammenstellung noch nicht ausgewertet. Sie werden das Gesamtbild kaum verändern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die bisher in Deutschland kaum verwendete Gitterquadratmethode technisch durchführbar ist. Bei Verwendung der angegebenen Erleichterungen (Standortnummern und Verrechnungsschema) ist der Aufwand für die Auswertung der Versuche nicht größer als bei anderen Versuchsmethoden, wenn die Zahl der Versuchsglieder gegeben ist.

Zusammenfassung.

Die Grundlagen der Gitterquadratmethode werden soweit erörtert, wie es für die praktische Anwendung erforderlich ist. In Tabellen werden die Teilstückzahlen, welche die einzelnen Versuchsgrößen notwendig machen, gegeben.

Es wird darauf hingewiesen, daß durch Verwendung von Standortnummern die technische Durchführung der Versuche wesentlich erleichtert wird.

Zur Verrechnung wird auf Schemata hingewiesen, von denen im Rahmen dieser Erörterung nur ein Beispiel gebracht werden kann.

Die in der Futterpflanzenabteilung des Instituts für Acker- und Pflanzenbau, Müncheberg, seit 1954 nach der Gitterquadratmethode angelegten und ausgewerteten Versuche sind in einer Tabelle zusammengefaßt. Eine Besprechung der einzelnen Versuche ergab, daß die erzielten Grenzdifferenzen dem Normalen entsprechen.

Es kann gesagt werden, daß die technischen und verrechnungsmäßigen Schwierigkeiten der GM bei weitem nicht so groß sind, wie bisher angenommen wurde, und es wird besonders dem Pflanzzüchter empfohlen, die Methode in stärkerem Maße für die Prüfung von zahlreichen Zuchtstämmen anzuwenden.

Literatur.

1. Cochran, W. G. and G. Cox: *Experimental Designs*, John Wiley and Sons, New York, 1950. — 2. Mudra, A.: *Einführung in die Methodik des Feldversuchs*, Hirzel, Leipzig, 1952. — 3. Snedecor, G. W.: *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*, Iowa State College Press, Ames (Iowa), 4. Aufl., 1948. — 4. Zimmermann, K. F.: *Technik der Pflanzenzüchtung und des Versuchswesens*. Hirzel, Leipzig, 2. Aufl. 1953, 3. neubearbeitete Auflage im Druck. — 5. Zimmermann, K. F.: *Feldversuchswesen, Probleme und Versuche*. „Der Züchter“ 24, 116–127, 1954.

(Aus dem Institut für Züchtungsbiologie der Universität Rostock.)

Rhizoctonia-Resistenzprüfung an Sämlingen einiger Wild- und Kulturkartoffeln.

Von R. FOCKE.

(Mit 4 Textabbildungen.)

Die praktische Kartoffelzüchtung beschäftigte sich in den letzten Jahren stärker mit den Möglichkeiten einer Züchtung *Rhizoctonia*-resistenter Kartoffelsorten und mit der Ermittlung von Wildkartoffelarten mit einem unseren Kultursorten überlegenen Resistenzgrad.

CORSANT entwickelte bereits 1915 einen Test, der gut geeignet für Serienuntersuchungen an Kartoffelknollen ist. HOFFERBERT und ORTH (1951) verwendeten eine der CORSANTSchen ähnliche Methode zur Prüfung ihrer zahlreichen Kartoffelstämme, die sogenannte Knollenstreifeninfektion. K. O. MÜLLER (1947) prüfte die *Rhizoctonia*-Anfälligkeit einiger Kartoffelsorten im Freilandversuch durch Bestreichen eines Teiles der Pflanzknollen mit *Rhizoctonia*-Myzel und schloß dann auf Grund der aufgetretenen Ertragsdifferenzen zwischen beimpften und nicht beimpften Knollen auf die Anfälligkeit der Sorten. RICHTER und SCHNEIDER (1950)

untersuchten nach einer von ihnen entwickelten Feuchtkammer-Infektionsmethode an abgeschnittenen Dunkelkeimen im Labor und in ähnlich den von K. O. MÜLLER durchgeführten Freilandversuchen eine große Anzahl Kartoffelsorten auf Resistenzunterschiede gegenüber *Rhizoctonia solani* K.

Nach den ersten Ergebnissen der Freilandversuche von RICHTER und SCHNEIDER (1950) konnte ein sortenunterschiedliches Verhalten gegenüber dem Pilz angenommen werden, die nun vorliegenden Gesamtergebnisse von Prüfungen an 37 Kulturkartoffelsorten und 56 Wildkartoffelarten jedoch müssen das Vorhandensein eines solchen ausschließen. HOFFERBERT und ORTH konnten ein sortenunterschiedliches Verhalten in der *Rhizoctonia*-Anfälligkeit beobachten, doch waren diese Unterschiede nach der Meinung genannter Autoren so gering, daß nicht die Anfälligkeit der Sorten, sondern ihr Regenerationsvermögen die