

Über den Einfluß von Standraum und Aussaatmenge auf den Ertrag (bei Getreide)

Von O. KÖSTLIN, Königsberg

Mit 4 Figuren

Einleitung

Das Problem der zweckmäßigsten Aussaatmenge ist im Laufe der letzten Jahre in vielen Fachzeitschriften erörtert worden. Viele Veröffentlichungen von Versuchsergebnissen lassen das lebhafteste Interesse erkennen, das in der landw. Praxis für diese Frage besteht. Es liegen auch eingehende wissenschaftliche Untersuchungen vor, die sich mit Beziehungen zwischen Aussaatmenge und Ertrag befassen. Besonders hervorheben möchte ich die Arbeiten MITSCHERLICH'S auf diesem Gebiet. Sein Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren soll mir im folgenden als Grundlage für meine Untersuchungen dienen, die Benutzung dieses Hilfsmittels wird ein Hindurchfinden durch das Vielerlei der verschiedenen Beziehungen und Verhältnisse wesentlich erleichtern.

Die Mannigfaltigkeit, die diesen verwickelten Fragenkomplex auszeichnet, brachte es mit sich, daß sich ganz verschiedene Ansichten herausbildeten. Ich erwähne zunächst nur zwei Hauptgruppen: die Verfechter der *Dünnsaat* und deren Gegner.

Zugunsten der Dünnsaat wird angeführt:

Hohe Erträge trotz *Saatgutersparnis*,
größere *Halmfestigkeit*,
bessere *Kornqualität* usw.

Ihre Gegner betonen, daß höchste Erträge nur bei verhältnismäßig starker Aussaat erreichbar sind, daß das *Risiko* bei Dünnsaat viel zu hoch, daß Dünnsaat auf armen Böden überhaupt nicht in Frage käme usw.

Ich habe hier einige wesentliche Punkte hervorgehoben, um kurz die Bedeutung der zu untersuchenden Frage zu skizzieren.

Dabei habe ich bewußt die Gegensätze nicht allzu stark betont, um zum Ausdruck zu bringen, daß unter *bestimmten* Verhältnissen die Dünnsaat sehr zweckmäßig sein kann, daß aber unter anderen (weniger günstigen) Verhältnissen dichtere Saat unbedingt zu empfehlen ist. Leider ist gerade von seiten der Dünnsaatanhänger

oft versucht worden, die gefundenen günstigen Ergebnisse auf die Allgemeinheit zu übertragen. Die Befolgung ihrer Ratschläge mußte deshalb in allen denjenigen Fällen zu Mißerfolgen führen, wo die notwendigen Voraussetzungen fehlten.

Im folgenden sollen zunächst die Beziehungen zwischen Aussaatmenge und Ertrag bei *normalen* Verhältnissen eingehend untersucht werden, um dann später die *extremen* Verhältnisse leichter behandeln zu können.

Es wird sich zeigen, daß die normalen Verhältnisse über Erwarten selten sind, und daß schon deshalb kein allgemeines Rezept aufgestellt werden kann. Nur örtliche Versuche führen hier zum Ziel, nur dadurch läßt sich die zweckmäßigste Aussaatmenge bestimmen.

Ich gebe zuerst einen kurzen Überblick über das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren von MITSCHERLICH und seine Anwendung auf die zu untersuchenden Fragen.

MITSCHERLICH hat nachgewiesen, daß Standraum bzw. Aussaatmenge als Wachstumsfaktoren zu betrachten sind und daß sein Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren innerhalb der üblichen Aussaatmengen, d. h. bis zu einem Optimum der Saatstärke in beiden Fällen volle Gültigkeit hat. Er drückt dies folgendermaßen aus¹⁾: „Je größer der Standraum der einzelnen Pflanze ist, um so besser ist ihre Entwicklung und um so besser mithin die *Qualität* ihres Ertrages; je kleiner der Standraum der einzelnen Pflanze ist, je dichter also die Aussaat erfolgt, um so größer ist die *Quantität* des Ertrages auf der Flächeneinheit (dz pro ha).“

In einer anderen Abhandlung stellt er fest: „Das Gesetz der physiologischen Beziehungen trifft in 1. Annäherung zu a. für die Abhängigkeit des Ertrages der einzelnen Pflanze von der Größe des ihr zur Verfügung stehenden Standraumes; es trifft zu b. für die Abhängigkeit des Ertrages eines Meters Drillsaat von der Größe der Entfernung der einzelnen Drillreihen; es trifft zu c. für die Abhängigkeit des Ertrages einer Fläche Landes von der Stärke der Aussaat²⁾.“

Die Beziehung b. wird im folgenden nicht berücksichtigt, weil alle Versuche auf 20 cm Reihentfernung gedrillt wurden.

Aus der Beziehung c. geht demnach hervor, daß der Flächen-ertrag mit steigender Aussaatmenge zunimmt, und zwar ist der je-

1) MITSCHERLICH, Fühlings landw. Ztg. 1919, Heft 7/8, Seite 121. — 2) MITSCHERLICH, Landw. Jahrb. 1919, Bd. LIII, Seite 360.

weilige Zuwachs immer direkt proportional der am Höchstertrag fehlenden Gewichtsmenge. Es besteht die Beziehung:

$$\frac{dx}{dy} = (A - y) \cdot c,$$

die integriert in die Gleichung

$$\log (A - y) = \log A - c \cdot x$$

und entlogarithmiert in die Gleichung

$$y = A (1 - e^{-c \cdot x})$$

übergeht. In diesen Gleichungen bedeutet y den einer bestimmten Aussaatmenge x entsprechenden Ertrag. Die beiden konstanten Größen sind A und c , die zunächst bestimmt werden müssen. A stellt den durch den Wachstumsfaktor Aussaatmenge bzw. Standort erzielbaren Höchstertrag dar. c ist der Wirkungswert (Steigungskoeffizient), der die Krümmung der Ertragskurve bestimmt und um so mehr beeinflusst, je größer er im Vergleich zu x ist.

Graphisch dargestellt ergibt sich eine Kurve, die im Nullpunkt entspringt, die je nach Größe des Wirkungswertes allmählich oder rascher ansteigt, um sich dann in mehr oder weniger scharfer Biegung einem als horizontale Linie gedachten Höchstertrage asymptotisch zu nähern, den sie theoretisch erst im Unendlichen erreicht.

Zunächst soll nun über eigene in den Jahren 1925—27 in Wargenau b. Cranz in Ostpreußen durchgeführte Versuche an Hafer und Gerste kurz berichtet werden.

Wachstumsbedingungen und Versuchsanlage:

1925

Lage des Feldes: eben, Kulturzustand: gut, Vorfrucht: Wrucken mit Stalldung, Bodenart: humoser Lehm, Versuchsfrucht: Köstlins Propsteier Gerste, Düngung: 60 Pfd. Leuna-Salpeter pro Mrg. Aussaat: am 24. IV. 25. Ernte: am 4. VIII. 25. Witterung: a) Niederschläge im April 62 mm, im Mai 35 mm, im Juni 105 mm, im Juli 108 mm, im August 115 mm Regen. Am 8. VII. Wolkenbruch mit 56 mm Regen. b) Temperaturen: im allg. normal, Trockenperiode vom 8.—26. VII.

Der Versuch wurde mit der 4-reihigen Handdrillmaschine „Hallensis“ ausgesät und 6-fach wiederholt. Die Parzellengröße war $12\frac{1}{2}$ qm bei einer Reihenentfernung von 20 cm. Reihenfolge der Parzellen und der Wiederholungen nach System MITSCHERLICH. Der Abstand der einzelnen Parzellen betrug 30 cm, um die Rand-

wirkung bis zu einem gewissen Grade auszuschalten. Der Versuch erhielt eine einfache Handhacke.

Beobachtungen:

Die 25 und 30 Pfd.-Parzellen waren wegen ungleicher Aussaat lückenhaft aufgelaufen, was auch im Ertrag deutlich zum Ausdruck kam. Diese Parzellen zeichneten sich jedoch bald aus durch satte, dunkelgrüne Farbe und üppigere Blattentwicklung. Es ist daher anzunehmen, daß hier eine besonders intensive Assimilation und lebhafte Nährstoffumsetzung erfolgte. Das Schossen verzögerte sich bei diesen Parzellen und war später beendet, in der Reife waren jedoch keine großen Unterschiede zu erkennen, so daß alle Parzellen gleichzeitig geerntet werden konnten. Hervorzuheben ist, daß die dichter gesäten Parzellen schon früh in Lager gingen, während die 25 und 30 Pfd.-Parzellen bis zur Ernte fast vollkommen aufrecht blieben. Der Versuch litt ziemlich stark unter Rost und kurz vor der Ernte unter Notreife, die durch die bereits erwähnte Hitzewelle Ende Juli verursacht wurde. Die Ergebnisse wurden nach dem Ausgleichsverfahren von MITSCHERLICH verrechnet, weil das Versuchsfeld sich nach der einen Seite ziemlich gleichmäßig verschlechterte.

1926

Lage des Feldes: eben; Kulturzustand: gut; Vorfrucht: Rüben mit Stalldung; Bodenart: humoser Lehmboden; Versuchsfrucht: 1. Propsteier Gerste; 2. Heils Franken-Gerste; 3. Lembkes Baldur und 4. Svalöfs Goldregen-Hafer. Aussaat am 28. IV. 26.

Ernte von Gerste am 7. VIII. 26; Ernte von Hafer am 21. VIII. 26.

Düngung: 40 Pfd. Leuna-Salpeter pro Mrg. Witterung: zu Beginn sehr günstig, später wurde der Versuch durch drei wolkenbruchartige Regen ungünstig beeinflusst.

Im April 32 mm, im Mai 117 mm, im Juni 97 mm, im Juli 103 mm, im August 88 mm, am 22. Mai allein 53 mm, am 22. Juni 54 mm, am 20. Juli 47 mm Regen.

Bei allen 4 Versuchen wurden die drei Dünnsaatparzellen von Hand ausgelegt, die drei übrigen Parzellen mit der kleinen Drillmaschine Hallensis gedrillt. Die Parzellengröße war 5 qm bei 4-facher Wiederholung. (Anlage nebeneinander nach System MITSCHERLICH) 2mal von Hand gehackt.

Beobachtungen:

Die beiden Haferversuche litten unter ziemlich starkem Rostbefall, außerdem unter Fritfliege und *Trips*-Befall, was z. Tl. auf

die verhältnismäßig späte Saat zurückzuführen ist. Die Dünnsaatparzellen bei Hafer zeigten extrem *starke* Halmentwicklung bei sehr geringer Bestockung. Bei Gerste zeichneten sich die Dünnsaatparzellen durch *längere* Ähren- und Halmentwicklung aus, Schossen und Reife erfolgte ähnlich wie 1925, so konnte die Ernte aller Parzellen eines Versuches gleichzeitig erfolgen. Die Ergebnisse wurden nach dem MITSCHERLICH'Schen Ausgleichsverfahren verrechnet.

1927

Lage des Feldes: eben, Kulturzustand: gut, Bodenart: humoser Lehm, Vorfrucht Wrucken mit Stallung, Versuchsfrucht:

1. Propsteier Gerste. 2. Köstlins Rotgrann-Gerste. 3. Lembkes Baldur. 4. Sval. Goldregen Hafer (die gleichen Sorten wie 1926 außer Rotgrannige, letztere Sorte wurde als Ersatz gewählt, weil Heils Franken ausverkauft war). Aussaat am 3. Mai 1927. Ernte von Propsteier Gerste am 9. August 1927. Ernte von Rotgranniger Gerste am 15. August 1927. Ernte beider Haferversuche am 22. August 1927. Düngung: 40 Pfd. Leuna-Salpeter pro Mrg. Witterung: a) Niederschläge: im April 60 mm Regen, im Mai 46 mm Regen, im Juni 85 mm Regen, im Juli 30 mm Regen, im August 92 mm Regen (Niederschläge häufig, jedoch geringe Mengen). b) Temperaturen: Das Frühjahr war verhältnismäßig kalt, deshalb konnte erst sehr spät gesät werden. Erst gegen Ende Mai wurde es langsam wärmer, im Juni und Juli stiegen dann die Temperaturen sehr hoch. Die Entwicklungsbedingungen waren also in dieser Zeit denkbar günstig und die Versuche zeigten auch ein *sehr üppiges Wachstum*, was dann allerdings auch zu starker Lagerung führte.

Bei allen 4 Versuchen wurden die 2 Dünnsaatparzellen von Hand ausgelegt, die 3 übrigen Parzellen mit der kleinen Drillmaschine Hallensis ausgesät. Die Parzellengröße war 10 qm bei 4-facher Wiederholung. (Anlage nach System MITSCHERLICH nebeneinander) Vers. 2 mal gehackt.

Beobachtungen:

Die Unterschiede im Längenwachstum zwischen dünner und dichter Saat traten in diesem Jahre besonders deutlich in Erscheinung. Zunächst zeigten die dichteren Bestände ein *rascheres* Längenwachstum, die Einzelpflanzen trieben sich hier gegenseitig in die Höhe (dem Licht entgegen), während die dünneren Bestände ihre Hauptkraft für die Bestockung nötig hatten.

Mit dem Schossen ändert sich das Bild, die Unterschiede in der Halmlänge hatten sich ausgeglichen, nachdem das Schossen been-

digst war. Die Dünnsaatparz. schoßten wohl 3—4 Tage später, über-
ragten aber bald nach dem Schossen die anderen Parzellen. (Lage-
rung erfolgte bei Dünnsaat später und weniger stark.)

Während die Dünnsaatparzellen bei Gerste bald den Eindruck
eines vollkommen geschlossenen Bestandes boten (vermöge der
guten Bestockung), war dies bei Hafer nicht der Fall. Bei Baldur-
Hafer haben sich die Lücken erst kurz vor dem Schossen ausge-
glichen, der Eindruck der Dünnsaatparzellen bei Goldregen-
Hafer blieb bis zur Ernte lückenhaft.

Trotzdem die Wachstumsbedingungen in den 3 verschiedenen
Jahren große Unterschiede zeigten, blieb die Vegetationszeit beinahe
unverändert, wie folgende Zahlen beweisen:

Propsteier-Gerste	1925	101	Tage
„	„	1926	101
„	„	1927	103
„	„	1924	103

letztere Zahl stammt aus einem Saatstärkeversuch in Warge-
nau, dessen Ergebnisse aber nicht für diese Arbeit verwertet
wurden.

Zur Technik der Saatstärkeversuche

Wie eben erwähnt, ist bereits 1924 ein Saatstärke-Versuch in
Wargenau von mir angelegt worden. Ich variierte damals die Saat-
stärken von 40—80 Pfd. pro Morgen und legte den Versuch mit
der großen Wirtschaftsdrillmaschine an. Das Ergebnis war un-
vollkommen und ich suchte den Fehler in der Art der Anlage. In
den folgenden Jahren habe ich alle Versuche mit der kleinen Drill-
maschine angelegt, weil die Versuchsanlage damit bedeutend ein-
facher und zweckmäßiger gestaltet werden kann, außerdem säen die
Wirtschaftsdrillmaschinen im allgemeinen zu ungenau. Ich bin mir
bewußt, daß die unter diesen Umständen erzielten Ergebnisse nicht
ohne weiteres auf den Feldbestand übertragen werden dürfen; ich
war zu diesem Kompromiß aus folgenden Gründen gezwungen.

Das Ergebnis von 1924 hatte mir gezeigt, daß es notwendig ist,
mit der Saatstärke sehr weit herabzugehen, um mit einiger Sicher-
heit Schlüsse auf die zweckmäßigste Aussaatmenge ziehen zu
können. Ich wählte deshalb 1925 die Saatstärken von 25—75 Pfd.,
1926 von 12½—66 und 1927 von 13—69 Pfd. pro Morgen.

Der erhoffte Erfolg blieb 1925 aus, weil die kleine Drillmaschine
Hallensis nicht in der Lage war, eine Aussaatmenge von 25 und
30 Pfund gleichmäßig auszusäen. Die dadurch entstandenen Lücken

beeinträchtigten das Ergebnis erheblich und der Wert desselben ist nur unbedeutend.

Ich sah mich deshalb in den folgenden Jahren gezwungen, die Dünnsaatparzellen von Hand zu legen, da ich mehr und mehr die Notwendigkeit erkannt hatte, gerade die Parzellen mit niedriger Aussaatmenge in den Versuch einzubeziehen und zu beobachten. Die Berechnungen der Ertragskurven, die ich später durchführte, überzeugten mich vollends von dieser Notwendigkeit. (Ich komme darauf noch zurück.)

Selbstverständlich erhöht sich die Sicherheit des Ergebnisses, je mehr Beobachtungen vorliegen, es ist deshalb nötig, mehrere Abstufungen in der Aussaatmenge vorzunehmen. Ich wählte anfangs 6 verschiedene Saatstärken, bin dann aber 1927 auf 5 zurückgegangen, um an Arbeit zu sparen. Diese Grenze sollte jedoch nach unten auf keinen Fall überschritten werden.

Die Parzellengröße wird zweckmäßig nicht unter 10 qm gewählt, weil sonst leicht die Versuchsfehler zu groß werden. Dennoch ging ich 1926 auf 5 qm herab, weil ich genötigt war, 3 Dünnsaatparzellen von Hand zu legen. Ich war mir bewußt, daß dadurch der Erfolg des Versuches in Frage gestellt wurde und daß er nur gelingen konnte bei äußerst präziser Arbeit und günstiger Jugendentwicklung.

Um eine möglichst gleichmäßige Belichtung und möglichst geringe gegenseitige Beeinflussung zu erreichen, legte ich die dichtgesäten Parzellen nach der Mitte der Versuchsreihe. Ich hatte z. B. 1925 folgende Reihenfolge: 1. 25 Pfd., 2. 40 Pfd., 3. 60 Pfd., 4. 75 Pfd., 5. 50 Pfd., 6. 30 Pfd. und daran anschließend 25 Pfd. Die Randwirkung auf die Nachbarparzellen wird dadurch reduziert, auch der Trennungstreifen von 30 cm zwischen den einzelnen Parzellen scheint nach ZADE keinen ungünstigen Einfluß auszuüben¹⁾. 1925 und 1927 hatte ich solche Trennungstreifen gewählt, während 1926 bei der Anlage kein besonderer Abstand frei blieb. Hier wurde erst kurz vor dem Schossen eine Reihe herausgenommen, um damit die einzelnen Parzellen deutlich zu trennen. In diesem Falle hielt ich dieses Vorgehen für nötig, um bei den kleinen Parzellen Fehler infolge Randbeeinflussung zu vermeiden.

Die Parzellenausmaße wurden in allen Jahren so berechnet, daß kurz vor der Ernte an beiden Kopfenden der Parzellen ca. $\frac{1}{2}$ m Rand weggeschnitten werden konnte. So waren z. B. 1925 die anfänglichen Ausmaße $17 \cdot 0,8$, bei der Ernte $15,6 \cdot 0,8 = 12,5$ qm.

¹⁾ ZADE, Beiträge zur Pflanzenzucht 1922.

Dieses Verfahren erscheint mir notwendig, weil nach meinen Beobachtungen der Rand an den Kopfdenden immer besonders ungleich ist und weil vom Wege aus, der rings um den Versuch läuft, häufig Pflanzen umgetreten werden.

Die Aussaatmenge wurde 1926 und 1927 so berechnet, daß beide Gerstensorten unter gleichen Bedingungen, nämlich bei gleicher Pflanzenzahl gegenübergestellt wurden. Das gleiche gilt für die beiden Hafersorten. Der Standraum von 0.0160 qm ist bei Hafer schon zu groß, dagegen darf hier ruhig bis auf 0.0025 qm herabgegangen werden.

Tabelle I

Propsteier-Gerste 1925

Aussaat (dz/ha)	Kornerträge (dz/ha)		Stand- raum qm	Kornerträge von 1 ausges. Korn (gr)	
	gefunden	berech.		gefunden	berech.
0,5	20,0 ± 0,12	20,4	0,0090	1,80 ± 0,011	1,86
0,6	21,4 ± 0,44	22,3	0,0075	1,61 ± 0,033	1,67
0,8	23,2 ± 0,24	24,9	0,0056	1,47 ± 0,013	1,38
1,0	23,6 ± 0,10	26,5	0,00445	1,20 ± 0,004	1,17
1,2	27,6 ± 0,18	27,5	0,00375	1,04 ± 0,007	1,02
1,5	28,2 ± 0,20	28,3	0,0030	0,85 ± 0,006	0,85
log (29 - y) = 1,4624 - 1,06 x			log (2,8 - y) = 0,4472 - 52,5 x		

Propsteier-Gerste 1926

0,247	31,6 ± 0,34	29,5	0,0160	5,06 ± 0,054	5,11
0,33	32,4 ± 0,28	32,3	0,0120	3,89 ± 0,034	3,97
0,495	33,8 ± 0,30	34,9	0,0080	2,70 ± 0,024	2,75
0,66	34,8 ± 0,22	35,6	0,0060	2,09 ± 0,013	2,10
0,99	35,8 ± 0,44	35,9	0,0040	1,43 ± 0,018	1,43
1,32	36,4 ± 0,54	36,0	0,0030	1,09 ± 0,016	1,08
log (36 - y) = 1,5563 - 3 x			log (19 - y) = 1,2788 - 8,5 x		

Heils Franken-Gerste 1926

0,35	34,0 ± 0,66	33,7	0,0160	5,44 ± 0,106	5,43
0,467	36,6 ± 0,48	35,5	0,0120	4,39 ± 0,058	4,19
0,70	36,4 ± 0,74	36,7	0,0080	2,91 ± 0,059	2,87
0,93	36,2 ± 0,80	36,9	0,0060	2,17 ± 0,048	2,17
1,40	36,4 ± 0,86	37,0	0,0040	1,46 ± 0,034	1,47
1,867	37,4 ± 0,64	37,0	0,0030	1,12 ± 0,019	1,11
log (37 - y) = 1,5682 - 3 x			log (27,4 - y) = 1,4378 - 6,0 x		

Tabelle II

Svalöfs Goldregen-Hafer 1926

Aussaat (dz/ha)	Kornerträge (dz/ha)		Stand- raum qm	Kornerträge von 1 ausges. Korn (g)	
	gefunden	berech.		gefunden	berech.
0,207	20,6 ± 0,36	18,4	0,0160	3,30 ± 0,058	3,33
0,276	21,6 ± 0,14	21,3	0,0120	2,58 ± 0,017	2,73
0,414	24,0 ± 0,32	24,8	0,0080	1,92 ± 0,026	2,00
0,828	26,6 ± 0,66	27,9	0,0040	1,06 ± 0,026	1,10
1,102	28,8 ± 0,48	28,2	0,0030	0,86 ± 0,014	0,84
1,324	28,0 ± 0,44	28,3	0,0025	0,70 ± 0,011	0,71
log (28,3 - y) = 1,4518 - 2,2 x			log (6 - y) = 0,7782 - 22 x		

Lembkes Baldur-Hafer 1926

0,234	22,4 ± 0,48	20,8	0,0160	3,58 ± 0,077	3,52
0,312	23,8 ± 0,42	23,4	0,0120	2,85 ± 0,050	2,86
0,469	23,2 ± 0,72	26,1	0,0080	1,86 ± 0,058	2,07
0,938	27,6 ± 0,38	27,9	0,0040	1,10 ± 0,015	1,12
1,25	27,8 ± 0,30	28,0	0,0030	0,83 ± 0,009	0,86
1,50	29,2 ± 0,54	28,0	0,0025	0,73 ± 0,014	0,73
log (28 - y) = 1,4472 - 2,5 x			log (7 - y) = 0,8451 - 19 x		

Svalöfs Goldregen-Hafer 1927

0,25	30,0 ± 0,40	29,2	0,0120	3,60 ± 0,048	3,72
0,375	33,8 ± 0,52	32,8	0,0080	2,70 ± 0,042	2,60
0,75	34,2 ± 0,52	35,3	0,0040	1,37 ± 0,021	1,37
1,00	35,8 ± 0,76	35,5	0,0030	1,08 ± 0,023	1,04
1,20	35,2 ± 0,18	35,5	0,0025	0,88 ± 0,005	0,87
log (35,5 - y) = 1,5502 - 3 x			log (14,2 - y) = 1,1523 - 11 x		

Ergebnisse

Aus den Tabellen I—III ist zunächst zu entnehmen, daß die nach dem Wirkungsgesetz berechneten Werte sich den gefundenen Ertragszahlen recht gut anschließen. Demnach ist auch die Behauptung von STÄRK¹⁾ richtig, wenn er sagt, daß mit Erhöhung der Pflanzanzahl stets ein Mehrertrag verbunden sein muß, der um so kleiner wird, je dichter der Bestand schon ist.

Einschränkend möchte ich hier sofort hinzufügen, daß diese Beziehung nur bis zu einem Optimum besteht, das je nach Lage der Verhältnisse früher oder später zu erwarten ist.

Ich greife zunächst die Beziehungen von Aussaatmenge zu *Flächenertrag* heraus, um sie einer näheren Betrachtung zu unter-

¹⁾ STÄRK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1924/25. Heft 18.

Tabelle III
Lembkes Baldur-Hafer 1927

Aussaat (dz/ha)	Kornerträge (dz/ha)		Stand- raum qm	Kornerträge von 1 ausges. Korn (g)	
	gefunden	berech.		gefunden	berech.
0,375	37,0 ± 0,54	37,0	0,0120	4,44 ± 0,065	4,45
0,562	41,0 ± 0,30	39,2	0,0080	3,28 ± 0,024	3,07
1,124	39,0 ± 0,30	40,0	0,0040	1,56 ± 0,012	1,59
1,50	40,0 ± 0,24	40,0	0,0030	1,20 ± 0,007	1,20
1,80	38,6 ± 0,48	40,0	0,0025	0,97 ± 0,012	1,00
log (40 - y) = 1,6021 - 3 x			log (23,8 - y) = 1,3766 - 7,5 x		

Köstlins Propsteier-Gerste 1927

0,26	32,8 ± 0,36	32,1	0,0160	5,25 ± 0,058	5,07
0,414	33,4 ± 0,70	32,9	0,0100	3,34 ± 0,070	3,25
0,692	31,8 ± 0,44	33,0	0,0060	1,91 ± 0,026	1,99
1,036	31,8 ± 0,32	33,0	0,0040	1,27 ± 0,013	1,32
1,382	32,2 ± 0,80	33,0	0,0030	0,97 ± 0,024	1,01
log (33 - y) = 1,5185 - 6 x			log (37 - y) = 1,5682 - 4 x		

Köstlins Rotgrannige-Gerste 1927

0,286	30,8 ± 0,52	30,2	0,0160	4,93 ± 0,083	5,05
0,46	32,6 ± 0,44	33,5	0,0100	3,26 ± 0,044	3,32
0,766	35,0 ± 0,24	34,8	0,0060	2,10 ± 0,014	2,06
1,15	34,6 ± 0,40	35,0	0,0040	1,38 ± 0,016	1,39
1,532	34,8 ± 0,40	35,0	0,0030	1,04 ± 0,012	1,05
log (35 - y) = 1,5441 - 3 x			log (21,4 - y) = 1,3304 - 7,3 x		

ziehen. Zur besseren Verdeutlichung gebe ich die entsprechenden Gleichungen hier wieder:

Propsteier	25	log (29 - y) = 1,4624 - 1,06 x	(Gerste)
„	26	log (36 - y) = 1,5563 - 3 x	
„	27	log (33 - y) = 1,5185 - 6 x	
Heils Fr.	26	log (37 - y) = 1,5682 - 3 x	
Rotgrann.	27	log (35 - y) = 1,5441 - 3 x	

Baldur	26	log (28 - y) = 1,4472 - 2,5 x	(Hafer)
„	27	log (40 - y) = 1,6021 - 3 x	
Goldregen	26	log (28,3 - y) = 1,4518 - 2,2 x	
„	27	log (35,5 - y) = 1,5502 - 3 x	

Es interessieren hier natürlich nur die beiden Konstanten: Höchstertrag und Wirkungswert. Es ist nicht überraschend, daß

Tabelle IV
Ertragszusammenstellung 1926

Standraum qm	Pflanzenzahl in Millionen je 1 ha	Aussaat dz, ha	Kornertrag dz, ha	Kornertrag von 1 ausges. Korn (g)	Korn- ⁰ / ₁₀ - Anteil
1. Köstlins Propsteier-Gerste (1000-Korngewicht 39.5 g)					
0,0160	0,625	0,247	31,6	5,06	34,6
0,0120	0,83	0,33	32,4	3,89	36,2
0,0080	1,25	0,495	33,8	2,70	37,0
0,0060	1,67	0,66	34,8	2,09	38,5
0,0040	2,50	0,99	35,8	1,43	38,2
0,0030	3,33	1,32	36,4	1,09	37,8
2. Heils Frankengerste (1000-Korngewicht 56 g)					
0,0160	0,625	0,35	34,0	5,44	40,5
0,0120	0,83	0,467	36,6	4,39	39,6
0,0080	1,25	0,70	36,4	2,91	40,3
0,0060	1,67	0,93	36,2	2,17	42,3
0,0040	2,50	1,40	36,4	1,46	42,2
0,0030	3,33	1,867	37,4	1,12	42,7
3. Svalöfs Goldregen-Hafer (1000-Korngewicht 33 g)					
0,0160	0,625	0,207	20,6	3,30	33,8
0,0120	0,83	0,276	21,6	2,58	29,7
0,0080	1,25	0,414	24,0	1,92	31,6
0,0040	2,50	0,828	26,6	1,06	37,4
0,0030	3,33	1,102	28,8	0,86	35,9
0,0025	4,00	1,324	28,0	0,70	38,6
4. Lembkes Baldur-Hafer (1000-Korngewicht 37.5 g)					
0,0160	0,625	0,234	22,4	3,58	33,2
0,0120	0,83	0,312	23,8	2,85	33,0
0,0080	1,25	0,469	23,2	1,86	33,0
0,0040	2,50	0,938	27,6	1,10	37,8
0,0030	3,33	1,25	27,8	0,83	35,1
0,0025	4,00	1,50	29,2	0,73	39,0

Dabei bedeutet ein Standraum von beispielsweise 0,0160 qm, daß das Einzelkorn in der Reihe einen Abstand von 8 cm bei einer Reihentfernung von 20 cm hat, oder

0,0120 qm = 6 mal 20 cm, 0,0080 qm = 4 mal 20 cm

0,0040 qm = 2 mal 20 cm, 0,0030 qm = 1,5 mal 20 cm usw.

der Höchstertrag von Jahr zu Jahr verschieden hoch ist, je nachdem günstigere oder weniger günstige Wachstumsbedingungen vorherrschen.

Tabelle V

Ertragszusammenstellung 1927

Standraum qm	Pflanzenzahl in Millionen je 1 ha	Aussaat dz/ha	Kornertrag dz/ha	Kornertrag von 1 ausges. Korn (g)	Korn % Anteil
1. Köstlins Propsteier Gerste (1000-Korngew. 41,5 g)					
0,0160	0,625	0,26	32,8	5,25	37,0
0,0100	1,0	0,414	33,4	3,34	37,0
0,0060	1,67	0,692	31,8	1,91	37,0
0,0040	2,50	1,036	31,8	1,27	36,0
0,0030	3,33	1,382	32,2	0,97	36,0
2. Rotgrannige Gerste (1000-Korngew. 46 g)					
0,0160	0,625	0,286	30,8	4,93	32,0
0,0100	1,0	0,46	32,6	3,26	34,5
0,0060	1,67	0,766	35,0	2,10	34,5
0,0040	2,50	1,15	34,6	1,38	36,5
0,0030	3,33	1,532	34,8	1,04	37,0
3. Goldregen-Hafer (1000-Korngew. 30 g)					
0,0120	0,83	0,25	30,0	3,60	36,0
0,0080	1,25	0,375	33,8	2,70	38,0
0,0040	2,50	0,75	34,2	1,37	37,0
0,0030	3,33	1,0	35,8	1,08	38,0
0,0025	4,0	1,20	35,2	0,88	37,0
4. Baldur-Hafer (1000 Korngew. 45 g)					
0,0120	0,83	0,375	37,0	4,44	40,0
0,0080	1,25	0,562	41,0	3,28	41,0
0,0040	2,50	1,124	39,0	1,56	40,0
0,0030	3,33	1,50	40,0	1,20	39,0
0,0025	4,0	1,80	38,6	0,97	39,0

Auch die Wirkungswerte zeigen erhebliche Unterschiede, auch sie sind demnach von der Jahreswitterung abhängig. Wir dürfen deshalb mit keinem *konstanten* Faktor rechnen, eine Konstanz wäre nur denkbar, wenn alle Wachstumsfaktoren im Laufe der Jahre keinen Veränderungen unterworfen wären.

Bei näherer Betrachtung der umstehenden Wirkungswerte zeigt sich, daß die Zahl 3 wiederholt auftritt. Um das Bild schärfer hervorzuheben, gebe ich kurz eine Charakteristik der angeführten Versuche.

Propsteier 1925 litt unter Notreife, Propsteier 1927 litt unter starkem Lager, Baldur und Goldregenhafer litten 1926 unter Fritfliegenbefall und sonstigen ungünstigen Entwicklungsbedingungen. *Alle übrigen Versuche können als normal betrachtet werden. Viel-*

leicht darf demnach der Wirkungswert 3, der gerade bei diesen normalen Versuchen auftritt, als *Normalwirkungswert* aufgefaßt werden. (Für Hafer und Gerste.)

Wenn RAFFEL¹⁾ im Garten des Pflanzenbauinstitutes in Königsberg einen *konstanten* Wirkungswert gefunden hat, so beweist dies nur, daß sich hier die Wachstumsfaktoren innerhalb der betreffenden Jahre kaum verändert haben. Auf dem humusreichen Boden mit guter Gare, der hier vorherrscht, wäre dies denkbar.

Der oben angeführte Normalwirkungswert 3 hat wohl nur Gültigkeit für die guten Böden von Wargenau.

Es ist besonders hervorzuheben, daß bei Vorherrschen *ungünstiger Wachstumsbedingungen* der Wirkungswert unter die normale Höhe herabgedrückt wird. Die Ertragskurve würde also langsam ansteigen, um sich allmählich dem Höchstertage zu nähern. Hier wäre demnach Dünnsaat nicht am Platze, weil das Risiko zu hoch ist.

Wenn aber bei *üppiger Entwicklung* Lager eintritt, so haben darunter hauptsächlich die dichten Saaten zu leiden. Bei Propsteier-Gerste 1927 tritt uns diese Erscheinung entgegen, die dünneren Saaten werden dadurch begünstigt, die Ertragskurve steigt infolge des hohen Wirkungswertes steil an, um dann rasch in die horizontale Richtung umzubiegen.

Hier liegen in beiden Fällen bereits extreme Verhältnisse vor, die später noch sehr eingehend behandelt werden sollen.

Zur Vervollständigung möchte ich hinzufügen, daß allem Anschein nach die Stroherträge viel weniger unter Witterungseinflüssen zu leiden haben als die Kornerträge. Es ergaben sich bei Propsteier-Gerste in den Jahren 1924 bis 1927 folg. Mittelwerte in dz pro ha 1924 — 55.1, 1925 — 55.3, 1926 — 57.9 und 1927 — 62.6.

Demgegenüber war der Korn-Prozent-Anteil wesentlich größeren Schwankungen unterworfen, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht: 1924 — 40, 1925 — 31, 1926 — 38, 1927 — 35 Prozent.

WACKER kam in Hohenheim zu ähnlichen Ergebnissen²⁾.

Nachdem diese Beziehungen zwischen *Aussaatmenge* und *Flächenertrag* rein empirisch festgestellt wurden, dürfte es interessieren, auch die Ursachen für diese Erscheinungen zu finden. Dazu ist es nötig, die Veränderungen an der *Einzelpflanze bei*

¹⁾ RAFFEL, Dissert.: Die Beziehungen zwischen Standraum und Ertrag bei Getreide-Rein- und -Mengsaaten. Königsberg 1921.

²⁾ WACKER, Fühlings Landw. Zeitung 1922

wechselndem Standraum einer eingehenden Betrachtung zu unter-
ziehen.

Zunächst geht aus den in Tabelle I—III angeführten Gleichungen hervor, daß der Ertrag der Einzelpflanze mit größer werdendem Standraum nach dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren zunimmt. An Stelle des Einzelpflanzenenertrages habe ich allerdings den Ertrag eines ausgesäten Kornes gesetzt. Die Gründe, die mich dazu bewogen, sind folgende.

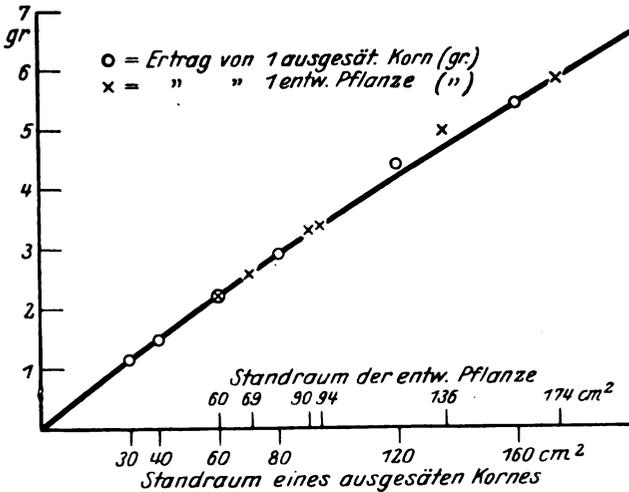


Fig. 1.

Es hat sich gezeigt, daß von den auflaufenden Körnern nur ein Teil zu Pflanzen entwickelt werden (siehe Tab. VI). Diese Beobachtung wird auch von STÄRK¹⁾ erwähnt, der außerdem feststellte, daß mit zunehmender Aussaatmenge der Protensatz der zugrunde gehenden Pflanzen sich erhöht, weil hier die Bedingungen zur Entwicklung aller Pflanzen um so weniger gegeben sind. In Tab. VI habe ich diesen Anteil der zur Entwicklung kommenden Pflanzen kurz mit „Elite-Prozent“ angegeben, weil diese durch natürliche Selektion zum Weiterleben bestimmt wurden, während der Rest im Kampf ums Licht zugrunde ging.

Wenn ich nun an Stelle des Einzelpflanzenenertrages den Ertrag eines ausgesäten Kornes setze, so bin ich dazu insofern berechtigt, als der Standraum in dem gleichen Maße zunimmt, wie die Pflanzenzahl pro Fläche abnimmt.

¹⁾ STÄRK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1924/25, Heft 13.

Die Vorteile meiner Methode liegen auf der Hand, ist es doch wesentlich einfacher, die ausgesäte Kornzahl für eine bestimmte Fläche zu berechnen, als die tatsächliche Pflanzenzahl mittels Probeentnahme aus dem Bestande mit vieler Mühe zu bestimmen. Bei letzterem Vorgehen sind außerdem Fehler nie ganz zu vermeiden, sobald der Pflanzenbestand nicht sehr ausgeglichen ist.

Zur Verdeutlichung füge ich die Kurve Fig. 1 hinzu. Als Beispiel wählte ich die Erträge von Heils Frankengerste 1926. Die Kreuze bedeuten darin die Erträge der Einzelpflanze, die Kreise stellen die Erträge eines ausgesäten Kornes dar.

Es zeigt sich, daß die Ertragskurve nicht verändert wird.

Ich greife nun aus den Tab. I—III die Gleichungen heraus, in denen der Ertrag eines ausgesäten Kornes als Funktion des Standraumes ausgedrückt ist.

Propsteier	1925	$\log (2.8 - y) = 0.4472 - 52.5 x$	extrem
„	1927	$\log (37 - y) = 1.5682 - 4 x$	„
Baldur	1926	$\log (7 - y) = 0.8451 - 19 x$	„
Goldregen	1926	$\log (6 - y) = 0.7782 - 22 x$	„
Propsteier	1926	$\log (19 - y) = 1.2788 - 8.5 x$	normal
Heils Fr.	1926	$\log (27.4 - y) = 1.4378 - 6 x$	„
Rotgrann.	1927	$\log (21.4 - y) = 1.3304 - 7.3 x$	„
Baldur	1927	$\log (23.8 - y) = 1.3766 - 7.5 x$	„
Goldregen	1927	$\log (14.2 - y) = 1.1523 - 11 x$	„

Aus obiger Zusammenstellung ist zu entnehmen, daß sich sowohl die Höchsterträge wie die Wirkungswerte stark unterscheiden. Auch bei den als normal bezeichneten Versuchen zeigt sich keine Übereinstimmung im Wirkungswert. Hier trifft aber die von MITSCHERLICH aufgestellte Beziehung¹⁾ zu:

$$k_1 \cdot k_2 \cdot 10 \cdot \text{der Aussaatmenge} = 1. \quad (\text{a})$$

Hierbei ist k_1 der Wirkungswert der Flächenertragsgleichung und k_2 der Wirkungswert der Gleichung der Einzelpflanzenerträge.

Wenn diese beiden Gleichungen auf die gleiche Einheit gebracht werden, vereinfacht sich die obige Beziehung und heißt dann:

$$k_1 \cdot k_2 \cdot 10 = 1. \quad (\text{b})$$

Die dazu notwendigen Umformungen führe ich an Hand eines Beispiels (Heils Franken 26) durch. Zunächst muß in der Gleichung für den Flächenertrag an Stelle von Aussaatmenge die entsprechende

¹⁾ MITSCHERLICH. Ein Beitrag zur Standraumweite usw. Landw. Jahrbücher 1919, Bd. LIII, S. 359.

Kornzahl eingesetzt werden. Dies gelingt uns durch folgende Überlegung:

$$x_1 = x_2 \cdot \frac{1000 - \text{Korngew. (g)}}{100}$$

Dabei ist x_1 = Aussaatmenge (dz/ha) und x_2 = Kornzahl in Mill. je ha. In der Gleichung:

$$\log(37 - y) = 1.5682 - 3x$$

tritt nun an Stelle des bisherigen x das neue $x_2 \cdot 0,56$, der neue Wirkungswert heißt also jetzt 1,68, während sonst die Gleichung unverändert bleibt.

Führen wir nun an Stelle der Einheiten Millionen Körner je ha die Einheiten Einzelkörner pro qm ein und an Stelle von dz die g-Einheit, so bekommen wir folgende Gleichung:

$$\log(370 - y) = 2,5682 - 0,0168x,$$

wobei x = Zahl der Einzelkörner pro qm und y = Kornertrag in g ist.

Damit ist k_1 und k_2 bekannt:

$$k_1 = 0,0168 \quad k_2 = 6$$

Eingesetzt in die Beziehung (b) (Seite 428) ergibt sich $0,0168 \cdot 6 \cdot 10 = 1,01$. Die übrigen normalen Versuche verhalten sich ähnlich:

Propsteier	1926	:	0.0118	·	8.5	·	10	=	1.01
Rotgrann.	1927	:	0.0138	·	7,3	·	10	=	1.01
Baldur	1927	:	0.0135	·	7.5	·	10	=	1.01
Goldregen	1927	:	0.0090	·	11	·	10	=	0.99

Damit ist die Abhängigkeit der Flächenertragsgleichung von der Gleichung der Einzelpflanzenenerträge nachgewiesen und außerdem die Richtigkeit aller Gleichungen der normalen Versuche gewährleistet.

Das Ergebnis des Versuches mit Propst.-Gerste 1927 möchte ich als unsicher bezeichnen, trotzdem trifft auch hier die eben erwähnte Beziehung zu: $0.025 \cdot 4 \cdot 10 = 1$.

Die restlichen 3 Versuche müssen als weniger gut angesehen werden, hier konnten die Gleichungen nicht so angepaßt werden, daß sich die obige Beziehung ergab.

In der Zusammenstellung Seite 428 fällt besonders der hohe Wirkungswert bei Propst. 25 und bei den beiden Hafersorten 1926 auf. Ganz allgemein gibt ein hoher Wirkungswert an, daß hier der optimale Standraum verhältnismäßig rasch erreicht wird, d. h. noch bei ziemlich dichter Aussaat. Hier kommt also Dünnsaat um so

weniger in Frage, je höher der Wirkungswert und je niedriger der Höchsterttrag ist.

Der Versuch mit Propsteier 1925 macht eine Ausnahme, ich komme darauf noch zurück.

Tabelle VI
Einzelpflanzenuntersuchung 1926

Standraum cm ²	von 1 ausges. Korn entw. Halme	Elite- % ¹⁾	Halm- länge cm	Strohgew. von 1 Halm	Korngew. von 1 Ähre	Kornzahl Ähre
1. Köstlins Propsteier-Gerste						
160	6.3	90	104	1,51	0,89	22
120	4,6	79	103	1,43	0,83	21
80	3,6	83	102	1,28	0,78	20
60	3,2	61	100	1,16	0,73	19
40	2,1	53	98	1,06	0,70	18
30	1,7	55	96	0,96	0,59	16
2. Hells Frankengerste						
160	5,2	92	95	1,35	0,92	20
120	4,2	88	95,5	1,39	0,92	20
80	2,9	86	95	1,30	0,90	20
60	2,3	66	95	1,20	0,89	20
40	2,0	58	93	1,06	0,72	19
30	1,5	50	92	0,98	0,69	18
3. Svalöfs Goldregen-Hafer						
160	1,7	76	110	3,95	2,09	97
120	1,7	76	111	4,01	1,92	90
80	1,3	62	106	3,46	1,70	77
40	0,9	53	105	2,54	1,28	55
30	0,8	46	107	2,40	1,21	49
25	0,8	50	101	1,75	0,90	39
4. Lembkes Baldur-Hafer						
160	2,2	84	100	3,23	1,78	68
120	1,8	79	99	3,10	1,68	65
80	1,2	64	99	2,74	1,50	56
40	1,0	59	98	2,09	1,26	45
30	0,95	53	96	1,64	1,04	37
25	0,9	52	92	1,44	0,90	31

$$1) \text{ Elite-}\% = \frac{\text{entwickelte Pflanzenzahl} \cdot 100}{\text{ausgesäte Kornzahl}}$$

Ergebnisse der Einzelpflanzenuntersuchungen 1926

Um Material zu dieser Untersuchung des Pflanzenbestandes zu bekommen, nahm ich 1926 aus jeder Parzelle der 4 verschiedenen

Versuche Durchschnittsproben. Ich entnahm überall eine Drillreihe in einer Länge von 2 Meter, der Ertrag dieser Probe wurde nach der Verarbeitung zu dem Parzellenertrag addiert. Die Zahlen in Tab. VI stellen das Mittel aus 4 Wiederholungen dar. Die Pflanzen wurden mit der Wurzel dem Bestande entnommen und dann ähnlich wie Zuchtgarteneliten verarbeitet.

Aus der Tabelle VI geht nun hervor, daß die Bestockung (Spalte 2) mit größer werdendem Standraum zunimmt. Dasselbe hat bereits GRAU¹⁾ festgestellt. Er fand, daß die Beziehung — Bestockung als Funktion des Standraumes — mit dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren übereinstimmt, dasselbe fand er für die Halmstärke. Außerdem hat er nachgewiesen, daß die Bestockung auf Sand am geringsten ist, auf Gartenboden am besten und daß Nährstoffarmut und Wassermangel auf die Bestockung sehr ungünstig wirkt, während der Faktor Licht die Bestockung anregt.

In der Tabelle zeigt der Hafer eine wesentlich geringere Bestockung als die Gerste. GRAU nimmt an, daß die Pflanzen vermöge ihrer Bestockungsfähigkeit in der Lage sind, Fehlstellen teilweise auszugleichen. Sie sind deshalb befähigt, auch vergrößerten Standraum weitestgehend aufzunützen, wir können deshalb innerhalb gewisser Grenzen mit einem Ertragsausgleich rechnen. Zu dem gleichen Schlusse kommt auch WECK²⁾, wenn er feststellt, daß dem Pflanzenindividuum eine ganz erhebliche Elastizität innewohnt in der Ausnützung des ihm zur Verfügung stehenden Standraumes. Diese Elastizität erklärt sich hauptsächlich aus der vergrößerten Bestockung, der größeren Kornzahl pro Ähre und dem höheren Einzelkorngewicht bei zunehmendem Standraum. Dieselbe Erscheinung bezeichnet HEUSER³⁾ als Neigung der Pflanze eine spezifische Bestandesdichte herzustellen. Dabei darf nicht vergessen werden, daß den dünneren Beständen auch noch der höhere Elite-%-Anteil zugute kommt (siehe Tab. VI). Die Pflanze hat unverkennbar das Bestreben, dem unter gegebenen Bedingungen erreichbaren Flächen-Höchstertrage auch dann noch möglichst nahe zu kommen, wenn sich die Pflanzenzahl pro Fläche aus irgendwelchen Gründen verringert hat. Dieses Ziel ist annähernd erreichbar bis zu der Grenze, wo die Pflanzenzahl pro Fläche stärker abnimmt, als der Ertrag der Einzelpflanze anwächst. Es gilt hier

¹⁾ GRAU, Über Gesetzmäßigkeiten der Standweite und Bestockung, in *Mez*, Archiv IX (1925).

²⁾ WECK, *Ztschr. f. Pflanzenbau* 1924/25, Heft 12.

³⁾ HEUSER, *Ztschr. f. Pflanzenbau* 1925/26, Heft 15.

die einfache Beziehung: Flächenertrag = Leistung der Einzelpflanze mal Bestandsdichte. STÄRK¹⁾ äußert sich dazu folgendermaßen: Die Einzelpflanze ist bei dichter Saat erheblich schwächer entwickelt, trotzdem ist der Flächenertrag durch die höhere Pflanzenzahl der Dünnsaat überlegen. (Diese Behauptung gilt nur bis zu einem Optimum der Aussaatmenge.)

Aus Tabelle VI ist zu ersehen, daß auch die Halmlänge mit vergrößertem Standraum zunimmt. MITSCHERLICH²⁾ hat bei Hanf nachgewiesen, daß auch für diese Beziehung das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren zutrifft.

Viel auffallender sind in der Tabelle VI die Unterschiede im Strohgewicht eines Halmes. Um eine klare Übersicht zu geben, greife ich diese Werte heraus und vergleiche sie mit der Halmlänge. Dabei setze ich die Werte bei größtem Standraum = 100 und beziehe darauf die Werte bei engstem Standraum, dann sinkt:

bei Propsteier-Gerste d. Halmlänge auf 92 u. d. Strohgewicht/1 Halm auf 64					
„ H.-Franken-Gerste „ „ „ 96 „ „ „ „ „ 71					
„ Goldregen-Hafer „ „ „ 91 „ „ „ „ „ 44					
„ Baldur-Hafer „ „ „ 92 „ „ „ „ „ 45					

Das Strohgewicht pro Halm sinkt demnach bei steigender Aussaatmenge viel stärker als die Halmlänge, und daraus ergibt sich, daß auch die *Stabilität* der Halme bei dichter Saat entsprechend geringer ist. Da offenbar der Hafer nur eine geringe Bestockungsfähigkeit besitzt, so werden dafür die Halme bei Dünnsaat um so mehr verstärkt. Ich möchte an dieser Stelle auch hervorheben, daß das Korngewicht und die Kornzahl pro Ähre wahrscheinlich aus dem gleichen Grunde bei Hafer bedeutend höher ist als bei Gerste (s. Tabelle VI). Leider war das Jahr 1926 für Hafer ungünstig, in einem normalen Jahre werden die Unterschiede zwischen Hafer und Gerste noch deutlicher in Erscheinung treten. (1927 wurden wegen Zeitmangel keine derartigen Untersuchungen vorgenommen.)

In Tabelle VII habe ich einige typische Versuche zusammengestellt, die deutliche Ausschläge ergaben nach Vornahme der Sortierung mittels eines Siebsatzes. Die Korngröße spielt bei der Beurteilung der Gerstenqualität neben der Feinheit eine Hauptrolle, vor allem wird bei Zubereitung von *Saatgut* Wert auf großes Korn gelegt. Bei der Bonitierung von Hafer wird der Korngröße nur geringe Bedeutung zugemessen, weil der Spelzen-Prozent-Anteil als entscheidend gilt.

¹⁾ STÄRK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1924/25. Heft 18.

²⁾ MITSCHERLICH, Fühlings Landw. Ztg. 1919. Heft 7/8, Seite 126.

Tabelle VII

Qualitätsbestimmungen

Aussaat (dz/ha)	Kornträge (dz/ha)	I. Sorte (dz/ha)	I. Sorte über 2,5 mm
1. Propsteier-Gerste 1925			
0,50	20,0	8,2	41 %
0,60	21,4	8,2	38 %
0,80	26,2	9,4	36 %
1,0	26,6	6,4	24 %
1,20	27,6	5,8	21 %
1,50	28,2	3,4	12 %
2. Propsteier-Gerste 1926			
0,247	31,6	19,6	62 %
0,33	32,4	18,2	56 %
0,495	33,8	20,2	60 %
0,66	34,8	21,6	62 %
0,99	35,8	22,6	63 %
1,32	36,4	21,8	60 %
3. Propsteier-Gerste 1927			
0,26	32,8	18,0	55 %
0,414	33,4	17,0	51 %
0,692	31,8	12,1	38 %
1,036	31,8	10,2	32 %
1,382	32,2	7,8	24 %
4. Sval. Goldregen-Hafer 1926			
0,207	20,6	14,8	72 %
0,276	21,6	14,8	68 %
0,414	24,0	17,4	73 %
0,828	26,6	19,2	72 %
1,102	28,8	22,2	77 %
1,324	28,0	20,8	74 %
5. Sval. Goldregen-Hafer 1927			
0,25	30,0	19,8	66 %
0,375	33,8	23,6	70 %
0,75	34,2	23,8	69 %
1,0	35,8	25,6	72 %
1,20	35,2	25,6	73 %

Ein Blick auf Tabelle VII zeigt uns sofort, daß der Anteil an Saatgut bei Hafer durch Veränderung der Aussaatmenge nicht beeinflußt wird. Wir haben 1926 überall ca. 73% Saatgut und

1927 ca. 70%. Mit einer Aussaatmenge von ca. 1 dz/ha ist in beiden Jahren der Höchstertrag und damit auch die größte Ausbeute an Saatgut erreicht. Auch die starke Lagerung von 1927 hatte auf die Korngröße keinen Einfluß.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei Gerste. Zur Ergänzung gebe ich hier die ganzen Ergebnisse der Siebsortierung an. (Propst. 27.)

Aussaat dz/ha	I. Sorte über 2,5	II. Sorte 2,2—2,5	III. Sorte unter 2.2 m'm
0,26	55 %	32 %	13 %
0,414	51 %	37 %	12 %
0,692	38 %	44 %	18 %
1,036	32 %	47 %	21 %
1,382	24 %	49 %	27 %

Dabei kommt die I. Sorte und evtl. die II. Sorte als Saatgut in Betracht, III. Sorte ist minderwertig. Aus obiger Aufstellung geht hervor, daß der Anteil an I. Sorte mit zunehmender Aussaatmenge sehr stark zurückgeht, während die III. Sorte sich entgegengesetzt verhält.

Die gleichen Ergebnisse finden wir in Tabelle VII für Propst. 25, während 1926 der Anteil an I. Sorte überall gleich hoch (ca. 60) ist. Wir haben also 1925 und 1927 einen Qualitätsrückgang bei dichter Saat — 1925 infolge von *Notreife* und 1927 infolge von *Lager*. Innerhalb von drei Jahren bleibt damit nur ein normales Jahr (1926).

Die *Bedeutung der Siebsortierung* zu Gerste besteht m. E. darin, daß sie bei Saatstärkeversuchen extreme Verhältnisse sehr scharf anzeigt und uns *sehr wichtige Fingerzeige gibt für die Bemessung der zweckmäßigsten Aussaatmenge*. Ich komme darauf noch zurück.

Nachdem die Wirkung extremer Verhältnisse schon wiederholt gestreift wurde, möchte ich nun dazu übergehen, diese Verhältnisse selbst näher zu beleuchten.

Bei kontinuierlicher Steigerung eines Wachstumsfaktors werden wir früher oder später einen Punkt erreichen, wo eine entgegengesetzt wirkende Kraft sich bemerkbar macht, die sich daraus ergibt, daß ein anderer Wachstumsfaktor in seiner Entfaltungsmöglichkeit im gleichen Maße gehemmt wird. MITSCHERLICH¹⁾ sagt

¹⁾ MITSCHERLICH, Landw. Jahrb. 1919, Bd. LIII, Seite 360.

selbst: „Die Zunahme der Erträge kann in dem Moment nicht mehr dem Gesetz der physiologischen Beziehungen Folge leisten, wo infolge von zu starker Selbstbeschattung der Pflanze diese nicht mehr zu ihrer normalen Entwicklung gelangen kann.“ Zur gleichen Frage äußert sich PÖHLMANN¹⁾ folgendermaßen: „Das Produkt aus Ertrag der Einzelpflanze mal Pflanzenzahl (= Flächenertrag) ist bei mittlerer Aussaatmenge am größten. Da mit dichterem Saat der Ertrag der Einzelpflanze in stärkerem Maße abnimmt als sich die Pflanzenzahl erhöht, so muß der Flächenertrag langsam wieder abnehmen.“ Er erklärt nun diesen Ertragsrückgang damit, daß bei Veränderung des Standraumes auch eine Verschiebung des für eine Pflanze vorgesehenen Nährstoffvorrates erfolgt und daß deshalb bei dichter Saat der Ertrag durch Nährstoffmangel herabgedrückt wird. Er schließt daraus, daß Dünnsaat auf schlechtem Boden am ehesten Aussicht hat, Höchsterträge zu liefern, während auf gutem Boden dichte Saat zu empfehlen sei. Selbstverständlich sind diese Überlegungen unhaltbar; um sie jedoch zu widerlegen, ist es nötig, die Voraussetzung klarzustellen. Ich gebe deshalb zunächst eine Definition des Begriffes Standraum.

Standraum ist der jeder Einzelpflanze je nach der Aussaatmenge zukommende Anteil an der Erdoberfläche *mit* allen innerhalb dieser Grenzen zur Wirkung kommenden chemischen und physikalischen Wachstumsfaktoren.

Demnach wären nur die in der Pflanze selbst zur Wirkung kommenden sog. biologischen Wachstumsfaktoren frei von jeder direkten Standraumabhängigkeit. Eine Sonderstellung nimmt der Faktor Wasser ein, der verhältnismäßig leicht ins Minimum gerät (auf Sandböden und bei Trockenklima). Ich komme darauf noch zurück.

Wenn PÖHLMANN Standraum und die darin zur Wirkung kommenden Wachstumsfaktoren bewußt trennt, so übersieht er dabei die Tatsache, daß Standraum allein ohne diese Faktoren keinen Einfluß auf den Ertrag ausüben kann und deshalb gar nicht als selbständiger Wachstumsfaktor betrachtet werden dürfte. MITSCHERLICH²⁾ hat jedoch gezeigt, daß Standraum als Wachstumsfaktor aufgefaßt werden darf, und deshalb können wir auch die darin enthaltenen Nährstoffe nicht ausnehmen, sondern müssen alles als eine Einheit betrachten. Ich will nun gleich zur Untersuchung der Fragen übergehen, wie sich die Standraumausnutzung

¹⁾ PÖHLMANN, Ztschr. f. Pflanzenbau 1926/27, Heft 15.

²⁾ MITSCHERLICH, Landw. Jahrb. 1919, Bd. LIII, Seite 349.

bei verschiedener Aussaatmenge verändert. Dazu mag folgende Zusammenstellung dienen:

Standraum in qm	0,030	0,0375	0,045	0,056	0,075	0,090
Kornertrag v. 1 ausges. Korn (gr)	0,85	1,04	1,20	1,47	1,61	1,80
obige Werte bezogen auf dichte Saat = 1	1	1,22	1,41	1,73	1,89	2,12
Standraum bezogen auf dichte Saat = 1	1	1,25	1,50	1,87	2,50	3,00
Standraumausnützung in %:	100	98	94	92,5	76	71

Obige Zahlen stammen aus dem Versuch mit Propsteiergerste 1925.

Ich habe hier die dichte Saat (Standraum von 0,030 qm) als Einheit gewählt und auf diesen Wert sowohl die einzelnen Kornerträge wie die verschiedenen Standräume umgerechnet. Ich bin berechtigt, hier die dichte Saat als Einheit anzunehmen, weil ihr Ertrag praktisch dem Höchstertrag entspricht. Ich bin auch weiterhin berechtigt anzunehmen, daß hier der Standraum bereits mit 100% ausgenützt wird. Aus der Tabelle geht deutlich hervor, daß der Standraum wesentlich rascher ansteigt als die entsprechenden Ertragszahlen. Diese Erscheinung ist damit zu erklären, daß sowohl das Wurzelnetz wie die Bestockung nicht entsprechend vergrößert wird, um den vergrößerten Standraum restlos auszunützen. Ich lasse nun die Flächenerträge für den gleichen Versuch folgen:

Aussaatmenge dz/ha	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
Kornertrag dz ha	28,2	27,6	26,6	26,2	21,4	20,0
Prozentzahlen dichte Saat = 100	100	98	94	92,5	76	71

Dabei entspricht die Aussaatmenge von 1,5 dz/ha einem Standraum von 0,030 qm. Ich habe auch in dieser Zusammenstellung die dichte Saat gleich 100 gesetzt und die übrigen Werte auf diese Einheit bezogen und bekomme damit die gleichen Prozentzahlen wie vorher bei der Standraumausnützung. Daraus ergibt sich der Schluß, daß *bis zu einem Optimum* der Flächenertrag proportional mit der Standraumausnützung zunimmt. Aus diesem Befund ist ersichtlich, daß bei *verhältnismäßig* dichter Saat die Wachstumsfaktoren, die in den entsprechenden Standräumen zur Wirkung kommen, am besten ausgenützt werden. Deshalb wird *auf schlechtem Boden* nur *verhältnismäßig dichte Saat* imstande sein, die wenigen Nährstoffe voll auszunützen, aber niemals Dünnsaat. Zu dem gleichen Ergebnis führen Feststellungen von GRAU¹⁾, der gefunden hat, daß die Bestockung auf schlechtem Boden ge-

¹⁾ GRAU, in Mez, Archiv IX (1925)

ringer ist. Dünnsaat ist also aus diesem Grunde schon gefährlich auf derartigen Böden.

Ich habe ausdrücklich hervorgehoben, daß die von mir erwähnten obigen Beziehungen nur bis zu einem Optimum Gültigkeit haben. Bei diesem Optimum ist die Standraumausnutzung = 100% und kann somit nicht mehr gesteigert werden. Die Annahme aber, daß die Ertragskurve bis ins Unendliche horizontal verläuft, ist praktisch unmöglich. Dementsprechend berichtet SAPEHIN¹⁾ von starken Ertragsdepressionen bei zu dichter Saat.

Über die Ursachen dieser Ertragsdepressionen ist wenig bekannt, jedoch deutet alles darauf hin, daß wir sie in der Pflanze selbst suchen müssen, d. h. daß die biologischen Wachstumsfaktoren bei weiterer Steigerung der Aussaatmenge mehr und mehr in ihrer Wirkungskraft gehemmt werden, wodurch die Ertragshöhe um so mehr negativ beeinflußt wird. Es ist allgemein bekannt, daß bei zu dichter Saat die Kornqualität leidet, wie in Tabelle VII bereits gezeigt wurde. Es ist naheliegend, diese Tatsachen auf Störungen im Assimilationsprozeß zurückzuführen. Dadurch wird die dem Standraum entsprechende Lichtmenge nur zum Teil ausgenützt.

Wird die Ertragsdepression bei zu dichter Saat mit in die Beziehung zwischen Aussaatmenge und Ertrag aufgenommen, so würde sich eine Kurve ergeben, die nach beiden Seiten abfällt. WECK²⁾ nimmt an, daß die Pflanzen vermöge ihrer Elastizität in der Standraumausnutzung befähigt sind, innerhalb gewisser Grenzen des Standraumes gleiche Flächenerträge zu liefern. Er spricht deshalb von einem *horizontalen Plateau* und nimmt an, daß das Optimum der Flächenerträge innerhalb dieser Plateaugrenzen zu finden ist. Die Kurve fällt also nach der einen Seite langsam bis zum Nullpunkt, weil hier die Vitalität der Einzelpflanze nicht mehr ausreicht, um den ihr zur Verfügung stehenden Standraum voll auszunützen, und sie fällt nach der Verdichtungsseite, weil hier der Nutzeffekt der Lichtenergie immer mehr abnimmt. Bei der Besprechung von Tabelle VII habe ich bereits festgestellt, daß mit zunehmender Aussaat ein Dünnerwerden der Halme und dadurch eine geringere Stabilität parallel läuft. Sobald die Stabilität der Halme (Halmfestigkeit) eine gewisse Mindestgrenze überschritten hat, tritt Lager auf und dann ist auch ein Ertragsrückgang meist unvermeidlich. Ob Lager nun aus der Überfeinerung direkt resultiert oder ob sich hier mehrere Faktoren ändern, ist nicht mit

¹⁾ SAPEHIN, Odessa, Fortschritte der Landw. 1926, Heft 5.

²⁾ WECK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1925/26, Heft 7.

Sicherheit festgestellt. Ich erwähne hier einige Sätze aus Veröffentlichungen MITSCHERLICH¹⁾: „Drillen wir weit, dann bestockt sich die Einzelpflanze, sie wird kräftiger, liefert kräftigere Halme und geht nicht so leicht in Lager. Weit gedrillte und behackte Getreidefelder kann man deshalb auch viel stärker mit Stickstoff düngen, um die Erträge zu erhöhen. Je mehr wir so an Saat sparen, je stärker ist im allgemeinen die Stickstoffgabe zu bemessen, ohne daß wir Gefahr laufen, daß wir Lagergetreide bekommen.“ BLUMENBACH²⁾ kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Er sagt: „Gerade in der Anwendbarkeit stärkerer Düngergaben liegt das ertragsteigernde Moment bei der Dünnsaat“, d. h. bei Anwendung größerer *Stickstoffgaben* werden die Plateaugrenzen zugunsten der Dünnsaat verschoben.

Für die Ausdehnung der Plateaugrenzen sind nach WECK³⁾ folgende Faktoren von Bedeutung:

1. Nährstoffvorrat des Bodens,
2. Saatzeit,
3. Lebenskraft des Saatgutes,
4. Sortencharakter.

Um diese Verhältnisse näher zu beleuchten, behandle ich zunächst einen von mir in Bledau durchgeführten kombinierten Saatstärkeversuch zu Roggen im Jahre 1927.

Entwicklungsbedingungen und Versuchsanlage:

Lage des Feldes: eben; Bodenart: sandiger Lehm; Kulturzustand: mittel, *arm an Nährstoffen*.

Vorfrucht: Roggen; Aussaat: am 11. November 1926; Ernte: am 30. Juli 1927.

Grunddüngung: 30 Pfd. 40%iges Kali und 60 Pfd. Superphosphat pro Morgen. Parzellengröße: 15 qm, 4 fach wiederholt. Der Versuch war in drei Teilen angelegt:

- Die 1. Versuchsreihe erhielt nur Grunddüngung;
 „ 2. „ „ „ Grundd. + 120 kg Leunasalpeter;
 „ 3. „ „ „ „ + 240 „ „ (1 ha)

Nur bei einer derartigen Versuchsanlage kann gleichzeitig die Wirkung veränderter Aussaatmenge und gesteigerter Stickstoffgabe exakt geprüft werden.

¹⁾ MITSCHERLICH, Georgine 1925, Nr. 69.

²⁾ BLUMENBACH, Illustr. ldw. Ztg. 1924, Heft 11.

³⁾ WECK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1925/26, Heft 7.

Beobachtungen

Der Bestand der 20-Pfd.-Parzelle wurde durch große Lücken, die infolge Versagens der kleinen Drillmaschine entstanden waren, stark beeinträchtigt, die Ergebnisse dieser Parzellen müssen daher als ungenau gelten.

Infolge der Stickstoffdüngung gingen die dichter gesäten Parzellen der Gruppe 3 stark in Lager, während die 20-Pfd.-Parzelle bis zur Ernte beinahe vollkommen aufrecht blieb. Hier hatten sich auch die Lücken im Laufe des Sommers sehr gut ausgeglichen, während die 20-Pfd.-Parzelle ohne Stickstoffdüngung einen sehr kümmerlichen Bestand zeigte.

Tabelle VIII

Petkuser Roggen in Bledau 1927

Aussaat (dz/ha)	Kornerträge (dz/ha)		Stand- raum qm	Kornerträge von 1 ausges. Korn (gr)	
	gefunden	berech.		gefunden	berech.
1. ohne Stickstoffdüngung					
0,4	10,8 ± 0,20	11,1	0,0080	0,86 ± 0,0160	0,91
0,8	14,8 ± 0,16	15,5	0,0040	0,59 ± 0,0064	0,61
1,2	17,8 ± 0,16	17,2	0,0027	0,48 ± 0,0043	0,46
1,6	17,8 ± 0,24	17,9	0,0020	0,36 ± 0,0048	0,36
2,0	18,2 ± 0,22	18,2	0,0016	0,29 ± 0,0035	0,30
log (18,4 - y) = 1,2648 - x			log (1,2 - y) = 0,0792 - 78 x		
2. mit 120 kg Leuna pro ha					
0,4	16,6 ± 0,18	16,2	0,0080	1,33 ± 0,0144	1,34
0,8	19,6 ± 0,16	19,6	0,0040	0,78 ± 0,0064	0,77
1,2	20,4 ± 0,24	20,3	0,0027	0,54 ± 0,0064	0,54
1,6	19,8 ± 0,22	20,5	0,0020	0,40 ± 0,0044	0,41
2,0	22,0 ± 0,20	20,5	0,0016	0,35 ± 0,0032	0,33
log (20,5 - y) = 1,3118 - 1,7 x			log (3 - y) = 0,4771 - 32 x		
3. mit 240 kg Leuna pro ha					
0,4	22,8 ± 0,84	21,9	0,0080	1,82 ± 0,0672	1,81
0,8	25,8 ± 0,32	26,0	0,0040	1,03 ± 0,0128	1,02
1,2	26,2 ± 0,34	26,8	0,0027	0,70 ± 0,0091	0,71
1,6	27,0 ± 0,40	27,0	0,0020	0,54 ± 0,0080	0,54
2,0	27,2 ± 0,42	27,0	0,0016	0,42 ± 0,0067	0,44
log (27 - y) = 1,4314 - 1,8 x			log (4,5 - y) = 0,6532 - 28 x		

Ergebnisse:

Zu Tabelle VIII möchte ich kurz folgende Erläuterungen geben:

In Gruppe 1 finden wir abnorm niedrige Einzelpflanzenerträge, ebenso einen sehr niedrigen Höchstertrag (1,2), dagegen einen um so höheren Wirkungswert. Die Ertragskurve würde damit sehr rasch ansteigen, d. h. *der optimale Standraum wird noch bei verhältnismäßig sehr dichter Aussaat erreicht, Dünnsaat kommt also auf derartig armen Böden gar nicht in Frage* (ich habe darauf bereits hingewiesen).

Ähnlich liegen aber die Verhältnisse, wenn sonst *ungünstige Entwicklungsbedingungen* auftreten. In allen solchen Fällen (Hafer 1926) ist Dünnsaat riskant, auch auf guten Böden. Leider lassen sich solche Verhältnisse häufig nicht vorhersehen, ich denke dabei an Schädigungen aller Art. Die besonders gefährdeten Fruchtarten müssen deshalb stärker gesät werden; das gilt besonders für Hafer.

Ich komme zurück zu den Ergebnissen in Tabelle VIII. Die Stickstoffwirkung tritt besonders deutlich in Erscheinung bei den Einzelpflanzenerträgen. Die Höchsterträge 1,2 bzw. 3 bzw. 4,5 geben die Ertragssteigerung klar an.

Die Flächenerträge nehmen zu mit steigender Aussaatmenge. Die stärksten Saaten geben trotz starker Lagerung in Gruppe 3 die höchsten Erträge.

Dieser Befund gewinnt ein anderes Bild, wenn die Ergebnisse der Siebsortierung berücksichtigt werden, die aus folgender Zusammenstellung hervorgehen:

Aussaat (dz/ha)	Prozentsatz an 3. Sorte (unter 2 m/m)		
	ohne Stickstoff	mit 120 kg Leuna	mit 240 kg Leuna
0,4	12	13	13
0,8	13	21	20
1,2	17	22	28
1,6	18	24	28
2,0	18	26	27

In dieser Zusammenstellung ist die Depression infolge Lagerung klar erkennbar, wenn man die 3. Sorte als Abfall betrachtet, dessen Wert mit ca. 30% der beiden anderen Sorten angenommen werden kann.

Ein 1926 von Graf PAHLEN in Bledau in der gleichen Art durchgeführter Versuch zu Roggen zeigt die Ertragsdepression noch deutlicher. Ich erwähne nur kurz die Erträge, ohne näher darauf einzugehen.

Aussaat (dz/ha)	Kornerträge (dz/ha)		
	ohne Stickstoff	mit 120 kg Leuna	mit 240 kg Leuna
0,8	18,4	26,8	29,2
1,0	19,8	27,0	32,6
1,2	20,6	27,2	34,8
1,4	20,4	26,8	31,6
1,6	20,6	27,4	31,4

In der 3. Gruppe tritt die Ertragsdepression klar zutage, ein Zeichen dafür, daß das Versuchsfeld weniger arm an Stickstoff war als 1927. Damit erklärt sich auch die Ertragsdepression bei Propsteier-Gerste 1927 in Wargenau (Tab. III). Die Ertragskurve hat sich in beiden Fällen zugunsten der Dünnsaat verändert.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß bei hoher Stickstoffgabe Vorsicht angebracht ist. Je nach der Höhe des Nährstoffvorrates des Bodens treten hier schon bei mittleren Aussaatmengen Depressionen auf, ich hebe deshalb besonders hervor, daß *höchste Erträge auf guten Böden oder bei starker Düngermanwendung nur durch verhältnismäßig dünne Saat erreichbar sind.*

Auf guten Böden muß deshalb sehr sorgfältig abgeschätzt werden, wieviel Stickstoff zu den einzelnen Getreidearten gegeben werden darf, dazu ist genaue Kenntnis des Nährstoffvorrates der einzelnen Schläge nötig.

Die Berechnung der zweckmäßigsten Aussaatmenge ist in solchen Fällen besonders schwierig, weil das plateauartige Mittelstück der Ertragskurve, das einen breiten Spielraum bot, sich zu einer mehr oder weniger spitz zulaufenden Kuppe verändert hat. Ich komme darauf noch zurück.

Bei dem eben erwähnten Roggenversuch in Bledau 1926 habe ich selbst den Elite-Prozent-Anteil festgestellt (bei sämtl. Parz. der Gruppe 2). Ich bekam folgendes Ergebnis:

Aussaatmenge (dz/ha)	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
Pflanzenzahl in Prozent d. ausges.						
Kornzahl	50	42	39	34	32

Im Vergleich mit den Feststellungen in Tabelle VI sind die hier gefundenen Zahlen wesentlich niedriger; sie deuten auf erhebliche Schädigungen durch Auswintern hin. *Auf armen Böden ist daher Dünnsaat bei Winterung besonders gefährlich.*

Wie schon erwähnt, nimmt der *Wachstumsfaktor Wasser* eine Sonderstellung ein, die ich im folgenden kurz beleuchten möchte.

Die Überlegung ist einleuchtend, daß die Vegetation aufhört, sobald dieser Wachstumsfaktor fehlt; als Beweis führe ich nur die Sahara an. Ganz ähnlich liegen aber die Verhältnisse in Trocken- und Sandgebieten.

SAPEHIN¹⁾ berichtet von verschärften Depressionserscheinungen bei dichter Saat im Trockengebiet der südrussischen Steppe und gibt als Beleg dafür zahlreiche Versuche. In solchen Fällen ist, wie wir gesehen haben, Dünnsaat das einzige Heilmittel; zu dem gleichen Ergebnis kommt SAPEHIN. Auf leichten Böden hat SCHURIG-MARKEE den Drillreihenabstand sehr groß gewählt (bis zu 50 cm), um bei dünner Saat und intensiver *Hackkultur* den Faktor Wasser möglichst günstig zu gestalten. Nun gibt es aber auch auf bindigem Boden Fälle, in denen bei großer Hitze der Wasserverbrauch größer ist als die durch die Kapillaren nachgeführte Wassermenge und wo schließlich außer dem hygroskopischen Wasser alles Wasser verbraucht ist und der Lebensprozeß der Pflanze deshalb plötzlich aufhört und *Notreife* eintritt. Ob hier Dünnsaat das einzig zweckmäßige ist, hängt davon ab, in welchem Zeitpunkt die Hitzeperiode eintritt. Wie bereits erwähnt, ist im Jahre 1925 bei dem Versuch mit Propsteier-Gerste infolge einer sehr ausgeprägten Hitzewelle *Notreife* eingetreten. Trotzdem ist bei dem Flächenertrag nichts von der typischen Depression zu erkennen, die SAPEHIN erwähnt. Bei der Feststellung der Kornqualität in Tabelle VII tritt diese Erscheinung aber klar zutage. In der dortigen Zusammenstellung sind nur die Werte für die I. Sorte angegeben, die II. und III. Sorte wurde 1925 nur ungenau bestimmt, ich will die Werte deshalb hier nicht anführen. Es zeigte sich jedoch sehr deutlich, daß der Anteil an III. Sorte mit zunehmender Aussaat rasch in die Höhe ging. Wir würden also nach Tabelle VII eine Ertragskurve bekommen, die bis zu einer Aussaatmenge von 0.8 dz/ha ansteigt und dann langsam wieder herabsinkt, wenn diese Verhältnisse berücksichtigt werden.

Ich kann damit ruhig annehmen, daß das Optimum des Ertrages mit 0.8 dz/ha Aussaat bereits erreicht ist. Es ist sogar wahrscheinlich, daß dieses Optimum noch etwas tiefer liegt, weil die beiden Dünnsaatparzellen infolge des lückenhaften Aufganges nicht voll bewertet werden dürfen. Ich bin hier auf Vermutungen angewiesen, die stark zugunsten der Dünnsaat sprechen, die näheren Umstände haben mich aber von der Berechtigung dieser Annahmen überzeugt.

¹⁾ SAPEHIN, Odessa, Fortschritte der Landw. 1926. Heft 5.

Es wurde gezeigt, daß ein Ertragsrückgang bei zu dichter Saat zu erwarten ist, wenn starke Düngergaben verwendet werden und dadurch Lager eintritt und wenn infolge Wassermangels Notreife auftritt. Ich lasse die Möglichkeit offen, daß Hafer auf Lagerung viel weniger reagiert als Gerste und Roggen.

Es besteht ferner die Möglichkeit, daß eine Sorte mit geringer Lagerfestigkeit viel schärfere Ausschläge zeigt als eine andere. Außerdem wurde von SAPEHIN bereits festgestellt, daß sich im Trockengebiet Sorten sehr verschieden verhalten, solche mit größeren Wasseransprüchen sind dort nicht konkurrenzfähig.

Ich gehe nun dazu über, die von PÖHLMANN¹⁾ angeregten Kurven einer näheren Betrachtung zu unterziehen und diese mit der gewöhnlichen aus dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren sich ergebenden Kurve von MITSCHERLICH zu vergleichen. Ich halte die Anregung, zunächst eine Gleichung für die Einzelpflanzenenerträge aufzustellen und daraus die Flächenerträge zu berechnen, für sehr wertvoll; denn wir erreichen dadurch eine direkte Proportionalität (je größer der Standraum, um so intensiver die Assimilation). MITSCHERLICH¹⁾ erweitert sein Gesetz der physiologischen Beziehungen, wenn sich gleichzeitig zwei oder mehrere Wachstumsfaktoren ändern und kommt dann zu der allgemeinen Formel

$$y = E (1 - e^{-c \cdot x})^n.$$

Darin stellt E den mit n Wachstumsfaktoren erreichbaren Höchst-ertrag dar. Graphisch dargestellt ergibt sich eine ausgesprochene S-Kurve (siehe Kurve II A).

Berechnung der Kornerträge bei Annahme zweier sich gleichzeitig verändernder Faktoren

Propsteler-Gerste 1925

Aussaat Mill. Körn.	Kornerträge gefunden	(dz/ha) berechn.	Stand- raum qm	Kornerträge von 1 ausges. Korn (gr)	
				gefunden	berechn.
1,1	20,0 ± 0,12	20,2	0,0090	1,80 ± 0,011	1,83
1,33	21,4 ± 0,44	22,2	0,0075	1,61 ± 0,033	1,67
1,78	26,2 ± 0,24	25,1	0,0056	1,47 ± 0,013	1,41
2,22	26,6 ± 0,10	26,8	0,0045	1,20 ± 0,004	1,21
2,67	27,6 ± 0,18	27,8	0,0037	1,04 ± 0,007	1,04
3,33	28,2 ± 0,20	28,0	0,0030	0,85 ± 0,006	0,84

Gleichungen :

$$y = 2 \cdot 4 \cdot x \left(1 - e^{-\frac{4}{x}}\right) \left(1 - e^{-\frac{0.69}{x}}\right) \quad y = 2 \cdot 4 \left(1 - e^{-400x}\right) \left(1 - e^{-69x}\right)$$

¹⁾ MITSCHERLICH, Schriften d. Kbg. Gelehrten Ges. 1924, Heft 3.

Ich behandle diese Frage an Hand der 1925 gefundenen Erträge bei Propsteier-Gerste. Ich entnehme der Tabelle I zunächst die Gleichungen für die Einzelpflanzen- und Flächenerträge

$$\text{I A: } \log (2.8 - y) = 0.4472 - 52.5 x$$

$$\text{I B: } \log (29 - y) = 1.4624 - 1.06 x$$

Ich entnehme dann der obigen Zusammenstellung die entsprechenden Gleichungen:

$$y = 2.4 (1 - e^{-400 x}) (1 - e^{-69 x})$$

Hierin ist der Ertrag der Einzelpflanze als Funktion des „*Standraumes und einer anderen Variablen*“ ausgedrückt. Die Gleichung für den Flächenertrag bekomme ich dadurch, daß ich an

Stelle von x_1 (Standraum qm) = $\frac{\text{Millionen qm}}{100 \cdot x_2 \text{ (Millionen ausg. Körner)}}$ einsetze und den Höchstertrag der oben angeführten Gleichung mit x_2 multipliziere. Ich bekomme dann folgende Gleichung

$$y = 2.4 x \left(1 - e^{-\frac{0.69}{x}}\right) \left(1 - e^{-\frac{4}{x}}\right)$$

Hierin ist der Flächenertrag als Funktion der Pflanzenzahl und einer anderen Variablen ausgedrückt. Bei einem Vergleich der gefundenen Werte in der Zusammenstellung auf Seite 443 und Tabelle I ist festzustellen, daß die Übereinstimmung in beiden Fällen gleich gut ist.

Die hier angeführten Gleichungen stellen keine endgültige Lösung dar, ich möchte nur die Richtung andeuten, in der hier vorgegangen werden kann. Denn so lange wir die zweite Variable und eventuell eine dritte noch nicht kennen, noch viel weniger ihren Wirkungswert, erscheint es mir zweckmäßig, die gewöhnliche MITSCHERLICHSCHE Gleichung anzuwenden. Es soll nicht verkannt werden, daß es in manchen Fällen sehr wertvoll wäre, die Ertragskurve den gefundenen Werten auch *in zweiter Annäherung* anzupassen, d. h. die Depression mit in die Gesetzmäßigkeit einzubeziehen. (Ich komme darauf noch zurück.) Die Landwirtschaftswissenschaft, soweit sie sich mit der Nährstoffwirkung usw. befaßt, wird aber zweckmäßig stets nur die Verhältnisse bis zu einem Optimum in Betracht ziehen, d. h. bis zum praktischen Erreichen des Höchstertrages. Nur in diesem Fall kann ein Gesetz größte *Einfachheit* mit größter *Reichweite* und allgemeinerer Bedeutung verbinden, welche Eigenschaften das MITSCHERLICHSCHE Gesetz besonders auszeichnen.

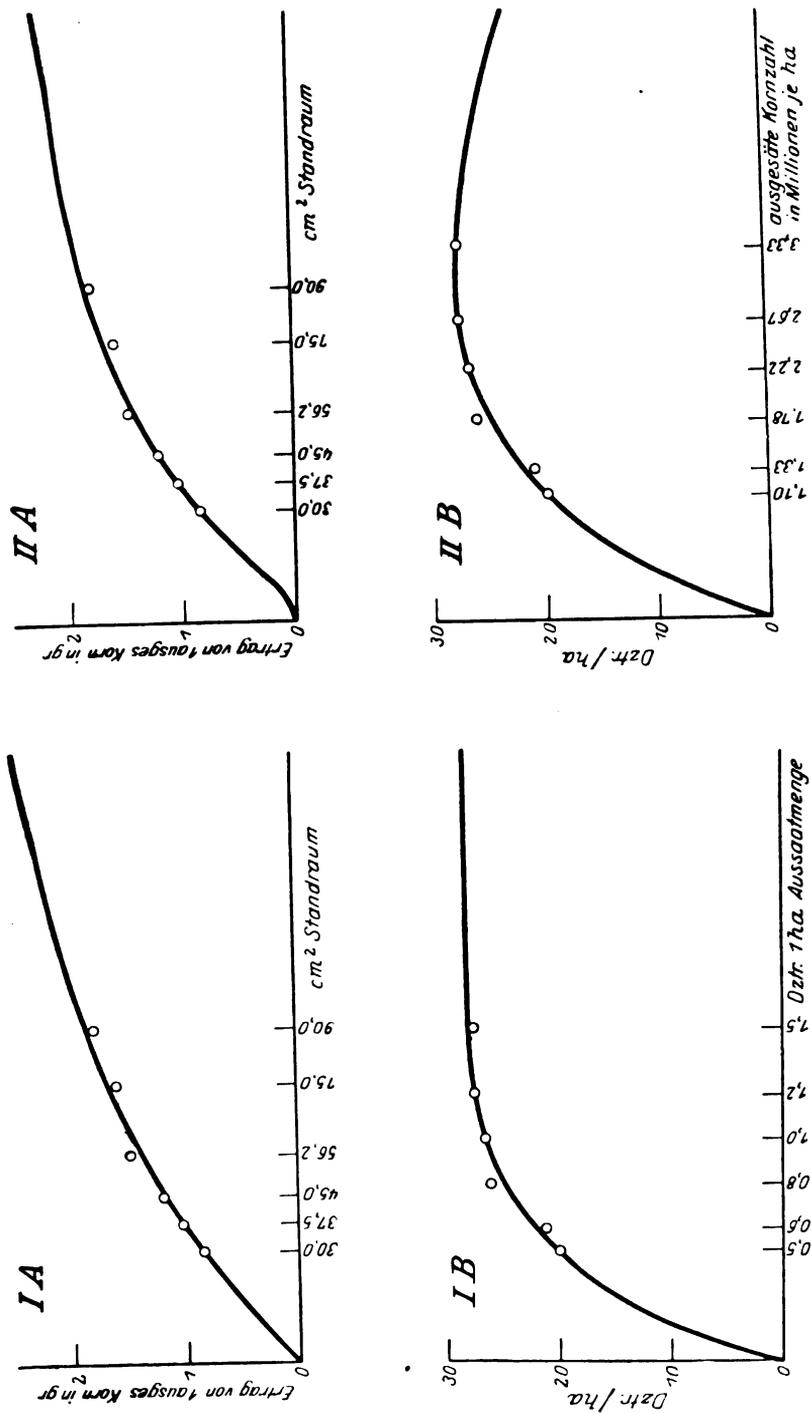


Fig. 2.

In unserem speziellen Fall interessiert sich aber die Praxis besonders dafür, innerhalb welcher Grenzen die Höchsterträge (pro Fläche) zu suchen sind und auf welche Weise eine optimale Aussaatmenge bestimmt werden kann. Dieses Ziel zu erreichen, ist gewiß nicht einfach, so sagt z. B. RAFFEL¹⁾, „ein absolutes Maß der günstigsten Aussaatmenge zu finden, wird immer unmöglich sein durch die nie vorher zu übersehenden Witterungsverhältnisse und die auch auf der Hektarfläche schon wechselnden Bodeneigenschaften. Das absolute Saatquantum wird sich im einzelnen nach der Saat selbst, nach Saatqualität, nach Saatmethode, nach der Sorte und Bodenqualität richten müssen.“ Es gilt deshalb die Grenzen festzulegen, innerhalb welcher sich das Optimum in einer Reihe von Jahren bewegt hat.

Unter normalen Verhältnissen, wenn mit einem plateauartigen Mittelstück der Flächenertragskurve gerechnet werden kann, ist eine genaue Feststellung des Optimums nicht nötig. Es genügen einfache Versuche, um einen annähernden Überblick zu bekommen. Extreme Dünnsaatparzellen brauchen hier nicht in dem Versuch enthalten zu sein.

Die folgenden Vorschläge gelten für extreme Verhältnisse. Ich nehme die von BAULE erwähnte „Wirkungsmenge“ als Einheit an, auf die die Höchsterträge jedes Jahres bezogen werden können. Die Wirkungsmenge ist die Einheit, mit der jeweils 50% des Höchstertrages erreicht wird. Nach dem MITSCHERLICHschen Gesetz erreichen wir dann

mit der zweifachen Wirkungsmenge	75,0%
„ „ dreifachen	87,5%
„ „ vierfachen	93,8%
„ „ fünffachen	96,9%
„ „ sechsfachen	98,4%
„ „ siebenfachen	99,2%

Ich benütze die siebenfache Wirkungsmenge, das würde einer Standraumausnutzung von 99,2% entsprechen. Ich gebe nun die aus den Versuchen von 1926 und 1927 in Wargenau auf diese Weise ermittelten optimalen Aussaatmengen in folgender Zusammenstellung an.

¹⁾ RAFFEL, Diss., a. a. O.

	Aussaat dz/ha	Millionen Körner
Propst. 26	0,7	1,77
„ 27	0,35	0,84
Heil. F. 26	0,7	1,25
Rotgr. 27	0,7	1,52
Mittel v. Gerste . . .	0,61	1,35
Baldur 26	0,84	2,24
„ 27	0,70	1,55
Goldreg. 26	0,96	2,90
„ 27	0,70	2,34
Mittel v. Hafer . . .	0,80	2,26

Die Wirkungsmengen sind also je nach Witterungscharakter usw. von Jahr zu Jahr verschieden, und für Hafer wesentlich höher als für Gerste. Die Grenzen der optimalen Aussaatmenge schwanken bei Propsteier-Gerste zwischen 0,4 und 0,7 dz/ha, für 1925 haben wir das Optimum bereits mit 0,8 dz/ha angenommen.

Aus alledem geht hervor, daß eine Erhöhung der Aussaatmenge bei Gerste über 0,7 dz/ha für Wargenau kaum in Frage kommt, wenn wir unter *optimaler Aussaatmenge* den Punkt verstehen, wo die Standraumaussnutzung innerhalb der Fehlergrenzen gleich 100% ist und wo andererseits noch keine Depressionen durch zu dichte Saat zu befürchten sind. Sie stellt die *Mindestmenge an Aussaat* dar, die nur gewählt werden darf, wenn wir mit solchen extremen Verhältnissen rechnen müssen. Bei später Aussaat oder sonstigen ungünstigen Bedingungen muß ein *Sicherheitszuschlag* erfolgen. Das gleiche gilt für Hafer, hier mag eine Aussaatmenge von 1 dz/ha wohl am zweckmäßigsten sein.

Zusammenfassend gebe ich einen Überblick, wie die einzelnen Getreidearten auf Veränderungen der Aussaat reagieren.

Der Roggen als anspruchslose, extensive Getreideart ist zu wenig lagerfest, um starke Stickstoffdüngung bei dichter Aussaat zu ertragen, Stickstoff muß deshalb mit großer Vorsicht gegeben werden und die beste Aussaatmenge ist sorgfältig abzuschätzen. Versuche von BLECH u. HOFMANN¹⁾ haben mich in dieser Auffassung bestärkt, deshalb ist auf guten Boden verhältnismäßig dünne Saat anzuraten.

¹⁾ BLECH u. HOFMANN, Ztschr. f. Pflanzenbau 1924/25, Heft 17.

Die Verhältnisse bei *Hafer* liegen für Dünnsaat nicht besonders günstig, MITSCHERLICH¹⁾ stellt fest, daß bei Gerstebau die Hälfte an Saatgut erforderlich ist wie bei Hafer (ohne diesen Befund zu verallgemeinern). Er führt dieses Ergebnis auf die geringe Bestockungsfähigkeit des Hafers zurück. Dasselbe geht aus den angeführten Versuchen von 1926 und aus Versuchen von RAFFEL²⁾ hervor, auch WACKER³⁾ hat in Hohenheim gefunden, daß sich *Hafer am wenigsten für Dünnsaat eignet*. Da Hafer auf Lager scheinbar wenig reagiert, darf er wohl ruhig verhältnismäßig dicht gesät werden.

Bei *Gerste* widersprechen sich die Ansichten viel mehr, vielleicht erklärt sich dies aus der großen Verschiedenheit der einzelnen Sorten im Tausendkorngewicht und anderen spezifischen Sorteneigentümlichkeiten, wie z. B. Lagerfestigkeit, Bestockungsfähigkeit. Ansprüche an Bodenbonität usw. Gerste scheint auf extreme Verhältnisse besonders scharf zu reagieren.

Es ist anzunehmen, daß bei *Weizen* die Bodenbonität eine ganz besondere Rolle spielt, deshalb dürfen die Ergebnisse, die WACKER in Hohenheim erzielt hat, und die für die Dünnsaat sprechen, nicht verallgemeinert werden. Dem Klima ist eine besondere Bedeutung zuzumessen.

Ich möchte noch kurz die Verhältnisse bei verschiedenen *Saatmethoden* einer Betrachtung unterziehen. Nach Versuchen von HEUSER⁴⁾ ist *Einzelkornsaat* der gewöhnlichen Saat vorzuziehen, weil sie durch die gleichmäßigere Verteilung der Körner in der Reihe eine bessere Entwicklung gewährleistet und deshalb etwas höhere Erträge bringt. WACKER hat in Hohenheim ähnliche Ergebnisse bekommen. Leider ist die Herstellung von Einzelkornsämaschinen erst in der Entwicklung begriffen, deshalb ist *Dünnsaat* in der Regel nur dadurch möglich, daß der *Reihenabstand vergrößert* wird.

Um die Vorteile von dichter Saat mit der Möglichkeit des Hackens zu vereinigen, möchte ich Bandsaat empfehlen und ich glaube, daß sie besonders für Roggen und Hafer in Betracht kommt. Diese Saatmethode wird dann der gewöhnlichen Saat überlegen sein, wenn der Eliteprozentanteil dadurch verbessert wird; sie wird unterlegen sein, sobald dadurch die *Standraumaussnutzung* *Not*

¹⁾ MITSCHERLICH, Landw. Jahrb. 1919, Bd. LIII, S. 355.

²⁾ RAFFEL, Dissertation, Königsberg 1921.

³⁾ WACKER, Fühlings Landw. Ztg. 1922.

⁴⁾ HEUSER, Ztschr. f. Pflanzenbau 1925/26, Heft 15.

leidet. Im letzteren Fall muß die Bestockung durch Hacken angeregt werden.

Ich gebe zusammenfassend die Voraussetzung für Dünnsaat an:

Ganz allgemein Sorge für günstigste Wachstumsbedingungen (*Jugendentwicklung*).

1. Bester Kulturzustand des Feldes (Gare, Unkrautbekämpfung);
2. exakte Vorbereitung zur Saat (Erhaltung der Feuchtigkeit);
3. günstigste Saatzeit, Saatmethode, Saattiefe;
4. bestes Saatgut (Sorte, Korngröße, Beizen);
5. entsprechender Düngungszustand;
6. ausreichende Pflege der Saat:
 - a) Unkrautbekämpfung;
 - b) Regulierung des Faktors „Wasser“.

Unter optimalen Bedingungen besteht somit bei verhältnismäßig schwacher Aussaat die Möglichkeit *höchster Ertragssteigerung*.

Sind diese Bedingungen nicht gegeben, so ist im Interesse der *Ertragsicherheit* dichtere Saat zu empfehlen.

Ausnahmen sind möglich bei ungünstigen Wasserverhältnissen (*Trockengebiet*).

Zum Schluß möchte ich anregen, künftig bei wissenschaftlichen Berichten über Ergebnisse von Saatstärkeversuchen (auch bei Sortenversuchen) außer der Angabe der Saatmenge auch die Größe des Standraumes zu erwähnen, wenigstens aber die Korngröße der Aussaat (Tausend-Korngewicht) mitzuteilen. Der Standraum läßt sich ja sehr einfach aus folgender Formel berechnen:

$$S = \frac{T \cdot 100}{A} \quad \text{wobei: } S = \text{Standraum in cm}^2,$$

T = 1000 Korngew. in g.

A = Aussaatmenge in kg/ha.

Ich mache diesen Vorschlag deshalb, weil die Aussaatmenge allein ein vollkommen vager Begriff ist, der sich aus zwei Größen (Kornzahl und Einzelkorngewicht) zusammensetzt, die beide je nach Sorte ständig variieren. Das Tausendkorngewicht ist auch innerhalb einer Sorte von Jahr zu Jahr verschieden und der Praktiker sät bei gleicher Aussaatmenge jedes Jahr eine andere Kornzahl aus; Fehler von einer halben Million Körnern je 1 ha dürften keine Seltenheit sein, jedoch sind solche Fehler fast bedeutungslos, solange die Aussaatmenge (Gewichtsmenge) auf gleicher Höhe gehalten wird.

Ich möchte endlich den Versuch machen, die Begriffe Dünn-
saat, Normalsaat und Starksaat präziser zu fassen. Als Grundlage,
auf die diese Begriffe bezogen werden können, kommt nur Stand-
raum bzw. Pflanzenzahl (je 1 ha) in Betracht. Beide sind brauch-
bar, die Wahl des einen oder anderen mag von Fall zu Fall ent-
schieden werden.

Ich schlage folgende Normen vor für Getreide:

Standraum	Millionen Körner je 1 ha
Dünnsaat: bei mehr als 60 cm ²	= weniger als 1 ² / ₃
Normalsaat: von 30—60 cm ²	= von 1 ² / ₃ —3 ¹ / ₃
Starksaat: weniger als 30 cm ²	= mehr als 3 ¹ / ₃

Um zu zeigen, wie sich die Pflanzenzahl mit zunehmendem
Standraum verändert, möchte ich noch die beifolgende Kurve hin-
zufügen.

Bei 20 cm² Standraum fallen schon 5 Millionen Körner je 1 ha,
eine weitere Verdichtung wird kaum mehr in Frage kommen.

Die Beziehung, nach der die Kurve aufgestellt ist, heißt:

$$\text{Pflanzenzahl (bzw. Kornzahl)} = \frac{\text{Standraum cm}^2}{100 \text{ Millionen}} \\ \text{(Millionen je 1 ha)}$$

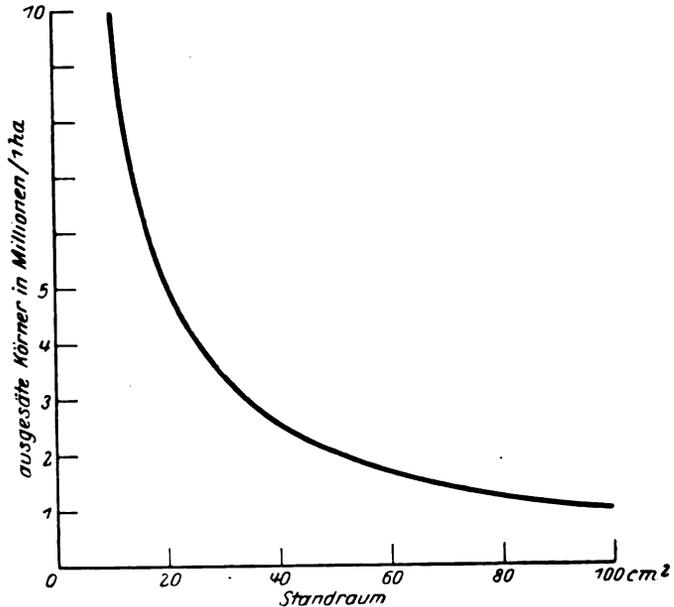


Fig. 3.

Zur Technik der Sortenversuche

Nachdem mein eigentliches Thema erledigt ist, sei mir gestattet, noch ein Wort zur Technik der Sortenversuche zu sagen.

Hierbei ist die Frage der Aussaatbemessung noch immer ein Gegenstand lebhafter Meinungsverschiedenheiten.

Der Standpunkt MITSCHERLICH¹⁾ sei hier zunächst angeführt. Er geht davon aus, daß innerhalb gewisser Grenzen der Aussaat-

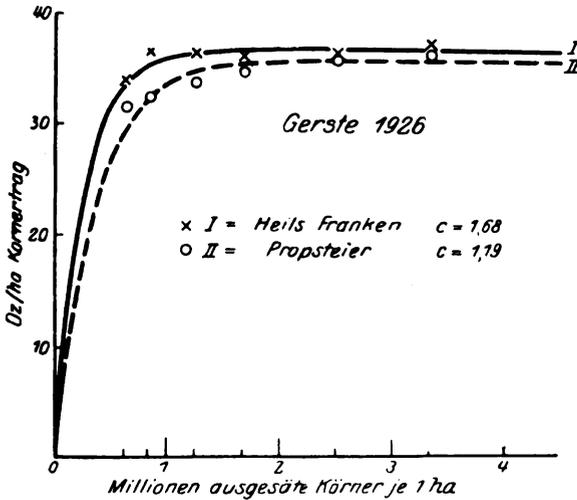
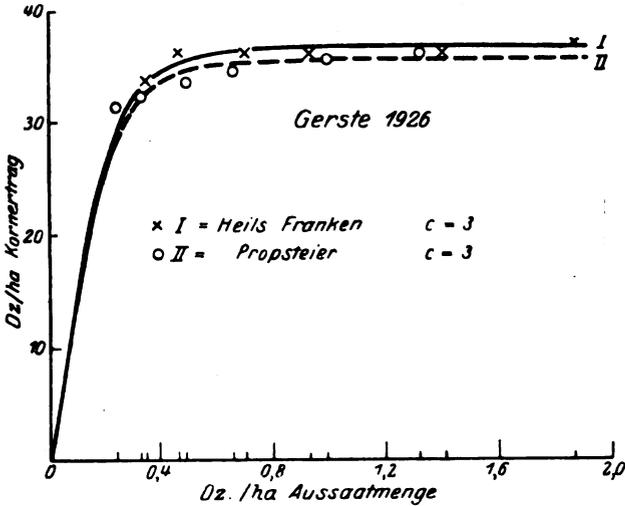


Fig. 4.

¹⁾ MITSCHERLICH. Landw. Jahrb. 1922, Bd. LVII, S. 198.

menge, wenn sich die Erträge bereits dem Höchstertage nähern, nur noch geringe Mehrerträge durch Verstärken der Aussaat zu erwarten sind und praktisch beinahe Ertragsgleichheit vorliegt.

Bei *normalen* Verhältnissen, wenn nach WECK¹⁾ ein plateauartiges Mittelstück der Flächenertragskurve angenommen werden darf, wird deshalb bei einer Aussaat von 140 kg/ha für alle Sorten eine kleine Schwankung nicht ins Gewicht fallen.

MITSCHERLICH glaubt auf diese Weise allen Sorten gleiche Bedingungen zu bieten. Dasselbe Ziel hat LEIDNER²⁾ im Auge, wenn er gleiche Kornzahl pro Flächeneinheit verlangt. Bei dieser Methode werden jedoch die kleinkörnigen Sorten benachteiligt, sobald die Aussaat verhältnismäßig niedrig gewählt wird. Bei dichter Saat ist sie der ersten Methode ebenbürtig, wenn auch dabei viel unnütze Arbeit aufgewendet wird.

Ich komme damit zur Besprechung der Tabelle IX mit den dazugehörigen Kurven. Die Zusammenstellung I zeigt einen Vergleich der einzelnen Sortenerträge bei gleicher Aussaatmenge. Die zweite Zusammenstellung zeigt die Erträge bei gleicher Anzahl der ausgesäten Körner. Wohl sind in diesen Tabellen sämtliche Werte berechnet, d. h. ideale Zahlen, jedoch halte ich diese Art des Vorgehens für den einzig möglichen Weg, um überhaupt die Beziehungen zu finden, um die es sich hier handelt. Die Gleichungen für die Zusammenstellung II gehen aus den Gleichungen von Zusammenstellung I dadurch hervor, daß

$$x_1 \quad \text{(Aussaatmenge)} \quad \text{in dz/ha} \quad = \quad \frac{x_2 \text{ (Kornzahl in Mill.)} \cdot 1000 \text{ Korngew. in g}}{100}$$

gesetzt wird. (Wie schon erwähnt.) Aus der Zeichnung 2 ist ohne weiteres die *Standraumdanbarkeit* der beiden Sorten abzulesen. Ein derartiger Überblick über eine Sorte sagt uns selbstverständlich viel mehr als das Ergebnis eines gewöhnlichen Sortenversuches. Dabei schneidet Heils Franken-Gerste wesentlich besser ab als die Propsteier-Gerste, erstere wäre also für Dünnsaat viel eher geeignet. Ob nun grobkörniges Saatgut ganz allgemein eine höhere Standraumdanbarkeit besitzt, ist fraglich, es ist jedoch anzunehmen, daß bei Dünnsaat der Einzelkorngröße eine ganz besondere Bedeutung zukommt. (1000-Korngewicht von Propst. 39.5, von Frankeng. 56.) Außerdem muß angenommen werden, daß bei verschiedenen Sorten eine verschiedene Formung der Flächenertrags-

¹⁾ WECK, Ztschr. f. Pflanzenbau 1926/27, Heft 5.

²⁾ LEIDNER, Ztschr. f. Pflanzenbau 1924/25, Heft 19.

Tabelle IX

Gegenüberstellung der berechneten Werte von 1926

1. Ertrag als Funktion der Aussaatmenge

Aussaatmenge in dz/ha	Kornertrag in dz/ha			
	Gerste		Hafer	
	Franken	Propsteier	Baldur	Goldregen
0,2	27,8	27,0	19,1	18,0
0,4	34,7	33,7	25,2	24,6
0,6	36,4	35,4	27,1	26,9
0,8	36,9	35,9	27,7	27,8
1,0	37,0	36,0	27,9	28,1
1,2	37,0	36,0	28,0	28,3

Gleichungen:

Franken $y = 37 (1 - e^{-3 x})$

Propsteier $y = 36 (1 - e^{-3 x})$

Baldur $y = 28 (1 - e^{-2.5 x})$

Goldregen $y = 28.3 (1 - e^{-2.2 x})$

2. Ertrag als Funktion der ausgesäten Kornzahl

Anzahl Körner in Mill. ha	Ertrag			
	Gerste		Hafer	
	Franken	Propsteier	Baldur	Goldregen
0,625	33,7	29,5	20,8	18,4
0,83	35,5	32,3	23,4	21,3
1,25	36,7	34,9	26,1	24,8
1,67	36,9	35,6	—	—
2,5	37,0	35,9	27,9	27,9
3,33	37,0	36,0	28,0	28,2
4,00	—	—	28,0	28,3

Gleichungen:

Frank. $y = 37 (1 - e^{-1.68 x})$

Propst. $y = 36 (1 - e^{-1.19 x})$

Baldur $y = 28 (1 - e^{-0.94 x})$

Goldr. $y = 28.3 (1 - e^{-0.728 x})$

kurve möglich ist. So zeigt die Propsteier-Gerste 1927 eine wesentlich bessere Standraumaussnutzung als die Rotgrannige Gerste vom selben Jahr. Ich führe dies auf die bessere Bestockung bei Propsteier-Gerste zurück.

Wichtiger fast als die Standraumdanbarkeit bei Dünnsaat ist das Verhalten der Sorten nach Überschreiten des Optimums. Für die Praxis ist eine Sorte dann besonders wertvoll, wenn die Ertragskurve nicht nur hoch emporsteigt, sondern auch eine *ausgeprägte Plateau-Bildung* aufweist. Eine solche Sorte müßte auch gleichzeitig eine große ökologische Streubreite haben, denn sie wird sich den Verhältnissen leichter anpassen als eine andere Sorte. Die

beiden eben erwähnten Eigenschaften sind für extreme Verhältnisse von besonderer Bedeutung. Von SAPEHIN¹⁾ wurde bereits angeregt, in extremen Verhältnissen sämtliche Sorten innerhalb von Saatstärkeversuchen zu prüfen. Wegen des sehr großen Arbeitsaufwandes kommt diese Methode nur für besonders interessierte Kreise in Frage (Saatzuchtwirtschaften). Die große Praxis muß sich mit der Methode von MITSCHERLICH zufriedengeben. Genaue Bestimmungen von Qualität, Stabilität, verbunden mit Beobachtungen über Widerstandsfähigkeit usw., erhöhen den Wert eines derartigen Versuches ganz bedeutend.

An Hand solcher Versuche lassen sich nach drei bis fünf Jahren die drei besten Sorten mit ziemlicher Sicherheit bestimmen.

Ich schlage vor, daß diese drei Rivalen nun innerhalb von Saatstärkeversuchen geprüft werden, um dann ein ganz klares Bild zu bekommen, wie diese Sorten unter *optimalen* Bedingungen abschneiden. Dieser Vorschlag kommt hauptsächlich für extreme Verhältnisse in Frage.

In solchen Fällen mag es zweckmäßig sein, auch den Ertragsrückgang nach Überschreiten des Optimums mit in die Gesetzmäßigkeit einzubeziehen, d. h. die Kurve den gefundenen Werten auch in zweiter Annäherung anzupassen.

Ob das erweiterte Gesetz von MITSCHERLICH hier anzuwenden ist oder ob das Gesetz von SAPEHIN diesen Forderungen eher genügt, müssen spätere Untersuchungen zeigen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Unter normalen Wachstumsbedingungen nehmen innerhalb der üblichen Aussaatmengen die *Flächenerträge* zu mit stärker werdender Aussaat nach dem MITSCHERLICHschen Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren.

Wenn die normale Entwicklung, insbesondere die Kornausbildung, infolge von Wassermangel oder Lagerung nur teilweise abgeschlossen werden kann, so wird die angegebene Gesetzmäßigkeit gestört. In diesen Fällen treten bei dichter Aussaat Ertragsdepressionen auf und die Ertragskurve fällt nach Überschreiten eines Optimums wieder, um sich der Abszisse asymptotisch zu nähern, während die normale Ertragskurve nach Erreichen des Höchstertrages horizontal weiterläuft.

Deshalb ist in folgenden Fällen verhältnismäßig dünne Saat zu empfehlen:

1. auf sehr reichen Böden,
2. bei starker Stickstoffdüngung,
3. bei sehr üppigen klimatischen Bedingungen,
4. bei wenig lagerfesten Sorten,
5. bei Wassermangel.

¹⁾ SAPEHIN, Odessa, Fortschritte der Landw. 1926, Heft 5.

Demgegenüber ist verhältnismäßig dichte Saat vorzuziehen:

1. auf armen Böden,
2. bei später Aussaat (spätem Vegetationsbeginn),
3. bei schlechtem Kulturzustande des Feldes,
4. bei Verwendung von geringwertigem Saatgut,
5. wenn Auftreten von Schädlingen zu befürchten ist.

Genaue Auskunft kann nur ein exakter örtlicher Saatstärkeversuch geben. Dabei sind Qualitätsbestimmungen des Ertrages von außerordentlicher Bedeutung. Die optimale Aussaatmenge läßt sich im Anschluß an Versuche berechnen.

Der *Ertrag der Einzelpflanze* nimmt bei normalen Wachstumsbedingungen mit größer werdendem Standraum zu nach dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren von MITSCHERLICH. In den oben erwähnten Fällen wird auch diese Gesetzmäßigkeit gestört. Aus der einfachen MITSCHERLICH'schen Kurve entsteht dann eine S-Kurve, die aus dem erweiterten Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren abzuleiten ist.

Nach den Ergebnissen von Bestandesanalysen hat zunehmender Standraum folgende Wirkung auf die Entwicklung der Einzelpflanze:

1. stärkere Bestockung,
2. größere Halmstärke (geringere Lagergefahr),
3. bessere Korn- und Ährenentwicklung,
4. höherer Prozentsatz lebensfähiger Individuen.

Abstract

Recapitulation of the results of the dissertation: „On the influence of growing-place and quantity of seed on the yield of grain“. Under normal conditions of vegetation the yield per area, within the usual quantities of seed, according to MITSCHERLICH's law of action of the growth-factors, increases with greater quantities of seed. If owing to drought or lodging, the normal development, especially that of the grain, is only partly completed, the lawfulness is disturbed. In this case, if the seed was thickly sown, yield-depressions are appearing, and the curve of yields, after it has risen beyond an optimum, falls and asymptotically approaches the absoisse, while the normal curve of yield, after attaining the highest point, takes a horizontal course. Therefore a comparatively thin sowing is advisable in the following cases:

1. on very rich soil,
2. if a strong nitrogen fertiliser has been applied,
3. in exceptionally favorable climatical conditions,
4. if the variety is inclined to lodge,
5. if water is scarce.

On the contrary a comparatively thick seeding is preferable:

1. on poor soil,
2. if sown late (late beginning of vegetation),
3. if the soil is not in good tilth,
4. if the seed is of inferior quality,
5. if the appearance of parasites is probable.

An accurate advise can be given only after locally testing the seed quantity. Quality determinations of the yield are here of greatest importance. The optimal quantity of seed may be calculated according to trials.

The yield of the individual plant, according to MITSCHERLICH's law of action of growth-factors, increases under normal conditions, if the growing-place is enlarged. In the cases, mentioned above, this lawfulness is also disturbed. From the simple MITSCHERLICH curve there originates an S-curve which is derived from the extended law of action of the growth-factors.

According to analyses of the growing plants, the increased growing-place has the following effect on the development of the individual plant:

1. a greater stooling capacity,
2. stronger haulms (more resistance to crop lodging),
3. better development of grain and ears,
4. higher percentage of vital individuals.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1928

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Köstlin O.

Artikel/Article: [Über den Einfluß von Standraum und Aussaatmenge auf den Ertrag \(bei Getreide\) 414-456](#)