Die Ausschaltung systematischer Fehler und die Benützung von Standardparzellen bei der Bewertung von Versuchsobjekten in landwirtschaftlichen Feldversuchen.

Von OTTO H. SCHULTZE (Königsberg Pr.).

I.

Dass die Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung auf landwirtschaftliche Feldversuche anwendbar sei, ist seit langem bewiesen.

Sie ist aber nur anwendbar, wenn die Fehler der verschiedenen Beobachtungen, oder richtiger gesagt, die Schwankungen der verschiedenen Beobachtungen den Charakter der Zufälligkeit tragen; m.a.W., wenn bei ihrer graphischen Darstellung eine symmetrische Kurve (die GAUSS'sche Kurve) entsteht. Man bezeichnet dies auch als die Symmetrieforderung, die z.B. dadurch unerfüllt bleiben kann, dass einseitig wirkende Ursachen eine Schiefheit der Kurve hervorrufen.

Wenn man für die hier zu betrachtenden Zwecke auch nicht die Forderungen peinlicher Genauigkeit, also geometrisch exakter Symmetrie der Kurve zu stellen hat, wie es bei physikalischen oder astronomischen Beobachtungen etwa nötig sein mag so wird man doch bestrebt sein, diese Genauigkeit grösstmöglichst zu erreichen.

Führt man sich vor Augen, welche verschiedenen Fehlerquellen mit dem Charakter der Zufälligkeit bei landwirtschaftlichen Feldversuchen eintreten können, so ergeben sich dafür zwei Hauptgruppen:

1. Die Schwierigkeit gleichartiger Ausführung der Arbeiten (der Bodenbearbeitung, des Säens, der Pflege, der Bewahrung vor Pflanzenschädlingen, der Ernte, des Wägens).
2. Die individuelle Verschiedenheit der Pflanzen des Versuchsfeldes.

Als eine besondere Ursache für Fehler, die gerade bei landwirtschaftlichen Feldversuchen auftreten können, ist die Unterschiedlichkeit des Bodens in physikalischer und chemischer Beziehung anzugeben, die 1.) innerhalb eines Teilstückes (Parzelle), 2.) von Teilstück zu Teilstück oder auch in grösseren Zwischenräumen und nach allen Seiten hin wechseln kann.

Liegt das Letztere vor, so wird diese Fehlerquelle zu einer „einseitig" (oder auch „konstant", oder auch „systematisch") wirkenden, und die Zuverlässigkeit der gefundenen Mittelwerte aus mehreren Beobachtungen ist nicht einwandfrei.

Da die Bodenverschiedenheiten auf einem einzelnen Teilstück mit einer gewissen Berechtigung den zufälligen Fehlern zugerechnet werden können, ist es zuförderst notwendig, dass diese Frage eindeutig geklärt wird, inwieweit dies der Fall ist.

In einer Abhandlung, „Die Masstabmethode und LARSENs Versuch", Christiana 1923, (Lit.1), bespricht einleitend der Verfasser, Bj. BJERKE, auch diese Verhältnisse und findet, dass man die physikalische und chemische Verschiedenartigkeit der Bodens in Bezug auf die Pflanze in dem Ausdruck „Feldfruchtbarkeit" zusammenfassen könne. Diese gesamten Unterschiede der Bodenverhältnisse unter dem biologischen Gesichtspunkt zu einen, ist zweifellos ein sehr guter Gedanke, der alles für sich hat. BJERKE unterscheidet nun weiter Feldfruchbarkeit im Grossen, oder er spricht, indem er das Bild von Hügeln und Senken bei der Landesvermessung gebraucht, von grobtopographischer und feintopographischer Feldfruchtbarkeit.

Hierzu gehört nun eine genaue räumliche Begriffsbestimmung. BJERKE schiebt unächst Fehler, die durch feintopographische Feldfruchtbarkeitsverschiedenheien entstehen, in die Klasse der zufälligen Fehler, die grobtopographischen Fehler ergeben dann die „einseitigen".

Bis zu welchem Abstand von „Hügel" und „Senke" wird aber die feintopographische Feldfruchtbarkeit gerechnet? - BJERKE lässt diese Frage offen. Man kann jedoch annehmen, dass er eine Unterschiedlichkeit der Fruchtbarkeit innerhalb eines Teilstückes zum mindesten hierunter versteht.

Man wird damit zufrieden sein dürfen, aber sofort fragen, ob es dann nicht auf Grösse und Form der Teilstücke ankomme. Denn es ist ganz klar, dass für eine möglichst kleine und möglichst schmale Form eines Teilstückes die zufällige Fehlerquelle aus der verschiedenen Feldfruchbarkeit am geringsten wird, bezw. dass diese Fehlerquelle um so stärker den einseitig wirkenden Fehlern zuzubuchen sein wird, wenn man bestimmt, dass der Wechsel der Feldfruchtbarkeit von Teilstück zu Teilstück schon einseitige Fehler hervorruft, was man annehmen muss.

Wenn wir zunächst voraussetzen, es gäbe eine Methode, die einseitigen Fehler vollständig zum Verschwinden zu bringen, wird man also bestrebt sein, Parzellenformen und -grössen zu wählen, die eine Verschiedenheit der Feldfruchbarkeit in sich selbst möglichst nicht zulassen. Das sind eben die möglichst schmalen und kleinen Parzellen.

Im Gegensatz dazu wird die oft angewendete quadratische Form und die ebenso oft angestrebte möglichste Grösse eines Teilstücks viel mehr dem ausgesetzt sein, eine Verschiedenheit der Feldfruchtbarkeit in sich selbst zu enthalten; sie wird also in den zufälligen, nicht ausmerzbaren Fehlerquellen mit enthalten bleiben, und die GAUSS'sche Kurve verflacht sich unnötig.

Es könnte eingewendet werden, dass verhältnismässig grosse Teilstücke geringere Gesamtfehler aufweisen, also verhältnismässig kleine, wofür Arbeiten vorliegen,(Lit.8), doch wird dieser Vorteil angehoben, wenn wir nur Wiederholungen genug anwenden. Auch um das Letztere nachzuweisen, ist genügend Material gesammelt worden (Lit.10). Auch rein theoretisch auf Grund der Gesetze der Fehlerwahrscheinlichkeit muss ja der Fehler mit der Vermehrung der Wiederholungen abnehmen; ~~denn es~~ ist

$$R = \frac{r}{n},$$

wenn n die Anzahl der Wiederholungen ist.

Wenn wir das Ergebnis zusammenfassen, so bestimmen wir also die Feldfruchtbarkeit im Kleinen als ihre Schwankung auf einem einzelnen Teilstück, die Feldfruchtbarkeit im Grossen als jede grössere Unterschiedlichkeit. Als Folgerung ziehen wir hieraus die Notwendigkeit auf Form und Grösse der Teilstücke zu achten, falls wir Verfahren besitzen, einseitige Fehler rechnerisch auszumerzen.

Andernfalls ist Form und Grösse der Teilstücke gleichgültig.

II.

Besitzen wir solche Verfahren? Die Wichtigkeit der Sache, die die Anwendbarkeit der Fehlerlehre für unsere Zwecke ja eigentlich erst ermöglicht, hat früh Veranlassung gegeben, solche ausfindig zu machen.

Anscheinend auf dem Weg über den „blinden Versuch" kamen LARSEN und HOLTSMARK, Christinana, auf den Gedanken (Lit.3), gewissermassen einige Teilstücke eines blinden Versuchs von vornherein frei zu lassen und mit Vergleichsobjekten zu bepflanzen. Der blinde Versuch besteht ja darin, dass man zunächst einmal für eine Vegetationsperiode das ganze Versuchsfeld einheitlich bepflanzt, und danach das Ganze in möglichst viele Parzellen teilt. Der Mehr- oder Minderertrag der einzelnen Parzellen im Verhältnis zum Mittel soll die Feldfruchtbarkeit des Versuchsfeldes wiederspiegeln, messen, so dass die so gewonnenen Zahlen für spätere Zwecke verwertet werden können.

Ob dies Vorgehen irgend welche Vorzüge berge, soll hier nicht untersucht werden, da aber LARSENs Methode in mancher Hinsicht eine Verbindung zwischen dem blinden Versuch und einem wirklichen Vergleich verschiedener Objekte darstellt, und ich mich mit dieser auseinandersetzen möchte, so ist von vornherein zu sagen, dass das für LARSEN Gesagte auch Geltung haben wird für den blinden Versuch und für alle Abarten, die sich aus LARSENs Methode entwickelt haben. Es wird nämlich darauf ankommen, zu prüfen, ob solche „Messungen" verwertbar sind. Weil übrigens hierzu als Masstab ein bestimmtes Versuchsobjekt, ein Standardobjekt benutzt wird, spricht man in diesem Zusammenhang ganz allgemein von der Masstabmethode, Massparzellenmethode oder auch Standardmethode.

Ich muss hier eine kurze Beschreibung des Verfahrens von LARSEN und HOLTSMARK einschieben, damit wir beim weiteren Fortgang der Erörterung des Stoffes, der natürlich noch mehr zu umreissen sein wird, nichts nachzuholen haben.

Der klassische Versuch, dessen Zahlenmaterial von den beiden Forschern zur Darstellung ihres Gedankens benutzt wurde und späterhin weiter von anderer Seite zu Erörterungen und Neuerungen Anlass gegeben hat, war einem „fürs Auge sehr gleichartigen dreijährigen Timothyschlag" entnommen, indem hier 240 Teilstücke zusammengestellt wurden, deren Ernteergebnisse dann zur Verwertung dienten.

Ich zeichne die rechte, westliche Hälfte dieses Versuchsfeldes mit 120 Teilstücken in Fig.1 auf; die eingetragenen Zahlen bedeuten Hektogramm (hgr). Die Teilstückform ist quadratisch mit einer Seitenlänge von 5 m.

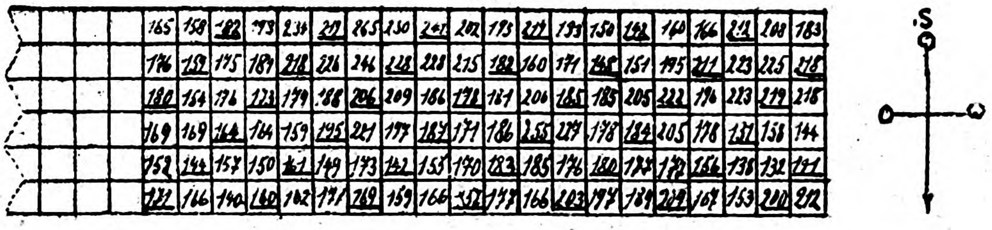


Fig. 1.

LARSEN bestimmte nun jeden dritten Diagonalstreifen von Teilstücken zu Masstabteilstücken (die unterstrichenen Zahlen in obiger Figur, die inzwischen liegenden anderen wurden mit den zu vergleichenden Objekten in irgend einer Reihenfolge ausgefüllt gedacht (Vergleichsteilstücke). Der Versuch ist also insofern fingiert

R.K.CHRISTENSEN wies aber nach (Lit.9), dass die Arbeit (der Einrichtung von Masstabparzellen und der damit verbundenen rechnerischen Auswertung) den Erfolg insofern nicht lohne, als statt der Masstabparzellen lieber mehr Wiederholungen eingerichtet werden sollten; denn der Fehler vermindere sich auf diese Weise ebenso.

Bj.BJERKE prüfte CHRISTENSENs Aufstellung (Lit.1) und fand, dass bei entsprechender und passender Verteilung der Masstabteilstücke einerseits und der Vergleichsteilstücke andererseits „das Masstabparzellensystem sich sehr wohl neben dem alten direkten System halten könne". Er verteilt die Masstabparzellen besonders stark auf den Rand des Versuchsfeldes und richtet 4 Wiederholungen ein. Es ergeben sich dann für LARSENs Versuch 44 Masstabparzellen (anstatt 40) und 76 freie Parzellen, die bei viermaliger Wiederholung mit 19 Versuchsobjekten besetzt werden können.

Folgendes Bild veranschaulicht BJERKEs Verbesserung:[1)]

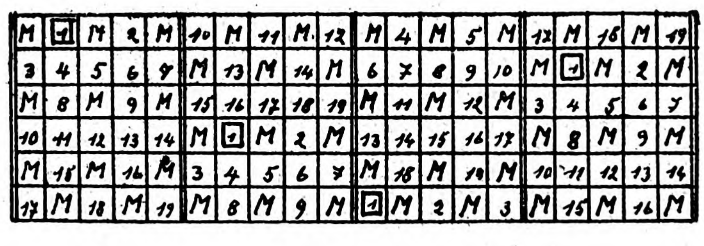


Fig. 2.

1) Während ich für LARSENs Gedankengänge auf Bd.65, 1906 der landw.Versuchsstationen hinweisen kann, bin ich zum besseren Verständnis genötigt, für BJERKEs Verbesserung ausführlicher zu werden, da seine oben schon angeführte Abhandlung in

(Fortsetzung S.31.)

Man könnte auch jede andere Anordnung treffen, aber BJERKE hat herausgerechnet, dass wenigstens für LARSENs Versuch obige Verteilung der Versuchsobjekte den geringsten Fehler ergibt. Er trifft weiter folgende Bestimmung, die ich zunächst im Bilde (Fig. 3) darstelle:

165	o	182	o	234	o	265	o	241	o	195	o	133	o	142	o	166	o	246	o
o	×	·	×	·	226	·	228	·	215	·	×	·	×	·	195	·	223	·	218
180	·	126	·	129	·	×	·	×	·	181	·	188	·	205	·	×	·	×	o
o	×	·	×	·	195	·	197	·	171	·	×	·	×	·	205	·	131	·	144
152	·	147	·	161	·	×	·	×	·	183	·	176	·	122	·	×	·	×	o
o	166	o	160	o	174	o	159	o	157	o	166	o	197	o	204	o	153	o	212

Fig. 3.

Hierzu sagt BJERKE folgendes wörtlich: „Zuerst werden die 16 mit „ " bezeichneten Parzellen dadurch ausgerechnet, dass man den Durchschnitt von den 4 Masstabparzellen nimmt, mit denen sie an den Ecken zusammenstossen.

Darauf rechnet man die mit „·" bezeichneten Parzellen aus, die ja nun alle Seitengemeinschaft mit 4 beschriebenen Feldern haben.

Endlich rechnet man zum Schluss die mit „o" bezeichneten Parzellen aus, die nach der Vornahme der vorhergehenden Berechnungen Seitengemeinschaft mit 3 beschriebenen Feldern haben.

Subtrahiert man bei jeder Probeparzelle die nach dem Masstab reduzierten Ernteergebnisse von den dazu gehörigen wirklich gefundenen Ernteergebnissen, so erhält man eine Karte über die im Felde vorkommenden Anomalien (Abweichungen) im Verhältnis zum Masstab."

Für LARSENs Versuch findet BJERKE folgendes:

M	-18	M	-10	M	-22	M	+5	M	-14	M	+51	M	+3	M	-7	M	+13	M	-28
+2	-17	-4	-12	+10	M	+14	M	+6	M	-9	+14	+6	-18	-26	M	+28	M	+18	M
M	-20	M	-5	M	-15	-5	-1	-17	+15	M	+26	M	-1	M	+44	+2	+43	+40	+38
+3	+5	+1	-2	-16	M	+25	M	+2	M	+7	+24	+45	-8	-4	M	+3	M	+10	M
M	-14	M	-8	M	-28	-8	-35	-16	-1	M	+8	M	-4	M	-14	-17	-16	+8	-31
+13	M	-18	M	-2	M	-1	M	+4	M	+9	M	+23	M	-5	M	+8	M	+26	M

Fig. 4.

Und er sagt weiter: „Die Zahl -16 auf einem Felde bedeutet also, dass die wirkliche Ernte dieses Feldes 16 hgr geringer ist als die nach dem Masstab reduzierte Ernte dieses Feldes."

Bei 4 Wiederholungen gibt es 4 solche Differenzen, die entweder das Vorzeichen + oder - haben. Sie werden also mit Rücksicht auf ihr Vorzeichen zusammengezählt und durch 4 geteilt werden müssen, wenn man sie zur Bewertung heranzieht.

Es gibt noch eine ganze Reihe von Abarten der Standardmethode LARSENs. Sie laufen im Grunde immer auf dasselbe hinaus. Es erscheint mir aber infolge der ausserordentlich vielen Massparzellen die BJERKEsche Verbesserung die genaueste zu sein [1]. Deshalb genügt es vielleicht, wenn man sich grundsätzlich hiermit

(Fortsetzung v.S.30) Deutschland oder in deutscher Sprache wenigstens nicht erschienen ist. Es wäre zu wünschen, dass dieser Fall eintrete und somit seine wertvolle Arbeit weiteren Kreisen zugänglich gemacht würde.

1) In RÖMERs Zusammenstellungen fehlt sie allerdings (der Feldversuch, D.L.G.302). Aber das ganze Verfahren ist ja in Deutschland wenig in Aufnahme gekommen, abgesehen von den Verbindungen des Masstabsystems mit dem direkten System, wie es

(Fortsetzung S.32.)

hiermit nur auseinandersetzt. Denn das dabei Gefundene würde dann auch analog in anderen Versuchsanordnungen dieser Art Geltung haben.

Ich kann einstweilen die Beschreibung schliessen mit dem Hinweis, dass aus der Bewertung, die die Abweichungen der reduzierten Erträge von den wirklichen Erträgen geben, die Graduierung der Versuchsgegenstände erfolgt.

Einen ganz andern Weg ist MITSCHERLICH gegangen, dessen Verfahren in Deutschland und anderwärts genau genug bekannt ist, so dass dessen Beschreibung nur kurz in den wesentlichsten Zügen zu streifen ist (Lit. 4).

Es werden die Versuchsgegenstände in einer Reihe nebeneinander gelegt und zwar so, dass ihre Teilstücke insgesamt möglichst ein Quadrat bilden. Ein solches Quadrat könnte man zweckmässig einen Parzellensatz oder eine Versuchseinheit nennen [1]. Wenn man dann das Mittel aus ihr gleich 100 setzt, so kann man jeden einzelnen Versuchsgegenstand, z.B. jede einzelne Pflanzensorte, in Prozenten des Mittelwerts angeben.

Ferner kann man diese Versuchseinheit n-fach wiederholen, indem sich jede Wiederholung an die andere anschliesst.

Verschiebt man nun die Mittelbildung der Versuchseinheit, indem man zunächst Objekt I der ersten Einheit aus dem gefundenen Mittel ausschaltet und dafür dasselbe Objekt I der zweiten Einheit mit herein nimmt, wieder die Prozentzahlen zum neuen Mittel berechnet und so fortfährt bis zur n-ten Versuchseinheit, so ergibt sich, dass man auf diesem Wege die n-fache Wiederholung rechnerisch auf die Ausdehnung einer einzigen Versuchseinheit zurückgeführt hat, wenn man nämlich die entsprechenden Prozentzahlen der einzelnen Objekte addiert und das Mittel bildet. Dieses Mittel ist noch prozentisch, aber man kann nun durch Umkehrung die prozentischen Sätze wieder auf wirkliche Zahlen zurückführen.

Zur Veranschaulichung folgt in Fig. 5 das Schema, wenn 5 Versuchsobjekte und 4 Wiederholungen angenommen werden:

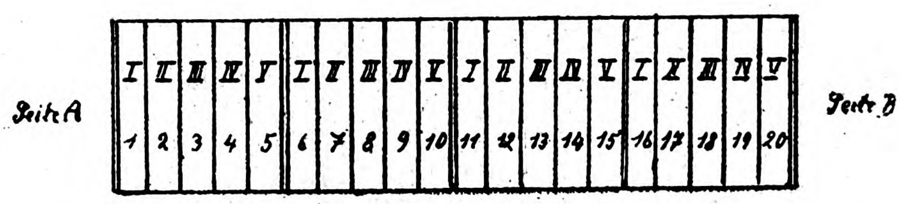


Fig. 5.

Wir fassen zuerst die wirklichen Ernteergebnisse 1 - 5 zusammen, und setzen ihr Mittel gleich hundert; dann folgt 2 - 6, dann 3 - 7. usw. bis wir bei 16 - 20 angekommen sind. So erklärt sich der Ausdruck „Verschieben", denn es wird gewissermassen der Versuch von der Seite A zur Seite B (in Fig. 5) hinübergeschoben, bis er sich schliesslich auf der letzten Versuchseinheit übereinander geschichtet aufbaut, sich konzentriert.

III.

Welches Verfahren, Prozentrechnungs- oder Masstabsausgleich mag das zweckmässigste sein?

Dies zu untersuchen soll vorliegende Abhandlung dienen.

Wenn man das Thema genauer ins Auge fasst, ergibt sich eine doppelte Fragestellung: 1.) Durch welches der beiden Verfahren, „MITSCHERLICH" und „LARSEN-BJERKE", wird die Fehlerquelle der Verschiedenartigkeit des Bodens am wirksamsten in Feldversuchen beseitigt? - 2.) Können die Differenzen zwischen den wirklichen Erträgen der Versuchsobjekte und dem Mittel der sie umgebenden Mass-

(Fortsetzung v.S.31) RÖMER z.B. empfiehlt.

1) Für ein solches Quadrat für die Form der Versuchseinheit kann natürlich nicht die Schlussfolgerung Anwendung finden, die wir für die Form einer ein-

(Fortsetzung S.33.)

sparzellen, wie es BJERKE behauptet, als Wertmesser genommen werden?

Zu diesem Zweck habe ich einen umfangreichen Feldversuch mit 20 Hafersorten nach beiden Verfahren angelegt. Es war dies in solcher Grösse nötig, einmal um genügend Material für Mittelbildung zu bekommen, und andererseits, um in Anlehnung an LARSENs Versuchsfeld, wie es oben beschrieben ist, arbeiten zu können. Auch betont ja schon LARSEN ausdrücklich, dass sein Verfahren erst dann richtig zur Geltung komme, wenn es sich um grössere Versuche handelt.

Welche Vorüberlegungen waren weiter notwendig?

Theoretisch genommen müsste ein solcher Vergleich auf ein und demselben Boden und in ein und derselben Vegetationsperiode durchgeführt werden, was praktisch unmöglich ist.

Aber man kann einen Versuchsgegenstand, hier eine Hafersorte, zum Standard wählen und auf sein Mittel alle anderen Erträge zurückführen, wenn die Voraussetzung erfüllt ist, dass die Standardsorte genügend oft auf dem ganzen Versuchsfeld wiederkehrt. Unter diesen Umständen kann man zwei Versuche nebeneinander legen.[1] Ich komme später darauf zurück, wenn ich das Verfahren rechtfertigen werde.

Ferner wird man ein Versuchsfeld wählen, welches dem Augenschein nach in seiner Bodenunterschiedlichkeit nur von einer Seite zur andern zu variieren scheint; hier aber soll ein Wechsel deutlich wahrnehmbar sein, denn es kommt ja darauf an, zu untersuchen, wie dieser Nachteil am besten ausgeglichen werden könnte.

Zum Letzten ist die Teilstückgrösse zu erörtern. Der Umfang des Versuchs - 252 Parzellen - verbietet ein zu grosses Teilstück. Es ist auch im Gegenteil eine möglichste Kleinheit um so geeigneter für unsere Zwecke, als sie nach den eingangs gemachten Erwägungen den Wechsel in den Bodenverhältnissen nur um so mehr dem einseitigen Fehler zuschiebt.[2] Ich wählte die ungefähre Grösse von 10 qm. Auf umstehender Tafel I gebe ich den Plan wieder, zu dem noch folgende Einzelheiten zu bemerken sind:

Die „MITSCHERLICH-Versuchsreihe", wie wir sie nennen wollen, wurde in zwei Teile A und B zerlegt. Mit einer Standardsorte a und (zum besseren Vergleich) einer zweiten Standardsorte b!

Es ist dies die Ausführung, die MITSCHERLICH in den Fällen vorschlägt, wo eine zu grosse Anzahl der Versuchsobjekte die Versuchseinheit selbst zu gross werden lässt, denn auf deren möglichste Kleinheit muss man natürlich im Interesse der Fehlerverminderung Bedacht nehmen. Ganz abgesehen davon würde die Breite eines Teilstückes in dem Fall zu gering werden, wo sich eine zu grosse Anzahl Versuchsobjekte in ihr zusammendrängt.

Die Mitte des Versuchsfeldes bildet mit seinen vielen Massparzellen, die ebenfalls mit der Sorte a in unserm Fall bestanden sein sollen, der LARSEN-BJERKE-Versuch, an dessen Längsseiten die MITSCHERLICH-Versuchreihen A und B angeschlossen sind; denn, wie schon bemerkt wurde, soll sich der Boden hier, im kurzen Querschnitt des Versuchsfeldes, möglichst nicht ändern. Wir werden an den Erträgen prüfen, ob dies der Fall ist.

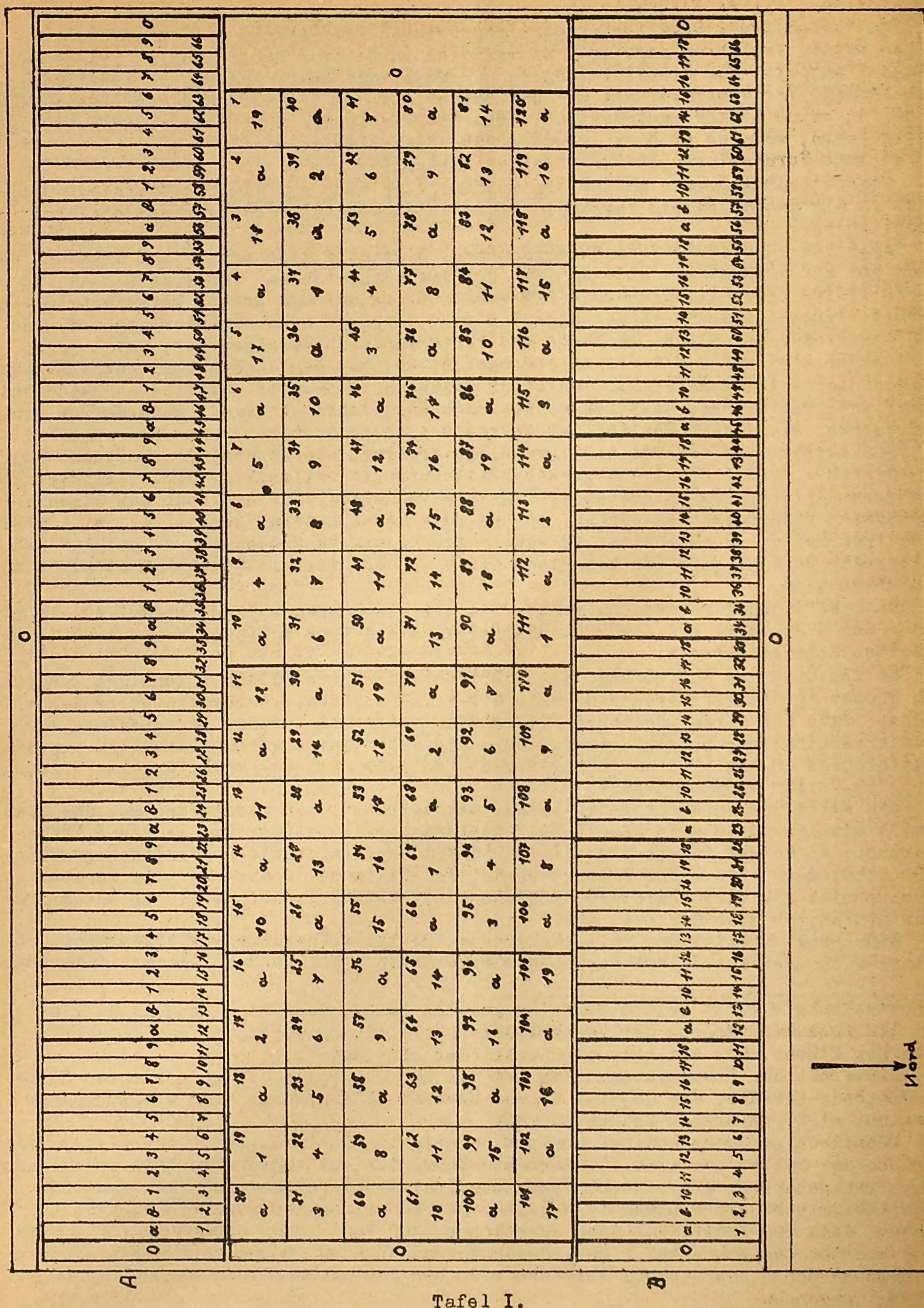
Eine ganz einheitliche Teilstückgrösse für beide Versuche war angestrebt, liess sich aber aus leicht einzusehenden Gründen nicht ganz vollkommen durchfüh-

---

(Fortsetzung v.S.32) zelnen Parzelle gemacht haben, denn hier handelt es sich ja um die Zusammendrängung der verschiedenen Vergleichsgegenstände auf möglichst kleiner Fläche, das ist eben ein Kreis oder ein Quadrat.

1) Diese Art der Standardbenutzung hat mit der ebenfalls oft so genannten Standardmethode LARSENs, die ja viel besser Massparzellenmethode oder Masstabsystem genannt wird, natürlich nichts zu tun.

2) Praktisch genommen bedingt übrigens einzig die Individualität der Pflanze die Grösse der Teilstücke (Lit.4), denn die Summe der auf ihnen möglichen Individuen muss wenigstens so gross sein, dass ihre Individualitätsabweichungen vom Individualitätsmittel ein Minimum darstellen. Die Erfahrung genügend vieler Versuche lehrt, dass 100 Individuen dazu ausreichen. 100 Individuen einer Hafersorte kann ich aber bequem schon auf 5 qm grossen Parzellen anbauen, so dass diese Parzellengrösse schon ausreichend ist. Trotzdem bin ich mit der Parzellengrösse höher hinauf gegangen.



Tafel I.

ren. So haben die Teilstücke der MITSCHERLICH-Versuchsreihe 10,6 qm Inhalt (1 x 10,6 m), diejenigen der LARSEN-BJERKE-Reihe einen solchen von 9,4 qm (3,2 x 3,2 m). Aber es werden ja die Ergebnisse am Schluss allseitig auf dz/ha zurückgeführt.

Schutzstreifen wurden nur für die Kurzseiten des Versuchsfeldes vorgesehen, da die MITSCHERLICH-Versuchsreihen an den Längsseiten keine benötigen. (Der hier entstehende Fehler ist in allen Teilstücken der gleiche). Zwischen den Versuchsreihen aber musste ein 40 cm breiter Weg für Beobachtungszwecke frei gelassen werden.

Einsaat, Pflege und Ernte ging in der für Versuche dieser Art erprobten vorschriftsmässigen Weise vor sich. Die Kleinheit der Teilstücke ermöglichte die Bergung ihrer Ernten in Säcken, die wie die Teilstücke nummeriert waren. Der Drusch - mit Flegel - wurde sofort vorgenommen. Die Erntezahlen sind auf den Tafeln II und III umstehend aufgeführt.

Übrigens gestaltete sich die Ernte und das Dreschen garnicht so schwierig, wie man vielleicht bei der Menge der Teilstücke annehmen könnte. Das Mähen und Binden war an einem Tage mit einem Mäher und einer Binderin durchgeführt, wobei jedes Teilstück eine Garbe mit der zugehörigen Nummer abgab. Das Dreschen wurde mit Flegel in einer Tenne besorgt, die vorher eigens dazu neu hergerichtet war, sodass weder Löcher im Lehmstrich waren, noch die Möglichkeit bestand, dass Körner sich in Ritzen der Seitenwände festsetzen konnten (Fussleisten !). Das Dreschen, Wiegen, Notieren jeder Garbe, also jedes Teilstückes, dauerte bei dreimaligem Wenden 15 Minuten, sodass in etwa 10 Tagen alles durchgearbeitet war. M.E. ein Beweis, dass Sortenversuche, die sonst doch gewiss bedeutend kleiner sind, auf diese Weise genau und bequem geerntet werden können, ohne dass teuere Hilfsmittel, wie Parzellendreschmaschinen usw. nötig werden. Der Arbeiter bekam Stücklohn, je Garbe 15 Pfg., sodass also auch diese Ausgabe nicht zu hoch wurde. An Geräten stand eine Putzmühle und eine Tischdezimalwage zur Verfügung. Allerdings ist das sofortige Ausdreschen erforderlich, damit das Getreide nicht ins Schwitzen kommt und damit den Ausdrusch erschwert. Wartet man, bis dieser Prozess vorbei ist, so könnte Mäuseschaden eintreten, da man derartige Erntemengen nicht wie es sonst bei exakten Versuchen üblich sein mag, in der Scheune in Säcken aufhängen kann.

Es gehört durchaus in den Rahmen unserer Erörterung, wenn wir uns an dieser Stelle die Frage vorlegen, welche Schwierigkeiten und Vorzüge sich bei der technischen Durchführung dieses Versuchs für beide Versuchsarten ergab. Hier konzentriert sich natürlich alles auf die Drillsaat. Es war ganz bedeutend leichter, mit der einreihigen Versuchsdrillmaschine die schmalen und langen Teilstücke der MISCHERLICH-Versuchsreihe zu drillen, als die kurzen und ebenso breiten der LARSEN-BJERKE-Reihe. Einen besonderen Übelstand bei den quadratischen Parzellen bedeutet die Tatsache, dass die Teilstücke keinerlei Abstände untereinander aufweisen können, so dass ein sowieso sehr kurzer Drillgang darunter leiden muss, dass man nicht genügend Anlauf und Auslauf für die Maschine hat. Die Arbeit ging also dementsprechend langsamer vor sich. Ferner schliesst man bei der MITSCHERLICH-Versuchsreihe mechanisch Sorte an Sorte an, aber in der ganz komplizierten Verteilung der Parzellen in der LARSEN-BJERKE-Reihe benötigt man jedesmal besondere Überlegungen, wenn eine neue Sorte zu drillen ist, um das richtige Teilstück heraus zu finden.

Mit grösseren technischen Schwierigkeiten sind aber auch grössere Möglichkeiten für zufällige Fehlerquellen gegeben, so dass man ruhig sagen kann, dass hier ein grosser Nachteil der Masstabmethode festzustellen ist.

Es wurde schon weiter oben gesagt und tritt in dem beigegebenen Plan hervor, dass durch Einführung der Standardsorte a auch in der MITSCHERLICH-Versuchsreihe es ermöglicht wurde, diese in zwei Teile zu verlegen. Es entsteht dadurch bei eng nebeneinander liegenden Versuchsteilen kein besonderer Nachteil, aber in unserm Fall werden beide Versuchsabteilungen um 20 m (um die Breite des LARSEN-Versuchs!) auseinandergezogen. Das ist bedenklich, wenn wir nicht folgende Erörterung anstellen könnten: Einmal ändert sich das Feld nach Augenschein nicht in seiner Fruchtbarkeit in der Richtung Nord-Süd. Und andererseits liegt dazwischen eine genügend grosse Anzahl der Massparzellen des LARSEN-BJERKE-Versuchs, welche ebenfalls mit der Standardsorte a bestanden sind. Zur Reduktion verwenden wir nun die sämtlichen a-Parzellen des ganzen Versuchsfeldes, im ganzen 56. Das Mit-

Wirkliche Ernte-Ergebnisse aus der „Mitscherlich"-Versuchsreihe „A".

Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg			Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg		
		Garben	Stroh	Korn			Garben	Stroh	Korn
1	α I	6.72	3.64	3.08	34	α IV	5.72	3.16	2.56
2	b "	6.24	3.37	2.87	35	b "	4.35	2.34	2.01
3	1 "	7.01	3.46	3.55	36	1 "	5.61	2.99	2.62
4	2 "	7.10	3.95	3.15	37	2 "	5.54	2.82	2.72
5	3 "	6.42	3.46	2.96	38	3 "	6.07	3.24	2.83
6	4 "	5.53	3.10	2.43	39	4 "	5.03	2.69	2.34
7	5 "	5.83	3.11	2.72	40	5 "	5.91	3.45	2.46
8	6 "	6.57	3.47	3.10	41	6 "	5.91	3.07	2.84
9	7 "	6.50	3.86	2.64	42	7 "	5.05	3.06	1.99
10	8 "	5.11	2.86	2.25	43	8 "	4.02	2.22	1.80
11	9 "	5.69	3.33	2.36	44	9 "	4.43	2.51	1.92
12	α II	5.21	2.96	2.25	45	α V	5.02	2.79	2.23
13	b "	6.40	3.28	3.12	46	b "	5.31	2.92	2.39
14	1 "	7.13	3.67	3.46	47	1 "	6.05	3.41	2.64
15	2 "	6.65	3.54	3.11	48	2 "	4.06	2.21	1.85
16	3 "	5.64	3.16	2.48	49	3 "	5.06	2.66	2.40
17	4 "	6.89	3.65	3.24	50	4 "	5.08	2.69	2.39
18	5 "	4.32	2.58	1.74	51	5 "	5.53	3.00	2.53
19	6 "	6.48	3.51	2.97	52	6 "	5.65	3.10	2.55
20	7 "	6.75	3.83	2.92	53	7 "	5.22	2.89	2.33
21	8 "	4.72	2.67	2.05	54	8 "	4.52	2.59	1.93
22	9 "	6.72	3.46	3.26	55	9 "	6.23	3.50	2.73
23	α III	5.36	3.05	2.31	56	α VI	6.50	3.44	3.06
24	b "	4.32	2.34	1.98	57	b "	5.00	2.62	2.38
25	1 "	5.35	2.88	2.47	58	1 "	6.51	3.44	3.07
26	2 "	7.13	3.74	3.39	59	2 "	5.09	2.82	2.27
27	3 "	4.86	2.65	2.21	60	3 "	4.43	2.40	2.03
28	4 "	4.60	2.73	1.87	61	4 "	6.13	3.49	2.64
29	5 "	4.83	2.42	2.41	62	5 "	6.82	3.66	3.16
30	6 "	6.35	3.23	3.12	63	6 "	5.25	3.21	2.04
31	7 "	5.34	2.98	2.36	64	7 "	5.70	3.25	2.45
32	8 "	4.00	2.21	1.79	65	8 "	7.39	4.16	3.23
33	9 "	6.28	3.44	2.84	66	9 "	6.23	3.22	3.01

Tafel II.

Wirkliche Ernte-Ergebnisse aus der „Mitscherlich"-Versuchsreihe B".

Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg			Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg		
		Garben	Stroh	Korn			Garben	Stroh	Korn
1	α I	7.22	4.22	3.00	34	α IV	5.87	3.37	2.50
2	b "	6.13	3.30	2.83	35	b "	5.05	2.65	2.35
3	10 "	6.10	3.84	2.26	36	10 "	5.55	2.95	2.60
4	11 "	6.45	3.81	2.64	37	11 "	5.12	2.84	2.28
5	12 "	5.82	3.40	2.42	38	12 "	6.50	3.52	2.98
6	13 "	5.26	3.17	2.09	39	13 "	5.03	3.08	1.95
7	14 "	5.62	3.32	2.30	40	14 "	4.70	2.99	1.71
8	15 "	6.05	4.11	1.94	41	15 "	5.63	3.42	2.21
9	16 "	6.69	4.15	2.54	42	16 "	5.11	3.00	2.11
10	17 "	6.09	3.11	2.98	43	17 "	5.25	2.75	2.50
11	18 "	6.04	3.63	2.41	44	18 "	7.51	4.06	3.45
12	α II	5.18	3.00	2.18	45	α V	5.30	3.00	2.30
13	b "	6.32	3.66	2.66	46	b "	4.81	2.24	2.57
14	10 "	5.90	3.63	2.27	47	10 "	4.85	2.79	2.06
15	11 "	6.34	3.72	2.62	48	11 "	4.92	2.90	2.02
16	12 "	4.56	2.65	1.91	49	12 "	5.30	2.92	2.38
17	13 "	4.31	2.62	1.69	50	13 "	5.40	3.08	2.32
18	14 "	5.52	3.18	2.34	51	14 "	4.20	2.58	1.62
19	15 "	5.42	3.41	2.01	52	15 "	4.89	3.01	1.88
20	16 "	5.35	3.55	1.80	53	16 "	5.24	3.13	2.11
21	17 "	4.75	2.87	1.88	54	17 "	4.72	2.58	2.14
22	18 "	5.05	2.81	2.24	55	18 "	4.50	2.57	1.93
23	α III	4.67	2.45	2.22	56	α VI	4.73	2.62	2.11
24	b "	4.22	2.36	1.86	57	b "	3.71	2.16	1.55
25	10 "	4.30	2.41	1.89	58	10 "	4.20	2.51	1.69
26	11 "	4.45	2.48	1.97	59	11 "	5.05	2.60	2.45
27	12 "	4.73	2.61	2.12	60	12 "	5.92	2.85	3.07
28	13 "	5.04	2.88	2.16	61	13 "	5.84	3.29	2.55
29	14 "	4.44	2.55	1.89	62	14 "	5.92	3.47	2.45
30	15 "	5.60	3.45	2.15	63	15 "	6.61	3.98	2.63
31	16 "	5.55	3.29	2.26	64	16 "	6.73	3.87	2.86
32	17 "	5.76	2.99	2.77	65	17 "	5.94	3.18	2.76
33	18 "	4.62	2.81	1.81	66	18 "	7.30	4.13	3.17

zu Tafel II.

Wirkliche Ernte-Ergebnisse aus der „Larsen-Bjerke"-Versuchsreihe.

Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg			Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg		
		Garben	Stroh	Korn			Garben	Stroh	Korn
61	10 I	5.13	3.03	2.10	91	7 II	5.40	3.12	2.28
62	11 „	6.35	3.42	2.93	92	6 „	6.18	3.42	2.76
63	12 „	5.36	2.97	2.39	93	5 „	4.89	2.68	2.21
64	13 „	5.72	3.33	2.39	94	4 „	6.23	3.46	2.77
65	14 „	6.40	3.65	2.75	95	3 „	4.77	3.23	1.54
66	a I	5.19	3.06	2.13	96	a I	6.36	3.30	3.06
67	1 „	6.85	4.05	2.80	97	16 „	6.12	3.19	2.93
68	a „	5.95	3.75	2.20	98	a „	6.12	3.27	2.85
69	2 „	5.95	3.59	2.36	99	15 „	5.13	3.11	2.02
70	a „	5.31	3.25	2.06	100	a „	6.14	3.36	2.78
71	13 III	4.72	2.77	1.95	101	17 I	7.12	3.69	3.43
72	14 „	5.83	3.04	2.79	102	a „	4.18	2.69	1.49
73	15 „	4.00	2.35	1.65	103	18 „	5.32	2.94	2.38
74	16 „	4.25	2.40	1.85	104	a „	4.83	2.94	1.89
75	17 „	3.63	2.16	1.47	105	19 „	5.46	2.96	2.50
76	a IV	5.12	2.54	2.58	106	a II	5.41	3.51	2.20
77	8 „	4.82	2.92	1.90	107	8 „	5.32	2.84	2.48
78	a „	5.58	3.04	2.54	108	a „	7.60	4.23	3.37
79	9 „	3.11	1.54	1.57	109	9 „	5.34	3.08	2.26
80	a „	5.32	3.58	1.74	110	a „	4.94	2.75	2.19
81	14 IV	6.38	3.59	2.79	111	1 III	5.15	2.88	2.27
82	13 „	6.16	3.99	2.17	112	a „	5.43	2.99	2.44
83	12 „	5.47	3.30	2.17	113	2 „	4.48	2.38	2.10
84	11 „	5.50	3.29	2.21	114	a „	4.82	2.57	2.25
85	10 „	4.85	2.76	2.09	115	3 „	5.40	3.00	2.40
86	a III	4.31	2.25	2.06	116	a III	5.13	2.81	2.32
87	19 „	4.42	2.48	1.94	117	15 „	6.73	3.81	2.92
88	a „	4.42	2.39	2.03	118	a „	6.15	3.24	2.91
89	18 „	4.38	2.46	1.92	119	16 „	5.91	3.30	2.61
90	a „	5.51	2.66	2.85	120	a „	4.19	2.47	1.72

Tafel III.

Wirkliche Ernte-Ergebnisse aus der „Larsen-Bjerke" Versuchsreihe

Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg			Ernte-Nummer	Versuchs-Nummer	Gewichte in Kg		
		Garben	Stioh	Korn			Garben	Stroh	Korn
1	19 III	5.62	3.41	2.21	31	6 III	6.50	3.27	2.73
2	a „	3.84	2.30	1.54	32	7 „	5.60	2.98	2.62
3	18 „	5.62	2.95	2.67	33	8 „	4.88	2.75	2.13
4	a „	4.85	3.70	1.15	34	9 „	4.04	2.21	1.83
5	17 „	5.12	2.87	2.25	35	10 „	4.54	2.62	1.92
6	a III	4.83	2.33	2.50	36	a II	3.76	2.39	1.37
7	5 „	4.98	2.72	2.26	37	1 „	4.12	2.19	1.93
8	a „	5.00	2.47	2.53	38	a „	4.23	2.29	1.94
9	4 „	5.11	3.18	1.93	39	2 „	5.11	2.76	2.35
10	a „	6.12	3.21	2.91	40	a „	4.67	2.68	1.99
11	12 I	5.47	3.33	2.14	41	7 II	5.52	3.05	2.47
12	a „	5 97	3.21	2.76	42	6 „	4.25	2.45	1.80
13	11 „	5:41	3.02	2.39	43	5 „	5.61	3.67	1.94
14	a „	5.75	3.30	2.45	44	4 „	4.44	2.44	2.00
15	10 „	5.71	3.17	2.54	45	3 „	4.12	2.31	1.81
16	a I	4.86	2.72	2.14	46	a III	4.53	2.56	1.97
17	2 „	6.13	3.63	2.50	47	12 „	5.15	2.87	2.28
18	a „	5.54	3.04	2.50	48	a „	4.37	2.39	1.98
19	1 „	6.09	3.57	2.52	49	11 „	6.72	3.95	2.77
20	a „	5.53	2.97	2.56	50	a „	5.29	2.93	2.36
21	3 I	5.53	3.12	2.41	51	19 II	4.72	2.78	1.94
22	4 „	5.06	3.22	1.84	52	18 „	5.70	3.28	2.42
23	5 „	6.16	3.37	2.79	53	17 „	5.53	3.20	2.33
24	6 „	6.36	3.61	2.75	54	16 „	4.56	3.07	1.49
25	7 „	6.78	4.21	2.57	55	15 „	5.82	3.25	2:57
26	a II	6.55	3.97	2.56	56	a I	2.93	1.99	0.94
27	13 „	5.78	3.62	2.16	57	9 „	5.88	3.91	1.97
28	a „	5.63	3.33	2.30	58	a „	4.78	3.24	1.54
29	14 „	5.32	3,08	2.24	59	8 „	5.41	3.20	2.21
30	a „	5.53	3.10	2.43	60	a „	3.53	2.48	1.05

zu Tafel III.

tel aus 56 Teilstücken dürfte einen genügend sicheren Wert geben, der zweifelsohne zur Reduktion sämtlicher anderen Teilstücke der Abteilungen A und B der MITSCHERLICH-Versuchsreihe geeignet erscheint.[1] Diese Reduktion wird folgendermassen vorgenommen: Man bildet einen Quotienten, dessen Zähler der Mittelwert der 56 a-Parzellen ist, dessen Nenner der (ausgeglichene) Mittelwert der 6 a-Parzellen der betreffenden Versuchsabteilung ist.(Tabelle 2).

	Vor der Reduktion mit Q	Nach der Reduktion mit Q
	Das Garbengewicht (Seite 55 der Verrechnungen).	
in Abteilung A	$b_A = 48.10 \pm 1.9$ (4.0 %)	49.69 ± 2.0 (4.0 %)
" " B	$b_B = 45.10 \pm 1.6$ (3.6 %)	50.79 ± 1.7 (3.3 %)
	Das Korngewicht (Seite 56 der Verrechn.)	
" " A	$b_A = 22.54 \pm 1.0$ (4.4 %)	22.41 ± 1.0 (4.4 %)
" " B	$b_B = 21.03 \pm 1.0$ (4.4 %)	22.99 ± 1.1 (4.4 %)

Tabelle 1.

Versuchsabteilung A gibt also den Reduktionsquotienten

B " " " "

$$Q_A = \frac{\Sigma a_{56}}{\Sigma a_{A(6)}} \qquad Q_B = \frac{\Sigma a_{56}}{\Sigma a_{B(6)}}$$

Tabelle 2.

Ferner wird für die MITSCHERLICH-Versuchsreihe auf demselben Areal eine 6-fache Wiederholung möglich, während sich der LARSEN-BJERKE-Versuch auf Grund seiner 44 Massparzellen mit 4 Wiederholungen begnügen muss und der Behauptung der Güte der Methode nach es auch kann.

In den umstehend weiter angeführten Tafeln IV und V habe ich die Ergebnisse der Verrechnungen zusammengestellt. Die Ausrechnungen selbst sind naturgemäss äusserst weitläufig, und ihre Beifügung dürfte infolgedessen in unserm Zusammenhang die ohnehin nicht leichte Übersicht zu sehr erschweren.[2]

Wir stellen aus diesen Tafeln fest (Tabelle 3):

Prozentisches Mittel der wahrscheinlichen Schwankungen im Durchschnitt aller 20 Sorten

Mitscherlich		Larsen-Bjerke	
unausgeglichen	ausgeglichen	unausgeglichen	ausgeglichen
Garbengewichte			
4.3 %	3.0 %	5.0 %	5.6 %
Korngewichte			
4.9 %	3.8 %	5.7 %	6.5 %

Tabelle 3.

Diese Zahlen sind es, die letzen Endes zu erörtern sind.

1) Einen Beweis für die Güte des Verfahrens liefert in unserm Falle die Sorte b. Diese kehrt auch in beiden Versuchsabteilungen A und B wieder. Die Tabelle 1.

(Fortsetzung S.43).

Ernte-Ergebnisse im Mittel und in dz/ha der „Mitscherlich"-Versuchsreihen „A" u. „B".

Sorten	unausgeglichen			Sorten	ausgeglichen		
	Garbengewichte		Korngewichte		Garbengewichte		Korngewichte
1	59.30 ± 2.2 (3.7%)	1	27.00 ± 1.3 (4.8%)	1	59.82 ± 1.4 (2.3%)	1	26.96 ± 0.8 (3.0%)
6	58.34 ± 1.5 (2.5 ")	6	25.25 ± 1.1 (4.4 ")	6	59.40 ± 1.7 (2.8 ")	7	26.88 ± 0.7 (2.6 ")
18	58.25 ± 4.4 (7.5 ")	2	25.00 ± 1.6 (6.4 ")	16	58.79 ± 1.4 (2.4 ")	6	26.74 ± 0.7 (2.6 ")
16	57.18 ± 2.3 (4.0 ")	9	24.43 ± 1.3 (5.3 ")	15	58.38 ± 1.1 (1.9 ")	17	25.23 ± 1.0 (4.0 ")
15	56.40 ± 1.6 (2.8 ")	17	23.88 ± 1.2 (5.0 ")	18	58.21 ± 2.8 (4.8 ")	2	25.16 ± 1.4 (5.5 ")
9	56.03 ± 2.1 (3.7 ")	18	23.85 ± 1.9 (8.0 ")	12	57.16 ± 2.1 (3.6 ")	12	25.10 ± 1.1 (4.4 ")
2	56.02 ± 3.4 (6.0 ")	12	23.65 ± 1.3 (5.5 ")	9	57.11 ± 2.3 (4.0 ")	9	24.68 ± 1.3 (5.0 ")
7	54.42 ± 2.1 (3.8 ")	a	23.48 ± 0.5 (2.0 ")	2	56.45 ± 2.7 (4.8 ")	18	24.47 ± 1.5 (6.0 ")
a	54.38 ± 0.8 (1.5 ")	5	22.76 ± 1.0 (4.4 ")	7	56.16 ± 1.3 (2.3 ")	11	23.52 ± 0.7 (3.0 ")
12	54.16 ± 2.3 (4.2 ")	3	22.60 ± 0.9 (4.0 ")	17	55.56 ± 1.2 (2.2 ")	a	23.48 ± 0.5 (2.0 ")
17	53.60 ± 1.9 (3.5 ")	4	22.60 ± 1.0 (4.4 ")	11	55.09 ± 1.5 (2.7 ")	3	23.21 ± 0.8 (3.8 ")
11	53.31 ± 2.5 (4.7 ")	b	22.36 ± 1.2 (5.0 ")	a	54.38 ± 0.8 (1.5 ")	4	23.16 ± 1.0 (4.3 ")
4	52.36 ± 2.3 (4.4 ")	7	22.26 ± 0.8 (3.6 ")	13	53.43 ± 1.8 (3.4 ")	8	22.89 ± 0.4 (2.0 ")
5	52.34 ± 2.3 (4.4 ")	11	22.22 ± 0.8 (3.6 ")	4	53.27 ± 1.6 (3.0 ")	5	22.83 ± 1.0 (4.3 ")
3	51.13 ± 2.3 (4.5 ")	16	21.74 ± 1.0 (4.6 ")	10	52.72 ± 1.5 (2.8 ")	b	22.41 ± 1.1 (4.4 ")
10	50.95 ± 2.6 (5.1 ")	15	20.38 ± 1.3 (6.3 ")	5	52.55 ± 2.4 (4.6 ")	16	22.49 ± 0.7 (3.1 ")
13	50.93 ± 1.3 (2.5 ")	10	20.29 ± 0.9 (4.4 ")	14	51.66 ± 1.6 (3.1 ")	10	21.89 ± 0.8 (3.6 ")
14	50.14 ± 2.3 (4.6 ")	13	20.28 ± 0.8 (4.0 ")	3	51.09 ± 1.7 (3.3 ")	13	21.59 ± 1.0 (4.6 ")
b	49.78 ± 2.5 (5.0 ")	8	19.76 ± 1.3 (6.6 ")	b	50.79 ± 1.8 (3.5 ")	15	21.49 ± 0.5 (2.3 ")
8	46.86 ± 3.1 (6.6 ")	14	19.57 ± 1.1 (5.6 ")	8	44.29 ± 1.0 (2.2 ")	14	20.57 ± 1.1 (5.3 ")
Σ (R):	± 45.8 (85.0 ")		± 22.3 (97.9 ")		± 33.7 (61.2 ")		± 18. (75.9 ")
im Mittel (M):	± 2.3 (4.3 ")		± 1.1 (4.9 ")		± 1.7 (3.0 ")		± 0.9 (3.8 ")

Ernte-Ergebnisse im Mittel und in dz/ha der „Larsen-Bjerke"-Versuchsreihe.

Sorten	unausgeglichen			Sorten	ausgeglichen		
	Garbengewichte		Korngewichte		Garbengewichte		Korngewichte
					54.38		23.48
14	63.65 ± 2.1 (3.3%)	14	28.12 ± 1.0 (3.6%)	14	+9.38 ± 9.2 (5.0%)	14	+5.00 ± 1.7 (6.0%)
7	61.97 ± 2.5 (4.0 ")	11	27.39 ± 1.4 (5.1 ")	7	+7.92 ± 3.4 (8.1 ")	3	+3.96 ± 2.0 (7.3 ")
6	61.94 ± 4.1 (6.6 ")	6	26.71 ± 1.8 (6.8 ")	11	+6.97 ± 4.4 (7.2 ")	6	+3.23 ± 1.7 (6.4 ")
11	59.53 ± 2.7 (4.5 ")	7	26.45 ± 0.7 (2.4 ")	6	+6.19 ± 4.2 (6.9 ")	17	+3.18 ± 3.2 (12.0 ")
13	59.53 ± 2.3 (3.9 ")	1	25.32 ± 1.5 (5.9 ")	2	+4.64 ± 2.7 (4.6 ")	18	+2.97 ± 2.3 (8.2 ")
1	59.07 ± 4.8 (8.2 ")	17	25.22 ± 2.8 (11.1 ")	1	+3.88 ± 2.9 (5.0 ")	7	+2.58 ± 2.0 (7.6 ")
15	57.66 ± 4.4 (7.7 ")	2	24.77 ± 0.9 (3.6 ")	17	+3.55 ± 4.8 (8.3 ")	11	+2.36 ± 2.4 (9.3 ")
2	57.63 ± 3.2 (5.6 ")	18	24.75 ± 1.1 (4.5 ")	15	+2.78 ± 3.4 (6.0 ")	2	+2.15 ± 1.1 (4.3 ")
5	57.55 ± 2.5 (4.4 ")	5	24.46 ± 1.3 (5.4 ")	18	+2.67 ± 2.8 (4.9 ")	1	+2.08 ± 1.1 (4.3 ")
12	57.03 ± 0.6 (1.1 ")	15	24.36 ± 2.4 (9.9 ")	13	+2.21 ± 2.9 (5.1 ")	15	+0.52 ± 2.1 (8.7 ")
17	56.93 ± 3.2 (5.6 ")	12	23.89 ± 0.5 (2.1 ")	5	+1.67 ± 4.4 (7.9 ")	19	+0.11 ± 1.3 (5.5 ")
18	55.91 ± 2.3 (3.9 ")	16	23.62 ± 2.9 (12.7 ")	19	+0.94 ± 3.2 (5.8 ")	a	±0.00 ± 0.5 (2.0 ")
4	55.43 ± 2.6 (4.7 ")	a	23.48 ± 0.5 (2.0 ")	12	+0.46 ± 1.7 (3.1 ")	10	−0.28 ± 0.9 (3.9 ")
16	55.43 ± 4.6 (7.6 ")	3	23.31 ± 2.7 (10.5 ")	10	+0.29 ± 0.6 (1.1 ")	16	−0.48 ± 2.3 (10.0 ")
8	55.11 ± 1.3 (2.4 ")	8	23.19 ± 0.9 (3.9 ")	3	+0.18 ± 3.9 (7.2 ")	5	−0.53 ± 2.2 (9.6 ")
a	54.38 ± 0.8 (1.5 ")	13	23.07 ± 0.6 (2.6 ")	a	±0.0 ± 0.8 (1.5 ")	8	−0.95 ± 1.7 (7.0 ")
10	53.81 ± 1.9 (3.5 ")	10	23.01 ± 1.0 (4.8 ")	16	−0.54 ± 3.4 (6.3 ")	13	−1.21 ± 1.2 (5.4 ")
19(6)	53.78 ± 2.5 (4.7 ")	19(6)	22.85 ± 1.1 (4.8 ")	4	−0.61 ± 1.2 (2.2 ")	12	−1.26 ± 1.9 (8.5 ")
3	51.92 ± 3.0 (5.5 ")	4	22.72 ± 1.5 (6.1 ")	8	−1.72 ± 3.2 (6.1 ")	4	−1.55 ± 1.4 (6.4 ")
9	48.87 ± 5.3 (10.8 ")	9	20.30 ± 1.1 (5.4 ")	9	−5.55 ± 5.4 (11. ")	9	−2.70 ± 1.6 (7.2 ")
Σ(R):	±563 (99.5 ")		±277 (113.5 ")		±64.5 (113.3 ")		±34.6 (122.6 ")
im Mittel (M):	±2.8 (5.0 ")		±1.4 (3.7 ")		±3.2 (5.6 ")		±1.7 (6.5 ")

Tafel V.

IV.

Schon LARSEN sagt: „Es ist wahrscheinlicher, dass zwei Parzellen einander gleich kommen in Bezug auf Triebkraft (Feuchtigkeit und anderen Wachstumsbedingungen), wenn sie dicht beieinander, als wenn sie von einander entfernt gelegen sind, und je weiter die Parzellen von einander abliegen, desto wahrscheinlicher sind grosse Ungleichheiten." (Lit.3).

Dieser an sich richtige Satz, dass also Fehler bei grösserer Entfernung von Parzellen untereinander mit grösserer Wahrscheinlichkeit zunehmen als bei kleinerer, ist eine Voraussetzung für HOLTSMARKs mathematische Beweisführung geworden in seinem Aufsatz (in der Zeitschrift für Mathematik und Physik) über die Anwendbarkeit der Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung bei Grössen, die sich nicht rein zufällig ändern (Lit.2).

Um es nochmals zu betonen, nur unter diesen Voraussetzungen konnte HOLTSMARK seinen Beweis führen. Mathematisch ausgedrückt, würden wir hierfür folgende Funktion haben: $y = f(x)$, worin x die Ertragsdifferenz zwischen 2 Parzellen ist in einem Abstande von x.

Es muss sich also logisch hierbei eine Kurve entwickeln, die BJERKE dann auch bei dem LARSEN'schen Versuch gefunden hat. Der Zwischenraum zwischen 0 und dem Fusspunkt des Scheitelpunktlotes der Kurve auf die x-Achse gibt die „durchschnittliche Hügellänge" des Versuchsfeldes an.

Ich zeichne in Figur 6 die bei dem LARSEN'schen Versuch gefundene Kurve:

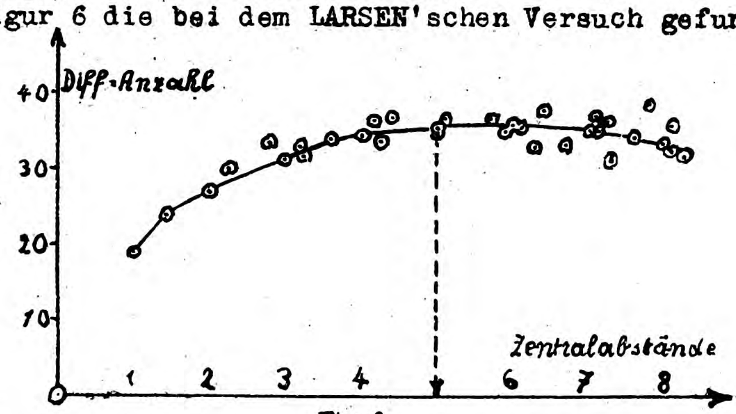


Fig.6.

Der Lehrsatz, welchen BJERKE aus dieser Kurve ableitet, heisst: „In einem „hügeligen" Versuchsfelde wird der Unterschied zwischen den Erzeugnissen zweier willkürlich gewählter, gleichbehandelter Parzellen so von dem Abstande zwischen den Parzellen abhängig sein, dass der Unterschied durchschnittlich wächst mit dem Abstand innerhalb eines Zwischenraums von 0 aufwärts bis zu einer gewissen, für dieses Versuchsfeld charakteristischen Grenze, die vermutlich nahe dem Durchschnittsabstand zwischen einem Fruchtbarkeitshügel und einer Fruchtbarkeitssenke liegt. Eine Vergrösserung des Abstandes zwischen den Parzellen über diese Grenze hinaus, die die „durchschnittliche Hügellänge" des Feldes genannt werden könnte, würde keine Vergrösserung der Durchschnittsdifferenz zwischen den Erzeugnissen mit sich führen."

Wird dieser Satz auf die 44 Masstabparzellen in LARSENs Versuch angewandt, in ihrer Anordnung wie sie oben beschrieben wurde (Fig. 2), so kann man 31 Parzellenpaare mit einem Abstand ihrer Mittelpunkte gleich 2 (mal der Parzellenseitenlänge); 58 mit einem Abstand von 2; 32 mit einem Abstand von 8; 33 mit einem Abstand von 10 usw. zusammenstellen (kombinieren); man erhält folgende

(Fortsetzung v.S.40) zeigt, dass eine auffällige Annäherung der beiden Werte für b nach der Reduktion erfolgt ist.

2) Diese Verrechnungen wurden im Pflanzenbau-Institut der Universität Königsberg i.Pr. deponiert und stehen dort zur Verfügung. Sie sind paginiert, und wo es nötig ist, ist hier auf die Seiten verwiesen.

Tabelle 4, die ich BJERKEs Aufsatz entnehme, (und deren Zahlen also dem LARSEN'-schen Versuch entstammen):

Abstand der Parzellen mittelpunkte	Anzahl der Differenzen	Mittel der Differenzen
$\sqrt{2}$	31	21.6
2	58	25.8
$\sqrt{8}$	32	34.6
$\sqrt{10}$	63	31.8
4	36	35.8
$\sqrt{18}$	26	33.5
$\sqrt{20}$	50	38.9

Tabelle 4.

Man kann wohl sagen, eine Kurve ist hierbei erkennbar.

Ich habe nun aus meinem Versuchsmaterial die Masstabparzellen in gleicher Weise zusammengestellt und finde (wenigstens für die Garbengewichtszahlen, also Stroh und Korn zusammen), folgendes Bild (Tabelle 5, Verrechnungen S. 88 bis 91):

Abstand der Parzellen mittelpunkte	Anzahl der Differenzen	Mittel der Differenzen
$\sqrt{2}$	31	916.8 (g)
2	58	844.1
$\sqrt{8}$	32	1108.0
$\sqrt{10}$	63	836.0
4	36	896.7
$\sqrt{18}$	26	887.3
$\sqrt{20}$	50	1009.0

Tabelle 5.

Man sieht, die Kurve entwickelt sich diesmal nicht. Somit wäre die Erntedifferenz zwischen zwei Parzellen bei meinem Versuch vom Abstand der Parzellen unabhängig.

Nach obigem Lehrsatz gibt es also auf meinem Versuchsfeld keine grobtopographischen Fruchtbarkeitsvariationen, keine einseitigen Fehler, und die Masstabmethode, noch irgend eine andere natürlich, hatte deshalb hier keinen Wert.

Dies Ergebnis fand ich sonderbar, denn es war doch gerade ein Versuchsfeld ausgewählt, das dem Augenschein nach schon von Ost nach West zu Verschiedenheit zeigte.

Daraufhin habe ich die Erträge der Masstabparzellen mir zeichnerisch dargestellt. Das Ergebnis zeigt Fig. 7.

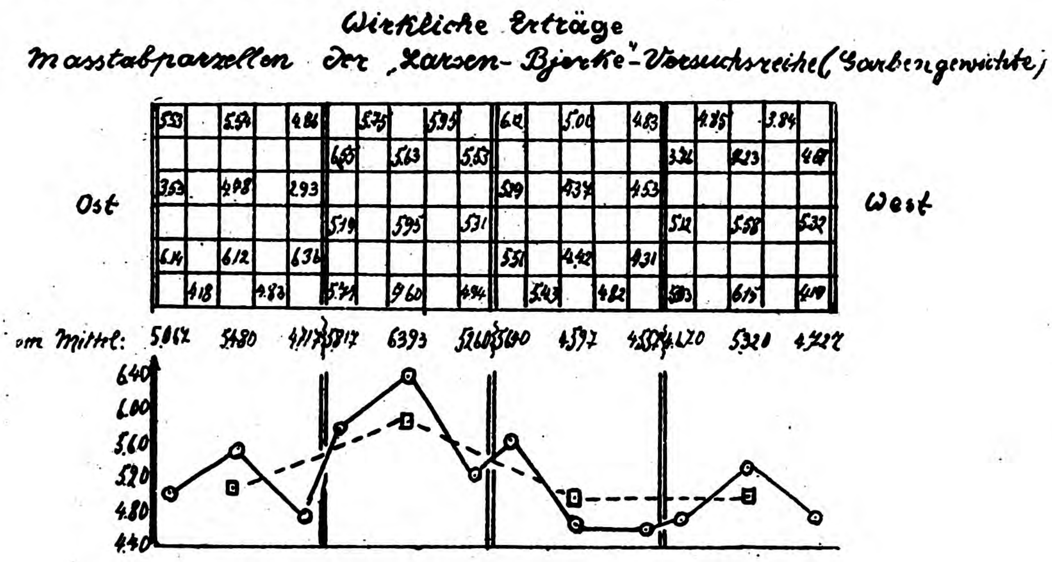


Fig. 7.

Es findet sich also doch ein deutlicher Fruchtbarkeitshügel auf der zweiten Wiederholung. (Zerlegt man sich übrigens das Feld in 6 Streifen von Parzellen von Ost nach West, so findet man, dass im grossen Ganzen diese Streifen dem Hauptbild parallel gehen, was zum Ausdruck bringt, dass eine Veränderung der Feldfruchtbarkeit von Süd nach Nord eigentlich kaum stattfindet! Auch der aussergewöhnlich hohe Ertrag auf Parzelle 108 ändert am Gesamtbilde nichts.)

Aber vielleicht ist die Höhe des Fruchtbarkeitshügels noch zu gering!

Für diesen Fall könnte man ihn einmal willkürlich, aber doch in planmässiger Weise sich erhöht denken, ohne dass die Wirklichkeit verloren geht. Etwa indem man die Erträge der Masstabparzelle der zweiten Wiederholung um 100, bezw. 150, 200, 150 und wieder 100 g erhöht. Das Bild würde sich dann so darstellen, wie es Fig. 8 zeigt:

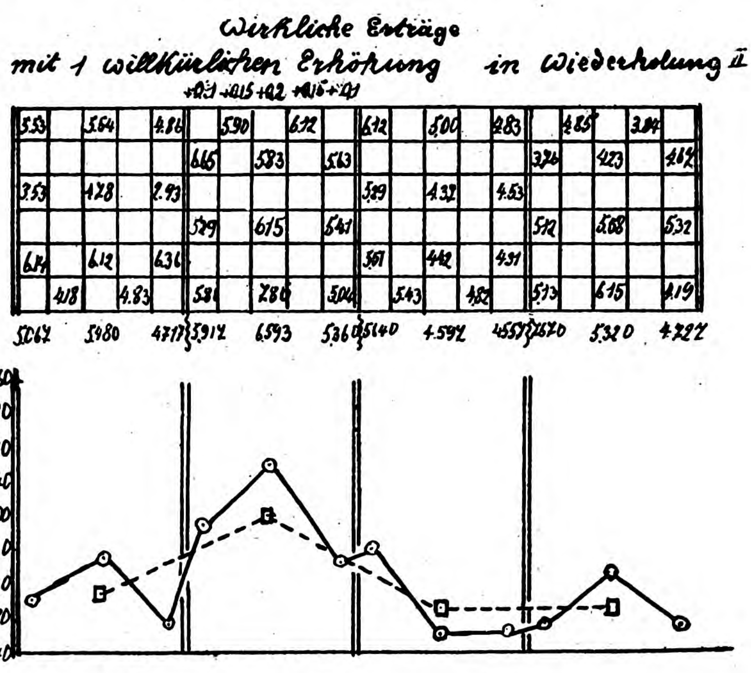


Fig. 8.

(die ausgezogene Linie gibt die Änderung der Erträge von Ost nach West an.)

Berechne ich nunmehr, also mit den z.T. fingierten Zahlen, die die Erhöhung des schon vorhandenen Fruchtbarkeitshügels im Rahmen der Wirklichkeit bezweckten, die durchschnittliche Hügellänge, so ergibt sich wieder folgendes Bild (Tabelle 6, Verrechnungen S. 94 bis 99):

Abstand der Parzellenmittelpunkte	Anzahl der Differenzen	Mittel der Differenzen
$\sqrt{2}$	31	910.3
2	58	839.0
$\sqrt{8}$	32	949.2
$\sqrt{10}$	63	872.0
4	36	755.3
$\sqrt{18}$	26	892.3
$\sqrt{20}$	50	1044.0

Tabelle 6.

Es hat sich nichts wesentliches geändert. Zweifellos ist jetzt ein einseitiger Fehler vorhanden, indem namentlich die zweite Wiederholung hohe Erträge zeigt, wieder wie vorher auch, aber nun deutlicher. Und doch entsteht keine Kurve.

Es ist auf diesem Wege nicht weiter zu kommen.

Wir wollen nun einmal ganz schematisch vorgehen und in ungefährer Anlehnung an unsere Zahlen gänzlich fingierte Versuche aufstellen.

Hierbei kann man verschiedene Fälle betrachten.

1. Das Versuchsfeld habe mehrere, etwa fünf, gleichgrosse Fruchtbarkeitshügel und die dazu gehörigen ebenso grossen Senken. In unserem Fall würde sich dann der Boden nach jeder dritten Parzelle entgegengesetzt ändern. Wir erhalten das Bild wie in Fig. 9:

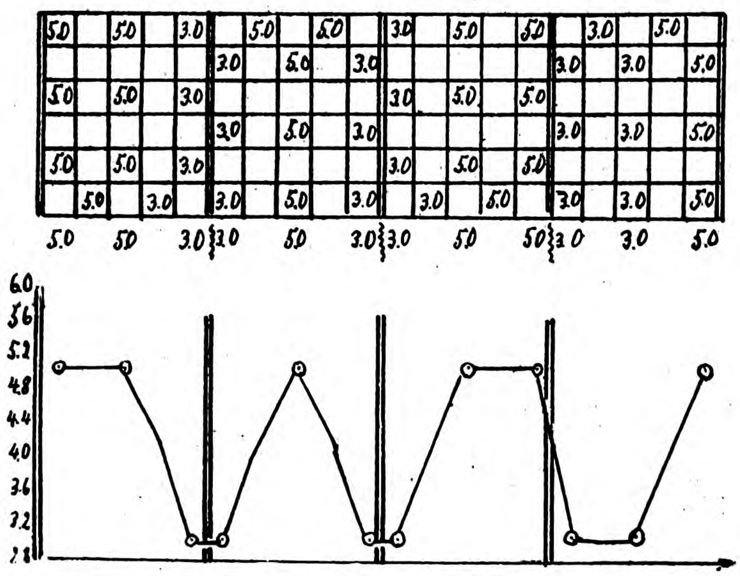


Fig. 9.

Die zufälligen Fehler sind nunmehr alle ausgeschaltet. Wenn trotzdem keine unbedingte Regelmässigkeit bei der Kurvenentwicklung entsteht, so ist das der immerhin noch vorhandenen Unregelmässigkeit der Menge der Kombinationsmöglichkeiten zuzuschreiben. Stelle ich mir hier meine Tabelle (7) auf, so erhalte ich folgende Durchschnittsdifferenzen (Verrechnungen S. 100 bis 102): (Tabelle 7).

Offensichtlich erscheint hier die Kurve, allerdings sind die Differenzen sehr stark. Von Senke zu Hügel erhöht sich der Ertrag um 60%.

2. Das Versuchsfeld nehme in seiner Fruchtbarkeit von Ost nach West

gleichmässig zu; dies zeigt Fig. 10. Die Differenzen für diesen Fall sind: (Tab. 8).

$\sqrt{2}$	2	$\sqrt{8}$	$\sqrt{10}$	4	$\sqrt{18}$	$\sqrt{20}$
645.2	689.6	1250.0	1460.3	944.4	2000.0	1400.0

Tabelle 7.

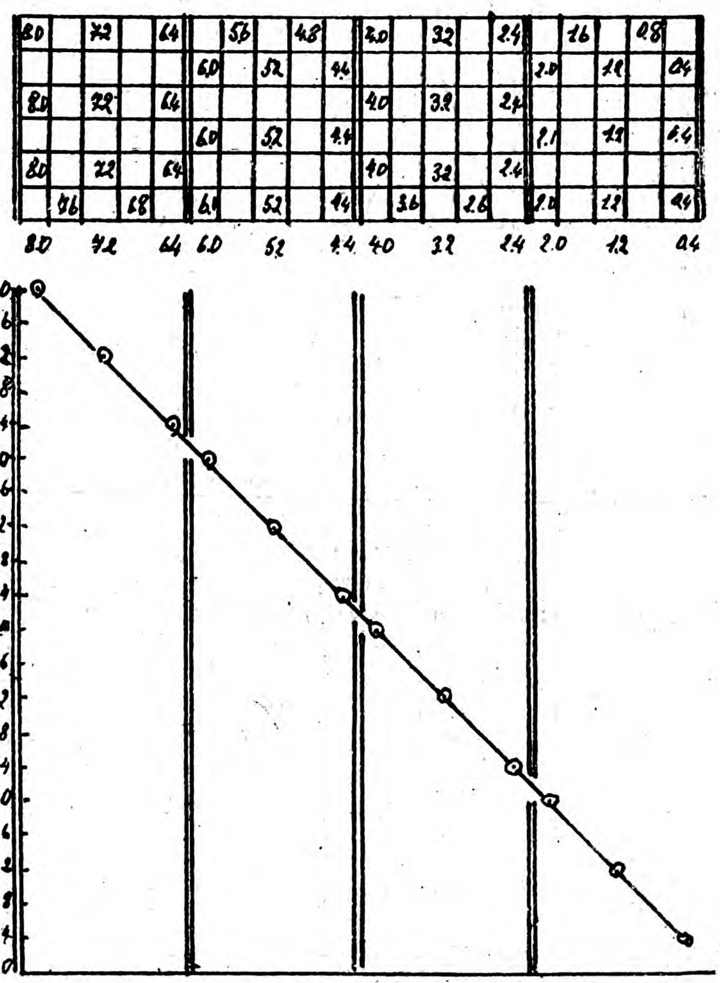


Fig. 10.

$\sqrt{2}$	2	$\sqrt{8}$	$\sqrt{10}$	4	$\sqrt{18}$	$\sqrt{20}$
0.400	0.800	0.800	1.200	1.600	1.200	1.600

Tabelle 8.

Auch hier erscheint die Kurve ganz deutlich, aber wieder sind die Ertragsunterschiede sehr stark.

3. Die dritte Möglichkeit wird zweifellos für einen schematischen Fall so sein, dass man sich nur einen Fruchtbarkeitshügel denkt, während alle anderen Teile des Versuchsfeldes „eben" sind. Dies läuft unserem praktischen Fall mehr

oder weniger parallel. Wir denken uns deshalb unseren Hügel an derselben Stelle sich erheben, sodass er seinen Gipfel in der Mitte der zweiten Wiederholung hat und nach beiden Seiten gleichmässig abfällt, um je 1 kg! Es zeigt dies Fig. 11:

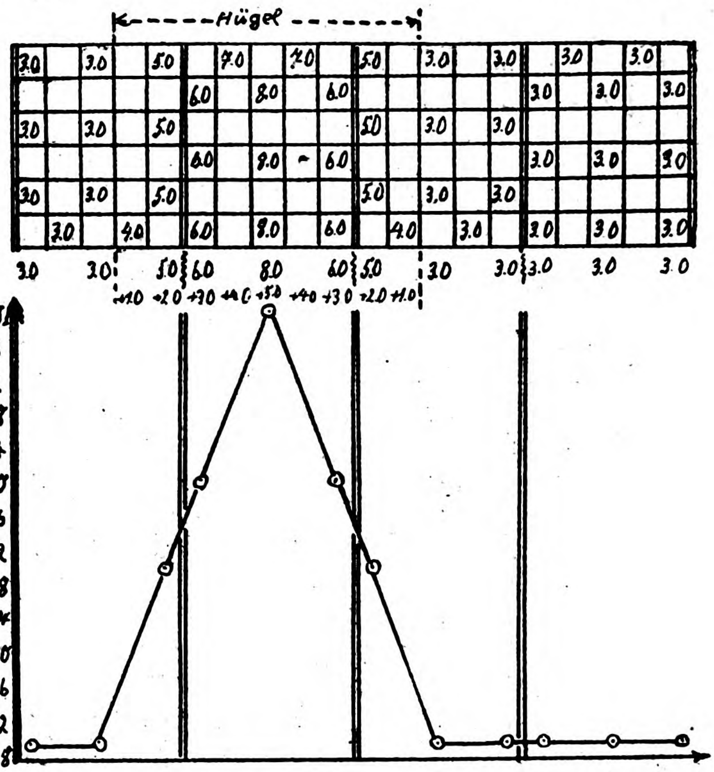


Fig. 11.

Die Differenzen der Masstabparzellen ergeben: (Tabelle 9, Verrechnungen S.103-105)

$\sqrt{2}$	2	$\sqrt{8}$	$\sqrt{10}$	4	$\sqrt{18}$	$\sqrt{20}$
0,581	0,621	1,000	1,302	1,083	1,692	1,340

Tabelle 9.

Die Kurve ist da. Allerdings sind wieder Unterschiede der Erträge da bis zu 270 %.

Solche Unterschiede des Bodens sind aber in praxi, man kann wohl sagen, unmöglich, denn man wird stets Versuchsfelder wählen, die möglichst geringe Unterschiede dem Augenschein nach aufweisen. Wenn LARSENs Versuchsfeld ein dem Auge nach sehr gleichmässiger Timothyschlag war, so kann man wohl sagen, dass hier eine Täuschung vorliegt, die bei Gräsern ganz gut vorkommen kann.

Wir müssen also die Folgerung ziehen, dass geringere einseitige Fehler, und zwar so, wie sie üblich sind, von der Methode nicht erkannt werden.

V.

Ein Zweites ist zu erörtern. Die Masstabparzellen tragen selbst zufällige Fehler in sich. Die Methode behauptet, man könne sie vernachlässigen, denn einmal beruhe der Wert des Verfahrens auf den Differenzen im Verhältnis zum Masstab, und andererseits würden auch diese Differenzen viermal wiederholt, und es würde das Mittel aus ihnen gebildet. Immerhin sei eine Vergrösserung des Fehlers da, und nach allgemeiner Erfahrung betrüge sie 15 %.

Ich kann mir schlechterdings nicht denken, dass man in der Fehlerwahrscheinlichkeit so rechnen darf. Wir haben allen Grund, so genau wie möglich zu sein, denn einmal dürfen wir der zunftgemässen Mathematik keinerlei Angriffspunkte bieten, und andererseits müssen wir tatsächlich den Fehler so exakt wie möglich herausbringen, da heute schon die Ertragsunterschiede unter den hochgezüchteten Sorten unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen oft recht schwer erkennbar sind. Man muss es also ablehnen, mit einer solchen Schätzung zu rechnen.

Besonders in dem Fall der Masstabparzellenanordnung! Wir haben vorher bei der Beschreibung der Versuchsanlage gesehen, welche Schwierigkeiten sich der Durchführung entgegensetzen. Das kommt alles aufs Konto der zufälligen Fehler. Diese mögen so gross werden, dass sie einseitige Fehler glatt überdecken, was sehr gegen die Exaktheit der Methode spricht. Hierzu kommt die quadratische Form der Parzellen, die einen Teil einseitig wirkender Fehlerursachen, wie schon oben gesagt, in die zufälligen Fehler aufnimmt.

Den Beweis in unserem praktischen Falle bringt ein Blick auf die Tafeln mit den <u>unausgeglichenen</u> Mitteln aus beiden Versuchsreihen. Es beträgt hier das prozentische Mittel der wahrsch. Schwankungen

	bei MITSCHERLICH	bei LARSEN-BJERKE
a) Garbengewichte	4,3 %	5,0 %
b) Korngewichte	4,9 %	5,7 %

Da die einseitige Fehlerquelle für beide Versuchsreihen durchgängig ist so kann man diese Erhöhung der Fehlerprozente bei LARSEN-BJERKE von vornherein obigen Ursachen zuschieben.

Ferner wird sich das Fehlerfortpflanzungsgesetz bei der Reduktion der Sorten auf die Massparzellen auswirken. Eine Berechnung dieser Wirkung ist aber deshalb nicht möglich, weil zwar nicht bei den „x"-Parzellen, aber bei den „•"-Parzellen schon von vornherein der Fehler der hier benutzten x"-Parzellen hinzukommt. Man sieht leicht, dass man dann nicht genau genug mit der Formel $R = R_1 \quad R_2$ rechnen kann, was zum Beweise nötig wäre (Fehlerfortpflanzungsgesetz).

Wenn man sich aber einen vollkommen fingierten Versuch mit 19 Versuchsobjekten und einem Masstabobjekt zusammenstellt, so kann man alle zufälligen Fehler ausschalten, so weit sie nicht in einer Abrundung der Dezimalen liegen. Zum mindesten wird der Prozentsatz also ein sehr geringer sein, und eine Überdeckung einseitiger Fehler wird nicht möglich sein.

Wir wollen dies im folgenden durchführen.

Wenn man sich alle zufälligen Fehlerquellen ausgeschlossen denkt, müssen alle Masstabparzellen, die mit Sorte a bestanden sind, gleich hohe Erträge zeigen. Wir nehmen an, die Sorte a habe überall den Ertrag 3,0 kg je Parzelle, und es sollen sich die anderen 19 Sorten in Abständen von je 300 gr nach beiden Seiten hin gruppieren (Tabelle 10):

Wir legen nun in das Feld einen Fruchtbarkeitshügel wie in Figur 11. Es steige und falle der Ertrag auch hier wieder um je ein kg je Parzelle. Wir erhalten bei Einzeichnung der Erträge dann das Bild in Figur 12. Wenden wir hier das Masstabsystem an, so müssen zweifelsohne die Verschiedenheiten wieder verschwinden, und es muss die alte Rangordnung eintreten. Fehler dürften von rechtswegen nach der Reduktion nicht vorhanden sein, oder nur ganz geringe, die sich aus der Abrundung von Dezimalstellen ergeben; zufällige Fehler sind ja nicht vorhanden, und einseitige sollen ja möglichst ausgemerzt sein.

Es ergibt sich aber folgendes Bild (Tabelle 11, Verrechnungen S.106-110):

Sorte a = 3.0 Kg

Sorte 1 = 3.3	Sorte 11 = 2.7
" 2 = 3.6	" 12 = 2.4
" 3 = 3.9	" 13 = 2.1
" 4 = 4.2	" 14 = 1.8
" 5 = 4.5	" 15 = 1.5
" 6 = 4.8	" 16 = 1.2
" 7 = 5.1	" 17 = 0.9
" 8 = 5.4	" 18 = 0.6
" 9 = 5.7	" 19 = 0.3
" 10 = 6.0	

Tabelle 10.

			+1.0	-2.0	+3.0	+4.0	+5.0	-4.0	+3.0	-2.0	+1.0								
3.0	3.3	3.0	4.6	5.0	4.0	2.0	7.7	2.0	5.4	5.6	5.2	3.6	4.5	3.0	0.4	7.6	0.8	3.0	0.3
39	42	46	58	4.1	6.0	6.1	8.0	58	6.0	6.8	6.1	5.4	5.7	6.0	3.0	3.3	3.6	3.6	3.0
3.0	5.4	3.0	6.7	5.0	4.5	5.2	5.9	4.6	3.3	5.0	2.7	3.0	2.4	3.0	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
6.0	2.7	2.4	3.1	3.8	6.0	7.3	8.0	7.6	6.0	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	3.0	5.4	3.0	5.7	3.0
3.0	1.5	3.0	2.2	5.0	6.9	9.2	9.5	8.8	8.1	5.2	0.6	3.6	0.3	3.0	6.0	2.7	2.4	2.1	1.8
0.9	3.0	0.6	4.0	2.3	6.0	9.4	8.0	9.7	6.0	5.7	4.0	3.6	3.0	3.9	3.0	1.5	3.2	1.2	3.0

← - - - - Hügel - - - - →

Fig. 12.

Sorte $\alpha = 3.0 \pm 0.0$

Sorte 1 = 3.30 ± 0.0 (0.0 %)
" 2 = 3.55 ± 0.04 (1.0 ")
" 3 = 3.[illegible]0 ± 0.0 (0.0 ")
" 4 = 4.20 ± 0.0 (0.0 ")
" 5 = 4.56 ± 0.11 (2.3 ")
" 6 = 4.80 ± 0.0 (0.0 ")
" 7 = 5.10 ± 0.0 (0.0 ")
" 8 = 5.34 ± 0.05 (0.8 ")
" 9 = 5.70 ± 0.0 (0.0 ")
" 10 = 6.00 ± 0.0 (0.0 ")

Sorte 11 = 2.60 ± 0.23 (8.9 %)
" 12 = 2.34 ± 0.05 (1.8 ")
" 13 = 1.60 ± 0.37 (23.0 ")
" 14 = 1.56 ± 0.18 (11.8 ")
" 15 = 1.44 ± 0.05 (3.1 ")
" 16 = 1.20 ± 0.0 (0.0 ")
" 17 = 1.02 ± 0.09 (9.0 ")
" 18 = 0.2[illegible] ± 0.14 (61.5 ")
" 19 = 0.35 ± 0.0 (0.0 ")

Tabelle 11.

Man sieht: Während eine ganze Reihe der Sorten wieder dieselben Werte erhalten, die vorher geplant waren, gibt es ebenso viele, die zum Teil ganz ungeheuerliche Verschiebungen aufweisen, in ihren Werten sowohl wie in Fehlerprozenten. Die Methode ist also nicht brauchbar, weil 1.) die Erkennung einseitiger Fehler durch y = f (x) nur bei besonders starken Bodenunterschieden möglich ist, die in der Regel nicht eintreten, und weil 2.) das Reduktionsverfahren eine Fehlerfortpflanzung von ganz unkontrollierbaren und jedenfalls viel zu starken Ausmassen erzeugt.

VI.

Es fragt sich nun, ob denn die MITSCHERLICHsche Ausgleichsrechnung, das Prozentverfahren, unsere Forderungen ganz erfüllt. Wir haben gesehen, dass sich infolge der Ausgleichsrechnung der wahrscheinliche Fehler im Durchschnitt um 30 % gesenkt hat. So gross wäre also die einseitige Fehlerquelle, wenn die Methode richtig ist.

Um das zu prüfen, müsste man wieder einen fingierten Versuch ansetzen, damit alle Zufälligkeiten ausgeschaltet werden. Man kann sich aber diese Arbeit sparen, weil in der einschlägigen Literatur ein Angriff RODEWALDs erschienen ist, der einen solchen fingierten Versuch nach der MITSCHERLICHschen Methode zusammenstellt und darauf aufbauend zu beweisen sucht, dass sie vollkommen verfehlt sei. Es ist dies eine der wenigen Untersuchungen des Verfahrens bisher (Lit. 6), die stattgefunden haben, die aber leider auf einer falschen Vorstellung aufgebaut ist, so dass sie für uns wertlos ist.

Aber in einer bald darauf erschienenen Entgegnung (Lit. 5) stellt MITSCHERLICH die Untersuchung RODEWALDs richtig, indem er sämtliche Parzellen mit dem gleichen Versuchsobjekt besetzt denkt (gleiche Düngung), und trotzdem die Erträge von Parzelle zu Parzelle in gleichmässiger Weise anwachsen lässt. Ein solches Anwachsen ist dann nur durch gleichmässige Bodenverbesserung in einer Richtung zu erklären.

Dann wendet MITSCHERLICH einmal die direkte Mittelfindung an, also unausgeglichen, wie es auch RODEWALD getan hat, und einmal seine Ausgleichung. Er legt seiner Betrachtung dabei das Versuchsschema zu Grunde, das wir schon in Fig. 5 dieser Abhandlung kennen gelernt haben. Man muss sich also die Parzellen I, II, III, IV, V in jeder Wiederholung mit dem gleichen Versuchsobjekt, also etwa mit unserer Standardsorte a oder mit gleicher Düngung bestanden denken; dann muss bei gleichen Bodenverhältnissen überall der gleiche Ertrag entstehen. Steigt aber die Fruchtbarkeit von links nach rechts, so müssen auch die Erträge von links nach rechts steigen. Die Nummerierung der Parzellen von 1 bis 20 mag auch zugleich die jeweilige Höhe der Erträge angeben. Dann sind wieder alle Zufälligkeiten getilgt, aber der einseitige Fehler besteht.

Wird nun nach alter Weise das einfache, unausgeglichene Mittel zusammengestellt, und dazu nach MITSCHERLICHs Verfahren das ausgeglichene errechnet, so zeigt sich (Tabelle 12):

	unausgeglichen		ausgeglichen
I.	8.5 ± 2.4 (28.2 %)	I	10.4 ± 0.8 (7.7 %)
II.	9.5 ± 2.4 (25.2 ")	II.	10.3 ± 0.7 (6.8 ")
III.	10.5 ± 2.4 (22.9 ")	III	10.3 ± 0.6 (5.8 ")
IV.	11.5 ± 2.4 (21.0 ")	IV	10.6 ± 0.7 (6.6 ")
V	12.5 ± 2.4 (19.2 ")	V.	10.9 ± 0.8 (7.3 ")
im Mittel:	10.5 ± 2.4 (22.9)		10.5 ± 0.7. (6.7 ")

Tabelle 12.

10,5 ist das Mittel aller Parzellen, das beim MITSCHERLICHschen Ausgleichungsverfahren also fast vollkommen erreicht wird bei allen Parzellen I, II, III, IV, V, was zu beweisen war.

Die Ungenauigkeit hinter dem Komma erklärt sich einmal durch die notwendige Abrundung beim Rechnen und dann dadurch, dass ja tatsächlich noch immer ein Fehler von 6,7 % vorhanden ist, der doch eigentlich verschwunden sein müsste.

Aber das ist dadurch zu erklären, dass in jeder Versuchseinheit von je 5 Versuchen ebenfalls der Boden schon in gleicher Richtung wechselt, und hier ist die Grenze für die Methode gegeben, es sei denn, man könnte jede Parzelle unendlich schmal machen, was unmöglich ist.

Durch die Breite der Versuchseinheit ist also die Begrenzung des Ausgleichserfolges bestimmt, und so kann man weiter nichts tun, als sie nicht zu gross werden zu lassen, m.a.W., nicht zuviel Vergleichsobjekte zusammenzustellen. Es sind also etwa 5 bis 6 höchstens zu nehmen, und 11 Sorten, wie ich sie habe nebeneinander legen müssen, sind deshalb eigentlich zuviel. Darum wurde auch nur eine Verringerung des Fehlers von zirka 30 % erreicht.

Übrigens ist ein prozentischer Vergleich der einseitigen und der zufälligen Fehleranteile nur bedingt richtig, was ausdrücklich hervorzuheben ist. Denn während der einseitige Fehler eine konstante Grösse ist, die bei allen nochmaligen Versuchsanstellungen auf dem gleichen Versuchsfelde sich nicht ändern würde, kann der zufällige Fehleranteil sehr in seiner Grösse wechseln. Es ist z.B. durchaus denkbar, dass auch in unserem Versuch der zufällige Fehleranteil noch mehr herunter geschraubt werden kann, wodurch dann die Grösse des eliminierten einseitigen Fehleranteils prozentisch in Vergleich gesetzt, viel gewichtiger in Erscheinung tritt.

Ein Übelstand ist beim Prozentverfahren die etwas umständliche Rechenarbeit, die bei einiger Übung aber auch höchstens 5 Stunden nach meiner Erfahrung ausmacht, wenn ich einen Versuch mit 5 Objekten und 4maliger Wiederholung zu bearbeiten habe.

Im Übrigen ist aber die Methode unangreifbar und ihrer allgemeinen Anwendung steht nichts entgegen. Aber man wird sie doch nur dann anwenden, wenn man bemerkt, dass die Fehler in einem Versuch zu gross sind, oder zu wechselnd in ihrer Grösse, als dass sie durch Zufälligkeiten erklärt werden können.

LITERATUR-NACHWEIS.

1.) BJERKE, Bj., Die Masstabmethode und LARSENs Versuche. Mitteilungen der Norwegischen Landwirtsch.Hochschule, Christiana, 5/1923.

2.) HOLTSMARK, G., Über eine Anwendung der Fehlerwahrscheinlichkeitstheorie auf Grössen, die sich nicht rein zufällig ändern. Zeitschr.f.Mathematik u.Physik, Bd. 52/1905.

3.) HOLTSMARK, G. u. LARSEN, B., Über die Fehler, welche bei Feldversuchen durch die Ungleichartigkeit des Bodens bedingt werden. Landwirtsch.Versuchsstationen, Bd. 65/1907.

4.) MITSCHERLICH, E.A., Bodenkunde für Land- und Forstwirte.

5.) MITSCHERLICH, E.A., Eine Entgegnung auf RODEWALDs Artikel in Heft 19/20 von FÜHLINGs Landwirtsch.Zeitung, 1920. FÜHLINGs Landwirtsch.Zeitung, Heft 23/24, 1920. (siehe 6.)

6.) RODEWALD, H., Die MITSCHERLICHsche Ausgleichsrechnung zur Ausschaltung der Ungleichheit des Bodens auf den Versuchsfeldern. FÜHLINGs Landwirtsch.Zeitung, Heft 19/20, 1920.

7.) RÖMER, Th., Der Feldversuch. (Dort auch alle weiteren Literaturen.) Arbeiten der D.L.G., Heft 302.

8.) VAGELER, H., Beziehung zwischen Parzellengrösse und Fehler der Einzelbeobachtung bei Feldversuchen. Journal für Landwirtschaft, 1919.

9.) CHRISTENSEN, R.K., Fehlertheorie und Feldversuch. Tidskrift for Jandtruyets Plantearb, 1910.

10.) MITSCHERLICH, E.A. u. DÜHRING, Fr., Über die Grösse der Teilstücke bei Feldversuchen. Landwirtsch.Versuchsstationen 1921.

ABSTRACT.

As introduction to the work in question the valuation in agricultural experiments has been generally explained.

First of all the probleme of soil-variation has been discussed. Thereby it has been showed that the GAUSS curve symmetrically arises only in presence of casual errors. In return arrises a systematical error through the variation of the soil.

The notion of a fertility-topography introducted by BJERKE has been discussed and determined.

Continuing in the introduction a representation is given of the principal methods to check systematic errors.

The measure-plot method of LARSEN and HOLTMARK and their improvement by BJERKE has been discussed. The MITSCHERLICH balance calculation has been represented.

The chief part of the publication is related to the question, if and how far systematic errors may be checked by this methods, and if the differences of the actual yields may be brought in relation to the measure, to determine valuation and degree of the trial objekts.

A field trial with 20 oats varieties has been carried through after both methods it is by percent calculation and by measure plots-balance.

The laying-out and the harvesting of this trial has been described. The thereby appearing technical disavantages and avantages of the two methods have been discussed.

The adding of a standard-variety for the comparability of two trial series has been discussed and justified.

In discussing the trial serie of LARSEN-BJERKE it is firstely shown that the average "hill"-length of field fertility resp. the difference of yield between two parcels is a function of distance between the two parcels.

The curve found in the BJERKE-LARSEN trial does not appear in our trial though graphic representation and evidence announce a systematical error.

The curve, y - f(x), does not even then appear if on increases the evidently systematical error artificially to the limit of acuatlity. Not before one accepts quite high differences of yield of measured plots does the curve appear.

The three chief possibilities for this are: a) equally distributed "hill" and "slppes"; b) the fertility of the field increases from one end to the other; c) one single "hill" exists in a "plain".

Allowing for casual errors, their necessary increase ist estimated on 15%; this figure has been proved.

A fully feigned trial shows far too high error for the differences.

In discussing the MITSCHERLICH series of trials it has been shown on the contrary that a feigned trial with equally rising yields shows a very great decrease of the errors. This deerease is limited by the size of the experimental unit.

MITTEILUNG DES HERAUSGEBERS.