HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	KORRELATIONSERSCHEINUNGEN BEI DEN PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN DER GETREIDEKÖRNER UND DEREN PRAKTISCHE BEDEUTUNG
Author(s)	AKEMINE, Masao
Citation	The journal of the College of Agriculture, Tohoku Imperial University, Sapporo, Japan, 7(2), 101-127
Issue Date	1916-04-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/12538
Type	bulletin (article)
File Information	7(2)_p101-127.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

KORRELATIONSERSCHEINUNGEN BEI DEN PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN DER GETREIDEKÖRNER UND DEREN PRAKTISCHE BEDEUTUNG

von

Masao Akemine

Die Korrelationserscheinungen bei den Getreidearten sind in der landwirtschaftlichen Literatur schon des öfteren Gegenstand der Erörterung gewesen. Es fehlte aber bisher an systematischen Darstellungen, welche die Wechselbeziehungen der physikalischen Eigenschaften der Getreidekörner hinlänglich berücksichtigen, trotzdem dies nicht nur vom variationsstatistischen Standpunkte aus von grösstem Interesse ist, sondern auch bei der Beurteilung der Getreidekörner als Saatgut eine bedeutende Rolle spielen sollte. Vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, erscheinen diesbezügliche Untersuchungen deshalb sehr wichtig, weil sie die Frage lösen helfen, welche von den physikalischen Eigenschaften als das beste Merkmal für das Sortieren der Gereidekörner dienen könnte, und auch deshalb, weil dadurch beim Sortieren des Saatgutes anstatt des einen Merkmals ein anderes, damit in Korrelation stehendes, zur Anwendung gebracht werden kann, was zuweilen eine Erleichterung der Sortierungsarbeit bedeutet. So habe ich schon im Jahre 1911 vom praktischen Standpunkte aus diesen Gegenstand studiert. Dabei wurden unter mehreren physikalischen Eigenschaften das absolute Gewicht, die Länge, Breite und Dicke, das spezifische Gewicht und die Grösse des Embryos als die zu untersuchenden Merkmale ausgewählt. Da die rechnerische Verarbeitung solcher Messungsergebnisse wie bekannt sehr umständlich und zeitraubend ist, wurden diese nach vieler Mühe erst im Jahre 1914 in der vorliegenden Arbeit zur Mitteilung fertig.

[Jour. of the College of Agr., Tohoku Imp. Univ., Sapporo, Vol. VII, Pt. 2, April, 1916]

Es würde mich sehr freuen, wenn diese kleine Arbeit für die Lösung der praktischen Fragen bezüglich des Saatgutsortierens, welche besonders in Japan noch der Lösung harren, nicht ohne Verdienst wäre.

Material und Methoden.

Als Untersuchungsmaterial benützte ich vier Getreidearten, d. h. Reis, Gerste, Weizen und nackte Gerste, deren Sorten und Orte der Herkunft folgende waren:

Früchte	Sorten	Herkunft
Reis	Omachi	Kumamoto
Gerste	Golden Melon	Sapporo
Weizen	Martin's Amber	Sapporo
Nackte Gerste	Maru-mi	Sapporo

Alle diese Körnerfrüchte waren im Jahre 1910 geerntet und in der üblichen Weise gereinigt und aufbewahrt worden.

Das absolute Gewicht ist mit einer gewöhnlichen Chemiker-Präzisionswage bis zu $\frac{1}{2}$ mg, die Länge, Breite und Dicke mit einem Schraubenmikrometer bis zu $\frac{1}{100}$ mm festgestellt worden. Bezüglich des Embryos wurden die Breite äusserlich und die Länge und Dicke an dessen Längsschnitt mikroskopisch abgemessen.

Die jetzt üblichen Methoden für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Samenkörner sind die mittelst des graduierten Gefässes oder des Pyknometers. Diesen Methoden haften aber erhebliche Fehler an, daher leisten sie für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes des einzelnen Kornes fast keine Dienste. Ich nahm als richtig an, es so festzustellen, dass man viele Gefässe nebeneinander stellt, in welchen sich Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischem Gewicht befinden, und worin man in regelmässiger Folge von der leichteren Flüssigkeit allmählich zu schwereren gehend, das einzelne Korn eintauchen lässt. Dabei entspricht das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, worin das Korn weder ganz untersinkt noch an die Oberfläche kommt, dem des Kornes. Das Korn wird mit der betreffenden Flüs-

sigkeit sorgfältig befeuchtet, wenn es zuerst darin eingetaucht wird, um es vor dem Anhaften der atmosphärischen Luft zu schützen ; und wenn das Korn von einer Flüssigkeit in die andere gebracht wird, wird die an der Oberfläche des Kornes anhaftende Flüssigkeit mit Fliesspapier möglichst entfernt, um einer Veränderung der Lösungsdichtigkeit vorzubeugen. Die angewandten Flüssigkeiten waren bis zum spezifischen Gewicht von 1,20 mit Tropflösung aus rohem Kochsalz und die über 1,20 mit Zinksulphatlösung hergestellt worden. Und zwar habe ich bei dieser Methode nicht nur das spezifische Gewicht des einzelnen Kornes bestimmt und daraus die Wechselbeziehungen mit dem absolutem Gewicht berechnet, sondern auch von den sämtlichen 50 Körnern zusammen. Zu diesem Zwecke leistet das gewöhnliche Pyknometer nach Gay-Lussac mit eingeschliffenem Haarröhrchenstopfen und dergleichen keine guten Dienste, da erhebliche Fehler auftreten, welche dadurch hervorgerufen werden, dass, bei Verwendung von Wasser als Versuchsflüssigkeit, viele Luftblasen aussen den Körnern anhaften, dass ferner, wenn man anstatt Wasser Alkohol und dergleichen anwendet, um die Luftblasen zu verdrängen, die Flüssigkeit aus den Haarröhrchen hinaus verdunstet ; beides verwickelt in hohem Masse das Resultat. So habe ich, mit der Absicht die Verdunstung des Alkohols aus dem Stopfen zu verhindern, ein besonderes Pyknometer mit Hahn angefertigt. Das Gefäss wird derartig behandelt, dass man zunächst Alkohol eingiesst, durch das Verstöpseln mittelst des Hahns die Verbindung des Alkohols mit der äusseren Luft unterbricht, dann nach der vollständigen Verdunstung des Alkohols innerhalb des Röhrchens über dem Hahn oder nach dessen künstlicher Auftrocknung es der Wägung unterwirft. Die Überlegenheit dieses Apparates besteht in folgendem :

1. Bei Anwendung dieses Apparates kann man sich irgend einer flüchtigen Flüssigkeit bedienen, und so ist dem Anhaften von Luftblasen an der Oberfläche der Körner leicht zu entgehen.
2. Nach dem Verstöpseln kann man wiegen, wann man will, ohne irgend eine Veränderung an Gewicht zu erleiden.
3. Der Fehler, welcher daher rührt, dass die Flüssigkeit in die Samen

hineindringt und die in den Samen befindliche Luft heraustreibt, fällt bei Anwendung dieses Apparates ganz fort.

Denselben Vorteil kann man ohne Zweifel bei der Anwendung von Pyknometern mit kleinem Deckel an der Spitze des Stopfens, wie Bailey und Thomas (4) ermittelt haben, erhalten.

In Hinsicht auf die Korrelation hat man verschiedene Methoden zu deren Berechnung, wie die Galtons, Orphals u. a. Bravais hat die Formel $r = \frac{\Sigma D_x D_y}{n \sigma_x \sigma_y}$ angegeben als Ausdruck für die Korrelation zwischen zwei variablen Grössen, in welcher bedeuten

r = Korrelationskoeffizient,

D_x = Abweichung vom Mittel (M_x) der einen supponierten Eigenschaft,

D_y = Abweichung vom Mittel (M_y) der zweiten relativen Eigenschaft,

Σ = Summationszeichen,

n = Gesamtzahl aller Individuen,

σ_x = Standardabweichung der supponierten Eigenschaft,

σ_y = Standardabweichung der relativen Eigenschaft.

Manche Autoren ziehen die Bravaissche Methode als zuverlässiger und präziser allen anderen vor. Auch ich habe die Korrelation nach dieser Methode berechnet, trotz ihrer ausserordentlichen Umständlichkeit. Die wahrscheinlichen Fehler der Korrelationskoeffizienten sind nach der bekannten Formel $E_r = \frac{0{,}6745\,(1-r^2)}{\sqrt{n}}$ berechnet worden. Die Gesamtzahl der Versuchskörner war in jedem Falle 100, was man für zu wenig halten könnte. Ich glaube auch selbst nicht, dass dies für diese Diskussion genug sei. Die aus der geringen Menge des Materials herrührenden Fehler sind jedoch dadurch vermindert worden, dass von den äusserlich als reif und voll betrachteten Körnern je 25 von grösseren, mittleren, kleineren bezw. kleinsten Körnern ausgewählt, diese zusammengemischt, und dann als Versuchsmaterial verwandt worden sind. Unter diesen befinden sich also praktisch Körner von allen Klassen, die verschiedene Grössen und Gewichte repräsentieren. Dass nur reife und volle Körner zu den Versuchen verwendet wurden, ist meines Erachtens von grosser Bedeutung. Beim Sortieren des Saatgutes ist

es keineswegs schwer, die unreifen, verschrumpften Körner zu entfernen; der schwerste und wichtigste Punkt liegt darin, die normal gebauten aber kleinen Körner von den vollausgebildeten grossen Körnern zu befreien. Unter normal gebautem aber kleinem Korn verstehe ich dasjenige, welches in allen seinen Teilen proportional wie das Vollkorn entwickelt ist, und in der inneren Struktur ebenso hart und dicht gebaut ist, aber nur an Grösse und Gewicht einem Vollkorn nachsteht. Wer sich von Getreidekörnern Kenntnis verschafft hat, wird diese Tatsache ohne Weiteres anerkennen. Hierin müsste der Hauptpunkt der Saatgutsortierung liegen, und das ist der Grund dafür, dass ich ausschliesslich die reifen und vollen Körner— gleichviel ob gross oder klein— als Versuchsmaterial ausgewählt habe.

Die vorliegende Darstellung zerfällt in vier Teile:

1. Die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge, der Breite bezw. der Dicke.
2. Die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse.
3. Die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse des Embryos.
4. Die Korrelation zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht.

Beim Reis habe ich diesen Beziehungen an bespelzten und entspelzten Körnern nachgeforscht. In meinen Untersuchungen wurde das absolute Gewicht der Körner als die supponierte Eigenschaft ausgewählt, und die anderen als die relativen. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass das absolute Gewicht bei der Beurteilung des Getreides als Saatgut die bedeutendste Rolle spielt, und demnach schwerere Körner überhaupt den leichteren als Saatgut überlegen sind. Zahlreiche Forscher haben schon auf diesem Gebiete sich wertvolle Verdienste erworben, unter denen Ando (1, 2, 3), Edler (7), Fischer (8), Hellriegel (10), Marek (13), Nobbe (18), Schindler (23), Stigell (24), v. Tautphoeus (25), Wollny (28), u. a. hervorgehoben werden können; v. Rümker (19) hat zusammenfassend folgende Sätze aufgestellt:

1. Die Quantität des Ertrages wächst mit dem Gewichte des Samens.
2. Schwere Samen erzeugen einen höheren Prozentsatz schwerer Samen,

wenn sie selbst schon von mehreren Generationen schwerer Samen abstammen, d. h. wenn ihr Gewicht eine erheblich überkommene Eigenschaft war, woraus sich ergibt, dass auch die Qualität der Produktion durch das Gewicht des Samens günstig beeinflusst wird.

3. Schwere Samen erzeugen lebensfähigere Pflanzen, welche sich widerstandsfähiger erweisen gegen schlechte Witterungseinflüsse und sonstige Fährlichkeiten.
4. Schwere Samen haben eine grössere und kräftigere Keimanlage, sie liefern daher im allgemeinen grössere, tiefer wurzelnde und kräftiger bestockte Pflanzen.
5. Schwerere Samen liefern Pflanzen, welche sich schneller entwickeln als solche aus leichten Samen.
6. Schwere Samen erzeugen chlorophyllreiche Pflanzen, und da das Chlorophyll das Hauptassimilationsorgan für Kohlensäure und die Hauptwerkstatt für Erzeugung von Stärkemehl ist, so erhellt daraus, wie wichtig der Chlorophyllreichtum für die Produktivität der ganzen Pflanze ist.

Fassen wir alle diese Vorteile, welche das absolute Gewicht verleiht, zusammen, so können wir sagen:

Je schwerer das Saatkorn, desto produktiver und desto sicherer im Ertrage wird die daraus erwachsende Pflanze.

Nun muss aber noch bezüglich der vorigen Ausführungen eine Einschränkung gemacht werden. v. Lochow (12) nimmt gestützt auf seine Anbauversuche mit Petkuser Roggen bestimmt an, dass bei dauernd fortgesetzter Aussaat allergrösster Roggenkörner der lückige Besatz entschieden zunehmen würde, ebenso wie bei wiederholter Aussaat der kleinsten Körner die Korngrösse und damit der Ertrag zurückgehen würde. Es dürfte ausser Frage sein, dass diese Erscheinung auch bei anderen Getreidearten nicht viel anders sein wird. Ich bin der Ansicht, dass diese Uebelstände der grösseren Körner durch die sorgfältige Auslese der Mutterpflanzen, d. h. durch die alleinige Verwendung der nicht schartigen Aehren als Saatgut in erheblichem Masse behoben werden könnten, sodass die vielfach behauptete Ueberlegenheit der

grösseren Körner daher nicht so fraglich ist, wie von manchen Autoren betont worden ist. Es würde sich fragen, ob die allergrössten oder selbst nur die ausserordentlich grossen Körner immer auch wirklich den Vorteil bieten, vorausgesetzt, dass die ebenerwähnte Mutterpflanzenauslese zur Genüge vorgenommen würde.

Diese Anmerkungen genügen wohl als Grund dafür, dass ich das absolute Gewicht immer als die supponierte Eigenschaft der Korrelation ausgewählt habe, und meines Erachtens dürfte dies bei solchen Versuchen, welche überhaupt das praktische Verfahren der Saatgutsortierung berücksichtigen, das allerbeste Vorgehen sein.

Da es sehr umständlich wäre, die Korrelationstabellen einzeln hier auszuführen, so benüge ich mich, die Korrelationskoeffizienten und zudem auch den Mittelwert und die Standardabweichung der betreffenden Eigenschaften mit ihren wahrscheinlichen Fehlern in Tabellen anzugeben.

1. Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge, der Breite bezw. der Dicke.

Der Formcharakter eines Samenkornes wird durch die Feststellung des Verhältnisses der drei Dimensionen Länge, Breite und Dicke zu einander genau ausgedrückt. Dass zwischen dem absoluten Gewicht und diesen drei Dimensionen der Getreidekörner irgendwelche Korrelationen vorhanden sind, ist selbstverständlich; bisher fehlten aber Versuchsresultate, die darüber Auskunft geben, welche von den drei Dimensionen mit dem absoluten Gewichte in nächster Beziehung steht. Die Aufklärung dieser Frage schliesst dabei die Antwort auf die andere Frage in sich, welche von diesen drei Dimensionen für die Ausscheidung der grössten Körner oder, von vollen Körnern gesagt, der schwersten, massgebend ist. Wie bekannt sind die gebräuchlichen Lochformen der Siebe kreisrund, quadratisch und langgeschlitzt. In den zwei ersteren Formen ist der Breitendurchmesser für das Durchgehen der Körner massgebend, während in der letzten die Dicke allein in Betracht kommt. So bringt die vorliegende Frage das Problem mit sich, welche von den zwei Kategorien der Lochformen für die rationelle Sortierung des Saatgutes von höherem Wert ist. Man sagt öfters, dass die schlitzförmige Oeffnung, in welcher die Dicke für das Passieren der Samen massgebend ist,

die allerbeste sein müsse, da die grösseren Samen im allgemeinen im Vergleich mit den kleineren mehr in der Dicke als in den anderen zwei Durchmessern grössere Masse aufweisen. Meine diesbezüglichen Untersuchungen ergaben die folgenden Resultate:

1. Bespelzte Reiskörner.

Korrelation zwischen	Mittel des absoluten Gewichtes cg	Standardabweichung des absoluten Gewichtes	Mittel der Länge, Breite bezw. Dicke mm	Standardabweichung der Länge, Breite bezw. Dicke	Korrelationskoeffizient
abs. Gewicht und Länge	3,4000 ± 0,0175	0,2592 ± 0,0124	7,6900 ± 0,0201	0,3110 ± 0,0148	0,7422 ± 0,0303
abs. Gewicht und Breite	„	„	3,5945 ± 0,0111	0,1648 ± 0,0078	0,7381 ± 0,0307
abs. Gewicht und Dicke	„	„	2,2986 ± 0,0045	0,0669 ± 0,0032	0,3609 ± 0,0587

2. Entspelzte Reiskörner.

abs. Gewicht und Länge	2,5620 ± 0,0156	0,2314 ± 0,0110	5,4660 ± 0,0167	0,2470 ± 0,0117	0,6406 ± 0,0398
abs. Gewicht und Breite	„	„	3,0920 ± 0,0093	0,1376 ± 0,0066	0,8002 ± 0,0243
abs. Gewicht und Dicke	„	„	2,0760 ± 0,0051	0,0760 ± 0,0036	0,5842 ± 0,0444

3. Gerste.

abs. Gewicht und Länge	5,5125 ± 0,0668	0,9870 ± 0,0471	9,5380 ± 0,0643	0,7270 ± 0,0347	0,9239 ± 0,0099
abs. Gewicht und Breite	„	„	3,8560 ± 0,0137	0,2035 ± 0,0097	0,9104 ± 0,0115
abs. Gewicht und Dicke	„	„	2,9720 ± 0,0127	0,1885 ± 0,0090	0,8653 ± 0,0170

4. Weizen.

abs. Gewicht und Länge	4,8950 ± 0,0660	0,9743 ± 0,0465	6,6205 ± 0,0294	0,4355 ± 0,0192	0,9333 ± 0,0087
abs. Gewicht und Breite	„	„	3,4544 ± 0,0178	0,2645 ± 0,0125	0,9265 ± 0,0096
abs. Gewicht und Dicke	„	„	3,0512 ± 0,0479	0,2615 ± 0,0125	0,8997 ± 0,0196

5. Nackte Gerste.

abs. Gewicht und Länge	3,7040 ± 0,0557	0,8265 ± 0,0394	7,1860 ± 0,0354	0,5244 ± 0,0250	0,9766 ± 0,0031
abs. Gewicht und Breite	„	„	3,4370 ± 0,0184	0,2935 ± 0,0140	0,9453 ± 0,0067
abs. Gewicht und Dicke	„	„	2,4992 ± 0,0175	0,2600 ± 0,0124	0,9082 ± 0,0119

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Dicke in erhöhtem Masse schwächer ist als die zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge bezw. Breite. Diese Tatsache stimmt bei allen Getreidearten überein, sodass nicht nur die bisher manchmal geäusserte Behauptung betreffs der dicksten Körner ganz grundlos ist, sondern das Gegenteil besteht, wenn nur auf die reifen und vollen Körner Rücksicht genommen wird. Der Grund davon ist vielleicht darin zu suchen, dass in kleinen aber vollen Körnern das Längenwachstum durch gewisse Ursachen, vor allem durch den kleinen Umfang der Spelzen beschränkt wird, sodass sie gezwungen sind, in die Dicke zu wachsen, vorausgesetzt, dass dafür genügende Ernährung zur Verfügung steht, während bei den grossen und vollen Körnern das Längenwachstum zum Nachteil des Dickenwachstums vor sich geht. Die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge bezw. der Breite ist sehr deutlich bei allen Getreidearten, insbesondere bei Weizen und Gerste. Und ferner stehen die Korrelationen zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge bezw. zwischen dem absoluten Gewicht und der Breite, in Uebereinstimmung, ausgenommen bei entspelzten Reiskörnern, in welchen die letztere bedeutend deutlicher ist als die erstere.

Aus obigen Ergebnissen soll der Rückschluss gezogen werden, dass beim Ausscheiden von kleineren aber vollen Körnern aus den grossen und vollen die Lochform, welche den Breitendurchmesser als Sortierungsmasstab benützt, empfehlenswerter ist als diejenige, bei der der Dickendurchmesser massgebend ist.

Es tritt zu den ebenerwähnten Verhältnissen noch die Aufgabe hinzu, die nicht vollen Körner zu beachten. Hier liegt die Sache ganz anders, besonders bei Körnern von Reis und Gerste, welche mit Spelzen umgeben sind. Da bei diesen Arten die Spelzen immer früher als die darin befindlichen Früchte zur Entwicklung kommen, so könnten die Länge bezw. die Breite entweder in vollen oder in verschrumpften Körnern nicht so weit abweichen, während der Dickendurchmesser, weil dessen Wachstum mit der Entwicklung der Früchte Schritt hält, bei vollen Körnern grösser und bei den verschrumpften

kleiner zu sein pflegt. Das Verhalten der nicht bespelzten Körner kann ich hier zahlenmässig nicht bezeichnen, aber es steht wohl ausser Zweifel, dass auch die Entwicklung des Dickendurchmessers bei kleinen Körnern schwächer ist. Aus dem Gesagten würde es richtig sein, die schlitzförmigen Löcher, wobei der Dickendurchmesser massgebend ist, anzuwenden, um die verschrumpften Körner aus den vollen auszuscheiden. Die oben erwähnte Ansicht, dass der Dickendurchmesser als der beste Masstab für Saatgutsortierung mittelst Siebes dienen sollte, ist in diesem beschränkten Sinne richtig.

Man kann die erwähnten Tatsachen folgenderweise ausdrücken:

1. Die Sortiermethode nach dem Dickendurchmesser ist dann vorzuziehen, wenn es sich um das Ausscheiden der verschrumpften Körner aus den vollen handelt.
2. Die Sortiermethode nach dem Breitendurchmesser ist dagegen geeignet, um volle aber kleinere Körner aus vollen und grösseren auszuscheiden.

Wenn diese zwei Aufstellungen als richtig angenommen werden, so fragt sich, wie wir aus dem in der Praxis zur Anwendung kommenden Saatgutmaterial, welches das Gemisch von entweder kleinen und grossen oder verschrumpften und vollen Körnern ist, die grösseren und volleren, d. h. die besten Körner zweckmässig auswählen können. Hierbei könnte die Auswahl der besten Körner derartig vorgenommen werden, dass zuerst mit schlitzförmigen Löchern die verschrumpften Körner entfernt werden, um dann nach kreisrunden oder quadratischen Löchern die vollen aber kleinen Körner passieren zu lassen, sodass die grösseren und besten Körner zurückbleiben. Eine einfache und erfolgreiche Methode für die Erreichung dieses Zwecks ist diejenige nach dem absoluten Gewichte, was unten des Näheren erörtert werden soll.

2. Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse.

Dass zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse der Getreidekörner in gewissem Grade eine Korrelation vorhanden ist, lässt sich leicht verstehen. Bei bespelzten Getreidekörnern, besonders bei den Reiskörnern kann man am häufigsten leichte Körner mit verhältnismässig grossem Umfang

finden, weshalb die Korrelation gewissermassen aufgehoben wird. Bei vollen Körnern zeigt sich aber deutlich eine positive Korrelation zwischen diesen zwei Eigenschaften. Die Bestimmung der Grösse des Kornes kann in der Weise ausgeführt werden, dass man das Material in das mit Wasser gefüllte Pyknometer eintauchen lässt und die überfliessende Wassermenge, die dann dem Volumen des Kornes entspricht, ausmisst oder in der Weise, dass man das absolute Gewicht, welches selbstverständlich das Produkt von Volumen und spezifischem Gewicht ist, durch das spezifische Gewicht dividiert. Ich habe es, abgesehen von diesen indirekten Methoden, direkt durch das Produkt der drei Dimensionen bezeichnet. Die derart gefundenen Zahlen zeigen keineswegs die absolute Grösse des Kornes, aber sie sind imstande dessen relative Grösse einfach und ziemlich genau zu bezeichnen. Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle niedergelegt.

Früchte	Mittel des absoluten Gewichtes cg	Standardabweichung des absoluten Gewichtes	Mittel der Grösse (Länge × Breite × Dicke)	Standardabweichung der Grösse	Korrelationskoeffizient
Bespelzte Reiskörner	3,4000 ± 0,0175	0,2592 ± 0,0124	62,5000±0,0358	5,3066 ± 0,2531	0,8957 ± 0,0133
Entspelzte Reiskörner	2,7630 ± 0,0151	0,2244 ± 0,0170	34,8400±0,2498	3,7041 ± 0,1767	0,9252 ± 0,0097
Gerste	5,5125 ± 0,0668	0,9870 ± 0,0471	110,0200±1,3313	19,7370±0,9415	0,9948 ± 0,0007
Weizen	4.8950 ± 0,0660	0,9743 ± 0,0465	67,2400±0,8673	12,8580±0,6133	0,9248 ± 0,0098
Nackte Gerste	3,7040 ± 0,0557	0,8265 ± 0,0394	62,6800±0,9250	13,7140±0,6540	0,9891 ± 0,0146

Diese Zahlen beweisen zur Genüge das Vorhandensein einer deutlichen positiven Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse. Es muss bemerkt werden, dass bei bespelzten Reiskörnern die Korrelation einigermassen schwach ist. Manchmal füllt im Reiskorn die Frucht nicht den ganzen Innenraum der Spelzen aus, sondern lässt darin eine mehr oder weniger grosse Lücke zurück, weshalb die Unterscheidung eines solchen Kornes vom ganz gefüllten etwas schwer ist. So müsste also wohl die schwächere Korrelation bei bespelzten Reiskörnern darauf zurückzuführen sein, dass bei der Probenzieh-

ung nach der vorher erwähnten Weise die äusserlich grösseren aber wirklich leichteren Körner beim Reis mehr als bei anderen Getreidearten mithineingekommen sind. Nicht nur bei den von mir ausgewählten Probekörnern, sondern auch im allgemeinen sind bei bespelzten Reiskörnern die äusserlich gross erscheinenden aber innen eine kleine Frucht haltenden Körner immer zahlreicher als bei anderen Getreidearten, besonders bei der Gerste. Hier erfüllt die Frucht im allgemeinen den Innenraum der Spelzen, so muss natürlich die Korrelation zwischen der Grösse und dem Gewicht deutlicher sein als bei bespelzten Reiskörnern. Freilich sind diese Verhältnisse verschieden je nach den Ursprungsorten des Probematerials. Ich beschränke also meine Erörterungen auf die unter hiesigen klimatischen Verhältnissen produzierten Getreidekörner.

Miyake (17) hat mit Reissorten Namens Shinriki eine der meinigen ähnliche Untersuchung ausgeführt. Er dividierte das Gewicht der bespelzten Körner mit ihrem spezifischen Gewicht und fand für den Korrelationskoeffizienten zwischen dem so aufgefundenen Volumen und dem betreffenden absoluten Gewicht den Wert $0{,}855 \pm 0{,}023$, was mit dem meinigen fast ganz übereinstimmt. Kato (11) hat auch bei Gerste und Weizen in ähnlicher Weise das Volumen des Kornes berechnet und im Vergleich mit dem betreffenden absoluten Gewicht gefunden, dass sie parallel gehen. Nur hat er aber nicht den Korrelationskoeffizienten berechnet.

Da, wie erwähnt, eine sehr deutliche Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse besteht, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Sortiermethode nach der Grösse von erheblicher Bedeutung sein muss. Darauf, welche von den drei Dimensionen als Masstab für die Saatgutbeurteilung eine bedeutende Rolle spielt, habe ich schon im vorigen Kapitel aufmerksam gemacht.

3. Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse des Embryos.

Als Antwort auf die Frage, warum das schwerere Saatgut dem leichteren

insofern überlegen ist, ist schon mehrfach betont worden, dass im schwereren die Embryo-Anlage grösser und kräftiger ist und ein bedeutender Vorrat an Reservestoffen dem Keimling zur Verfügung steht. Dass der Vorrat an Reservestoffen reichlicher in grösseren Körnern ist, ist leicht verständlich. Wollny (28) hat schon aus seinen Untersuchungen an Weizen, Roggen, Gerste, Hafer u. a. zahlenmässig darauf aufmerksam gemacht, dass je grösser die Körner sind, sie um so grössere Mengen von Nahrungsstoffen enthalten.

Die Tatsache, dass der Embryo des grösseren Kornes grösser und kräftiger ist, ist doch nicht so leicht anzunehmen, weil der Embryo nur einen kleinen Bruchteil des Kornes bildet, sodass dessen Beziehung zur Grösse des Kornes nicht ersichtlich ist. Ich möchte hierbei darauf aufmerksam machen, dass die Praktiker Japans erfahrungsgemäss der Ansicht sind, dass ein ungewöhnlich grosses Korn, besonders von Weizen und Gerste, nicht immer eine kräftigere Pflanze liefert, ja sogar imstande ist, eine schwächere Pflanze hervorzubringen, und dass die unter günstigsten Verhältnissen entwickelten Körner im nächsten Jahr manchmal einen schlechten Ertrag geben. Nimmt man diese Tatsache als richtig an, dann würden dabei wenigstens zwei Fragen zu beantworten sein, nämlich erstens, ob ein Korn von bedeutender Grösse vielmehr einen kleineren Embryo trage und zweitens, ob im grösseren Korn der Endosperm lockerer gebildet und an Reservestoffen verhältnismässig ärmer sei. Von diesem Gesichtspunkte aus müssen die Untersuchungen bezüglich der Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse des Embryos von nicht geringer Bedeutung sein. Wollny (28) stellte fest, dass der Gewichtsanteil des Embryos an dem Gesamtgewicht des Kornes zwar im umgekehrten Verhältnis zu Grösse steht, wie Haberlandt und Marek behaupten, dass aber die absolute Grösse desselben, auf welche es hauptsächlich ankommt, im geraden Verhältnis zur Grösse des Kornes steht. Micheels (15) hat bei Weizen festgestellt, dass die Länge und Breite des Embryos im geraden Verhältnis zur Grösse des Kornes steht, während der Gewichtsanteil des Embryos an dem Korngewicht zu demselben im umgekehrten Verhältnis steht. Nach Yokoi (30) hat Ando auch ausgesprochen, dass beim Reis ein

schweres Korn auch einen schwereren Embryo trägt. Da diese Resultate jedoch vom variationsstatistischen Standpunkte aus von weniger Bedeutung sind, so sah ich mich veranlasst, diesen Punkt weiter zu studieren.

In meinen Untersuchungen wurde die Grösse des Embryos durch das Produkt der drei Dimensionen Länge, Breite und Dicke repräsentiert, wobei die Breite an der Oberflächenansicht und die Länge und Dicke am medianen Längsschnitt mikroskopisch ausgemessen worden sind. Will man, um die Dicke des Embryos zu messen, das Korn in seiner sonst schwankenden Lage untersuchen, so kann man eine dünne Schicht Paraffin auf den Objektträger bringen und darauf das Korn legen. Die Adhäsion des Paraffins hält das Korn in beliebiger Lage ohne das Licht vom Spiegel zu unterbrechen.

Meine Untersuchungen ergaben die folgenden Ergebnisse. Hierbei fehlt das Resultat bezüglich bespelzter Reiskörner. Da eine sehr deutliche Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht der bespelzten Reiskörner und dem der entspelzten besteht, so würde es fast eine überflüssige Arbeit sein, beide zu berücksichtigen.

Früchte	Mittel des absoluten Gewichtes cg	Standardabweichung des absoluten Gewichtes	Grösse des Embryos	Standardabweichung der Grösse des Embryos	Korrelationskoeffizient
Entspelzte Reiskörner	2,7630 ± 0,0151	0,2244 ± 0,0170	2,5230 ± 0,0225	0,3331 ± 0,0159	0,5586 ± 0,0464
Gerste	5,5125 ± 0,0668	0,9870 ± 0,0471	5,4530 ± 0,0837	1,2416 ± 0,0592	0,7681 ± 0,0278
Weizen	4,8950 ± 0,0660	0,9743 ± 0,0465	3,8030 ± 0,0786	1,1651 ± 0,0556	0,8485 ± 0,0530
Nackte Gerste	3,7040 ± 0,0557	0,8265 ± 0,0394	3,3920 ± 0,0699	1,0368 ± 0,0495	0,8018 ± 0,0241

Es erhellt daraus, dass bei Gerste und Weizen die Korrelation sehr deutlich, beim Reis dagegen schwächer ist, doch genügt diese Tabelle, um das Vorhandensein einer positiven Korrelation beim letzteren zu zeigen. Woraus dieser Unterschied bezüglich des Korrelationsgrades gekommen ist, kann ich jetzt nicht klar machen.

Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit zu sagen, dass beim Reis

zuweilen ein Korn sich ohne Embryo finden kann. Unter Reiskörnern sieht man häufig solche mit mehr oder weniger schwach ausgebildetem Embryo. Beim hier in Frage stehenden Korn aber sieht der dem Embryo entsprechende Teil äusserlich glatt und glasig wie der gewöhnliche Endosperm-Teil aus, doch ist keine Spur eines Embryos zu sehen. Bemerkenswert ist, dass Pflanzen, die solche Körner tragen, keineswegs sehr selten sind, doch ist die Körnerzahl in einer Pflanze jedenfalls nur gering— ja oft nur eins oder zwei— und ferner, dass sie immer kleiner sind als die anderen normalen. Ich habe einmal an der Nachkommenschaft einer Pflanze, die einige dieser Körner erzeugte, untersucht, ob diese Eigenschaft vererbt werden kann. Das Resultat war aber deutlich negativ. Wie diese Körner entstehen, ob der zuerst vorhanden gewesene Embryo im Lauf des Wachstums ganz verschwindet oder von Anfang an fehlt, sodass sogenannte Parthenokarpie anzunehmen ist, darüber müssen weitere Untersuchungen Klarheit schaffen.

4. Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und dem spezifischen Gewicht.

Die Korrelation zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht der Getreidekörner ist vom praktischen Standpunkte aus ein sehr wichtiges Problem. Wenn zwischen diesen Eigenschaften eine positive Korrelation vorhanden ist, kann das spezifische Gewicht anstatt des absoluten Gewichtes als ein Beurteilungsmerkmal in Dienst treten, was unter Umständen nützlich sein könnte. Von erhöhter Bedeutung erscheint dies noch deshalb, weil die Grenze für die Scheidung der zu sortierenden Samenkörner vorher genau bestimmt werden kann, wenn Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes dafür angewandt werden. Es ist schon seit langem von vielen Forschern hervorgehoben worden, dass bei Getreidearten das spezifisch schwerere Saatgut quantitativ und qualitativ überlegene Erträge liefern kann. Unter denen, welche sich darum mehr oder weniger Verdienste erworben haben, kann ich Ando (1, 2, 3), Church (5), Derr (6), Haberlandt (9), Hellriegel (10), Lyon (13), Rümpler (21), Trommer (26), Wolffenstein (27), Yokoi (29) u. a. er-

wähnen. Es ist eine Frage, worauf die Ueberlegenheit des spezifisch schwereren Saatgutes gegenüber dem leichteren beruht. Ist das spezifische Gewicht selbst als ein Beurteilungsmerkmal von Wert, oder ist es nur von Wert deshalb, weil es indirekt ein anderes wirklich wichtiges Merkmal repräsentiert? Auf diese Frage haben die experimentellen Ergebnisse von Ando, Hellriegel, Wollny und Yokoi u. a. eine befriedigende Antwort gegeben. Jeder dieser Autoren hat mit einer Reihe Körner von gleichem spezifischen Gewichte aber von verschiedenem absoluten Gewichte vergleichende Versuche vorgenommen, und alle haben übereinstimmend gefunden, dass, je absolut schwerer das Saatkorn ist, desto produktiver und desto sicherer im Ertrage die daraus erwachsende Pflanze wird, während sie in Versuchen mit Körnern, welche absolut gleiches aber spezifisch verschiedene Gewichte haben, keine Beziehung zwischen dem spezifischen Gewicht und der Produktivität der Pflanzen herausfinden konnten. Es zeigt sich dabei, dass das spezifische Gewicht für sich allein hierfür keine Bedeutung hat. Der Grund dafür, dass bei Anwendung der spezifisch schwereren Körner eine grössere Produktivität resultiert, ist allerdings darin zu suchen, dass das spezifische Gewicht in gewissem Grade mit dem absoluten Gewicht in Beziehung steht; in anderen Worten: das spezifische Gewicht kommt erst zur Geltung als Beurteilungsmerkmal des Saatgutes in dem Falle, wo es mit dem absoluten Gewicht in geradem Verhältnisse steht. Aus diesem Grunde wird die Untersuchung bezüglich der Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und spezifischen Gewicht praktisch bedeutungsvoll und interessant.

Ando und Yokoi (29) haben die Getreidekörner nach ihrem spezifischen Gewichte in viele Gruppen eingeteilt und beim Abwägen einer bestimmten Anzahl Körner in jeder Gruppe gefunden, dass die spezifisch schwereren Körner auch absolut schwerer sind; ferner stellten sie fest, dass, falls Körner jeder dieser Gruppen wieder nach ihrem absoluten Gewichte aufgeteilt werden, die Gruppe, welche spezifisch schwerer ist, einen immer höheren Anteil der absolut schweren Körner enthält. Diese Tatsache bildet den Grund der Sortierungsmethode mittelst spezifisch schwereren Flüssigkeiten als Wasser.

Sie geben ferner den Grund dafür an, dass bei bespelzten Körnern, wie Reis und Gerste, wo die Spelzen sich zuerst entwickeln und dann die später wachsende Frucht ihren Innenraum ausfüllt, die schwereren Körner in ihrem Bau dichter und geschlossener, so auch spezifisch schwerer sind, und dass das Umgekehrte ebenfalls für die leichteren Körner geltend ist, wornach die Sortiermethode nach dem spezifischen Gewicht vor allem für bespelzte Körner sehr wertvoll ist, während sie für nicht bespelzte Körner experimentell wenigstens von Vorteil erscheint. Sie haben diese Tatsache an Sumpfreis, Bergreis, Gerste und Weizen u. a. anschaulich dargetan.

Miyake (16) stellte auf Basis des von ihm berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen absolutem und spezifischem Gewichte der bespelzten Reiskörner, welcher 0,83 $\pm$ 0,0026 lautet, fest, dass die Korrelation zwischen diesen Eigenschaften offenbar sehr deutlich ist, sodass die Sortierung der Reiskörner nach dem spezifischen Gewicht ein ähnliches Resultat wie die nach dem absoluten Gewicht herbeiführt.

Nach meiner Ansicht gibt es noch einen wichtigen, aber doch von bisherigen Forschern ganz vernachlässigten Punkt. Ich meine, dass es bei der Untersuchung der Korrelation zwischen dem absoluten und spezifischen Gewichte notwendig ist, die Körner von zwei Seiten zu beobachten, d. h. einerseits, abgesehen von der Vollkörnigkeit der Körner, sie nur als ungeteiltes Ganzes zu behandeln, und andererseits nur auf die daraus ausgezogenen reifen und vollen Körner Rücksicht zu nehmen. Bisherige Untersuchungen beschränken sich überhaupt nur auf den erst genannten Fall, und diesem steht nichts entgegen, wenn ausschliesslich von variationsstatistischen Untersuchungen die Rede ist; es ist jedoch nicht zutreffend, wenn es sich um die praktische Frage der Saatgutsortierung handelt.

Wie bekannt, wird das spezifische Gewicht des Saatkornes von zahlreichen Verhältnissen beeinflusst, aber beim normal geernteten Getreidekorn sollte das spezifische Gewicht hauptsächlich durch die Art der eingelagerten Stoffe und den Grad der Vollkörnigkeit, besonders durch letzteres, bestimmt werden. Wenn so die Getreidekörner nach ihrem spezifischen Gewichte auf-

geteilt werden, befinden sich die vollen Körner in der Gruppe des höheren spezifischen Gewichts und umgekehrt. Dies kommt zur Geltung ebenso in den entspelzten Körnern wie in den bespelzten. Wenn, wie gesagt, das spezifische Gewicht in inniger Beziehung zur Vollkörnigkeit steht, wird es eine natürliche Folge sein, dass innerhalb der Gruppe mit höherem spezifischem Gewicht in gewissem Grade die absolut schwereren Körner sich befinden und umgekehrt. Aber wenn jede von diesen Gruppen des Näheren untersucht wird, so kann man ohne weiteres finden, dass sogar in einer Gruppe Körner mit erheblich verschiedenen absoluten Gewichten gemischt sind, worauf schon Ando und Kato hingewiesen haben. Da der Zweck der Saatgutsortierung darin liegt, möglichst die absolut schwereren Körner zu gewinnen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Sortiermethode nach spezifischem Gewicht, welche ein Gemisch von absolut erheblich verschieden schweren Körnern hervorzubringen pflegt, praktisch nicht sehr wertvoll ist. Man muss hierbei gleich annehmen, dass falls von der Untersuchung der Korrelation zwischen absolutem und spezifischem Gewicht die Rede ist, es sehr notwendig ist, nicht nur auf das gesamte Körnergemisch, sondern auch auf die aus ihm ausgezogenen vollen Körner Rücksicht zu nehmen und zu untersuchen, bis zu welchem Grade das spezifische Gewicht das absolute Gewicht repräsentiert.

Aus diesem Grunde habe ich mit den nach der vorher erwähnten Methode ausgewählten vollen Körnern die Korrelation zwischen den jetzt in Betracht kommenden Eigenschaften untersucht, und folgendes erkannt. Hierin ist beim Reis nicht nur die Korrelation zwischen absolutem und spezifischem Gewicht der bespelzten Körner, sondern auch die zwischen den anderen fünf Paar Eigenschaften hinzugefügt worden.

Korrelation zwischen	Mittel des abs. Gewichtes bezw. spez. Gewichtes der supponierten Eigenschaft	Standardabweichung	Mittel des spez. Gewichtes bezw. abs. Gewichtes der relativen Eigenschaft	Standardabweichung	Korrelationskoeffizient
dem abs. und dem spez. Gewicht der besp. Reiskörner	3,4000 ± 0,0175	0,2592 ± 0,0124	1,1906 ± 0,0012	0,0171 ± 0,0008	0,2069 ± 0,0646
dem abs. Gewicht der besp. und entsp. Reiskörner	3,4000 ± 0,0175	0,2592 ± 0,0124	2,7630 ± 0,0151	0,2244 ± 0,0107	0,9507 ± 0,0065

Korrelation zwischen	Mittel des abs. Gewichtes bezw. spez Gewichtes der supponierten Eigenschaft	Standardabweichung	Mittel des spez. Gewichtes bezw. abs. Gewichtes der relativen Eigenschaft	Standardabweichung	Korrelationskoeffizient
dem abs. Gewicht der besp. und dem spez. Gewicht der entsp. Reiskörner	3,4000 ± 0,0175	0,2592 ± 0,0124	1,4127 ± 0,0006	0,0089 ± 0,0004	0,1222 ± 0,0663
dem spez. Gewicht der besp. und dem abs. Gewicht der entsp. Reiskörner	1,1906 ± 0,0012	0,0171 ± 0,0008	2,7630 ± 0,0151	0,2244 ± 0,0107	0,2952 ± 0,0616
dem abs. Gewicht und dem spez. Gewicht der entsp. Reiskörner (a)	2,7630 ± 0,0151	0,2244 ± 0,0107	1,4127 ± 0,0006	0,0089 ± 0,0004	—0,0791±0,0670
„ (b)	2,6290 ± 0,0139	0,2050 ± 0,0098	1,4195 ± 0,0029	0,0433 ± 0,0021	0,0099 ± 0,0674
dem abs. Gewicht und dem spez. Gewicht der Körner von Gerste	5,7180 ± 0,0606	0,8980 ± 0,0428	1,2432 ± 0,0017	0,0265 ± 0,0013	0,0462 ± 0,0673
„ Weizen	4,8790 ± 0,0647	0,9726 ± 0,0464	1,3212 ± 0,0016	0,0238 ± 0,0011	0,0252 ± 0,0671
„ nackter Gerste	3,8760 ± 0,0147	0,2186 ± 0,0104	1,3528 ± 0,0016	0,1789 ± 0,0066	0,0012 ± 0,0675

Diese Ergebnisse weisen am klarsten darauf hin, dass zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht der vollen Getreidekörner keine Korrelation vorhanden ist—ja der Korrelationskoeffizient jedenfalls annähernd Null ist. Nur bei bespelzten Reiskörnern zeigt er 0,2069, aber sogar dies ist als sehr schwach zu betrachten. Was beim Reis den Wert des Saatkornes vollständig ausdrückt, ist mehr das absolute Gewicht der entspelzten als der bespelzten Körner, und zwischen dem absoluten Gewicht der bespelzten und entspelzten Körner, wie man nun glauben kann, existiert eine sehr deutliche Korrelation. Beachtenswert dabei ist, dass zwischen dem spezifischen Gewicht der bespelzten Körner und dem absoluten Gewicht der entspelzten Körner die Korrelation sehr schwach ist, ebenso wie die zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht der bespelzten Körner. Aus diesen Beziehungen ist zu entnehmen, dass das spezifische Gewicht für die Wertbestimmung der reifen und vollen Getreidekörner fast keine Wichtigkeit besitzt.

Ich habe weiter, mit der Absicht die ebenerwähnte Tatsache anderswie zu beweisen, äusserlich vollgeformte Körner von Reis, Gerste, Weizen und nackter Gerste ausgewählt, diese nach ihrer Grösse in drei, bezw. vier Klassen auf-

geteilt, welche wieder fünf je aus 50 Körnern bestehende Gruppen enthalten und dann das spezifische Gewicht der jeder Gruppe zugehörenden Körner mittelst des oben erwähnten Pyknometers bestimmt, um dies mit dem betreffenden absoluten Gewicht zu vergleichen. Es ergaben sich hierbei folgende Zahlen:

1. Bespelzte Reiskörner.

Grösse der körner	A		B		C		D		E		Mittel	
	abs. Gew. g	Spez. Gew.	abs. Gew. g	Spez. Gew.	abs. Gew. g	Spez. Gew.	abs. Gew. g	Spez. Gew.	abs. Gew. g	Spez. Gew.	abs. Gew. g	Spez. Gew.
grosse	1,6690	1,214	1,7090	1,172	1,6970	1,183	1,6712	1,170	1,6512	1,172	1,6795	1,182
mittlere	1,5790	1,185	1,6205	1,186	1,6110	1,192	1,5512	1,182	1,5570	1,171	1,5837	1,183
kleine	1,4910	1,199	1,4130	1,196	1,5015	1,212	1,5071	1,193	1,5080	1,182	1,4841	1,196

2. Entspelzte Reiskörner.

grosse	1,4225	1,444	1,4075	1,421	1,3915	1,414	1,4087	1,458	1,3780	1,427	1,4016	1,433
mittlere	1,3440	1,426	1,3590	1,421	1,3255	1,422	1,3330	1,454	1,3492	1,418	1,3421	1,428
kleine	1,2875	1,426	1,3030	1,417	1,2950	1,431	1,2455	1,434	1,2255	1,414	1,2713	1,425
kleinste	1,1002	1,431	1,1280	1,420	1,1260	1,420	1,1017	1,422	1,1334	1,422	1,1179	1,423

3. Gerste.

grosse	3,2465	1,298	3,237	1,277	3,2375	1,256	3,2457	1,242	3,2030	1,265	3,2339	1,268
mittlere	2,8825	1,297	2,817	1,291	2,7880	1,292	3,0528	1,288	2,9293	1,286	2,8939	1,291
kleine	2,5256	1,284	2,535	1,281	2,4505	1,301	2,7455	1,312	2,6550	1,283	2,5623	1,292
kleinste	2,1535	1,286	2,086	1,302	1,9435	1,181	2,1327	1,288	2,1855	1,297	2,1002	1,271

4. Weizen.

grosse	2,8180	1,355	2,8985	1,351	2,7640	1,360	3,0402	1,346	2,9205	1,345	2,8882	1,351
mittlere	2,5465	1,369	2,4080	1,357	2,5475	1,368	2,6515	1,317	2,6585	1,350	2,5624	1,352
kleine	2,2357	1,357	1,9300	1,355	2,0490	1,356	2,4615	1,358	2,3767	1,349	2,2106	1,355
kleinste	1,7940	1,351	1,5110	1,338	1,3940	1,330	2,2060	1,351	2,2755	1,346	1,8361	1,343

5. Nackte Gerste.

grosse	2,2515	1,399	2,2870	1,368	2,2645	1,366	2,2443	1,315	2,3345	1,362	2,2764	1,362
mittlere	2,0615	1,390	1,9930	1,367	2,0450	1,359	2,0177	1,379	2,1432	1,380	2,0521	1,375
kleine	1,7645	1,390	1,7920	1,347	1,7080	1,368	1,7744	1,386	1,8825	1,388	1,7843	1,376
kleinste	1,3250	1,373	1,3180	1,351	1,3360	1,351	1,3665	1,395	1,5300	1,399	1,3751	1,374

Diese Zahlen lassen keine verhältnismässigen Beziehungen zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht sowohl im Resultat jeder Gruppe, als auch in deren Durchschnitt erscheinen, im Gegenteil zeigen durchschnittlich die kleinsten Körner, ausgenommen die entspelzten Reiskörner, das grösste spezifische Gewicht. Besonders beachtenswert ist die Tatsache, dass grosse Körner mit Ausnahme von entspelzten Reiskörnern, immer das kleinste spezifische Gewicht zeigen. Dies lässt sich der Behauptung Schertlers (22) erinnern, welcher behauptete, dass das spezifische Gewicht mit der Grösse der Körner zunimmt, während abnorm grosse Körner indessen eine geringere Dichte besitzen sollen als schöne mittelgrosse Körner. Auch aus den vorstehenden Zahlen wird der Schluss gezogen werden dürfen, dass im allgemeinen extrem grosse bezw. kleine Körner niedriges spezifisches Gewicht und mittelgrosse Körner ein höheres zu besitzen geneigt sind. Hiernach dürfte vom praktischen Standpunkte aus der Schluss berechtigt sein, dass mittelst des Sortierens des Saatgutes nur nach spezifischem Gewicht die minderwertigen kleinen Körner nicht entfernt werden können.

Aus den Resultaten der von mir in zweifacher Weise ausgeführten Versuche ergibt sich auf das deutlichste, dass bei vollen Körnern das absolute Gewicht keineswegs dem spezifischen Gewicht proportional ist, und so das letztere als ein Beurteilungsmerkmal nicht von so hervorragender Bedeutung ist. Ich stimme hierbei der Ansicht Wollnys bei, der ausgesprochen hat, dass das spezifische Gewicht in keiner gesetzmässigen Relation zu der Grösse oder zum absoluten Gewicht steht, und dass das spezifische Gewicht für die Beurteilung der Samen und Früchte sowohl hinsichtlich ihres Vegetationswertes, als auch bezüglich ihres Gehaltes an wertbildenden Stoffen nicht benutzt werden kann.

Diese Darstellungen vernichten indessen keineswegs den Wert der Sortiermethode nach spezifischem Gewicht, weil, wie schon erwähnt, das spezifische Gewicht als ein sehr wichtiges Merkmal zur Geltung kommt, die unreifen, verschrumpften oder beschädigten Körner u. s. w. von den übrigen guten zu unterscheiden.

Ich möchte hieraus folgern, dass die Ansichten vieler Autoren, die auf das spezifische Gewicht als ein Beurteilungsmerkmal des Saatgutes eine grosse Bedeutung legen, einer Beschränkung in dem eben erwähnten Sinne bedürfen.

Ich dürfte wohl aus dem Gesagten den Beweis erbracht haben, dass das spezifische Gewicht nicht so wertvoll ist, wie bisher angenommen worden ist. Wolffenstein (27), obwohl er der Sortiermethode nach dem spezifischen Gewicht eine gewisse Wichtigkeit zugeschrieben hat, hat noch ganz besonders darauf aufmerksam gemacht, dass das Sortieren nach dem spezifischen Gewicht nicht das einzige sein darf, sondern ein Sortieren nach der Grösse oder nach dem absoluten Gewicht vorangegangen sein muss. Derr (6) steht in dieser Beziehung ganz in Uebereinstimmung mit Wolffenstein. v. Rümker (20) ist der Ansicht, dass das spezifische Gewicht im allgemeinen als selbstständiges Auslesemittel nicht zu brauchen ist, dass aber eine richtige Saatgutsortierung so eingerichtet werden muss, dass das spezifische Gewicht dabei möglichst mit zur Wirkung kommt. Diese Ansichten stehen mit den meinigen ganz in Einklang.

Es bleibt hierbei eine praktisch sehr wichtige Frage, welche noch zuletzt gelöst werden soll. Nimmt man an, dass das spezifische Gewicht als ein selbstständiges Auslesemittel nicht passt, sondern mit anderen verbunden werden muss, so erhebt sich die Frage, ob dann diese kombinierte Methode praktisch so wertvoll ist, um die andere zuverlässige und sogar einfachere Methode nach dem absoluten Gewicht, d. h. das Sortieren mittelst Luftstroms, auszuschliessen.

Die Erfolge des Sortierens mittelst Luftstroms sind verschiedenartig je nach den in Wirkung kommenden Bedingungen. Im Falle, wo das vertikal herabfallende Korn ein kontinuierlicher horizontal gerichteter Luftstrom trifft, ist nach Wolffenstein (27) die Strecke L, die es in der Richtung des Luftstroms während seines Falles zurücklegt, ausgedrückt durch die Formel:

$$L = \frac{ap}{g}\left(0{,}123\ p^2 \frac{f}{m} - 1\right)$$

in welcher bedeuten

a = Fallhöhe des Körpers

p = Geschwindigkeit des Luftstroms

f = Projektion des Körpers rechtwinklig zur Luftstromrichtung

m= absolutes Gewicht des Körpers

g = 9,81.

Bei gleichbleibenden a und p hängt die Weite, die der Körper fortgeschleudert wird, von dem Werte $\frac{f}{m}$ ab; alle die Körper, bei denen diese am kleinsten ist, werden zunächst dem Lot fallen; f wechselt mit der Form des Körpers. Für Kugeln wird:

$$\frac{f}{m} = \frac{0{,}375}{\tau s}$$

worin τ den Halbmesser des Körpers, s das spezifische Gewicht bedeutet.

Es wird dann

$$L = \frac{ap}{g}\left(\frac{0{,}000086\, p^2}{\tau s} - 1\right).$$

So unter sonst gleichen Bedingungen steigt und fällt L im umgekehrten Verhältnis des absoluten Gewichts. Soll der Wert $\frac{f}{m}$ für Cylinder festgestellt werden, so ist hier p so gross, dass der Luftstrom die Körper wahrscheinlich sofort sich parallel stellen wird, sodass dieselben ihm dann ihre kleinste Fläche zukehren. Für langgestreckte Cylinder wird

$$\frac{f}{m} = \frac{\tau^2 \pi}{\tau^2 \pi hs} = \frac{1}{hs}$$

für flache Cylinder

$$\frac{f}{m} = \frac{2\tau h}{\tau^2 \pi hs} = \frac{0{,}637}{\tau s}$$

worin h die Höhe des Cylinders bedeutet.

So entscheidet bei langgestreckten Cylindern also die Höhe, bei flachen der Halbmesser über die Grösse von L. Die Getreidekörner entsprechen am nächsten einem langgestreckten Cylinder. Wenn sie also mit ihrer kleinsten Fläche dem Luftstrom zugekehrt fallen sollten, so würde der Längendurchschnitt über die Grösse von L entscheiden. Da, wie erwähnt, die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge deutlicher ist als diejenige zwischen dem absoluten Gewicht und den anderen zwei Dimensionen, so darf die Grundlage des Sortierens mittelst Luftstroms bei Getreidekörnern auch das

absolute Gewicht sein. Das Analoge gilt wohl auch für die unter anderen Luftstromrichtungen oder unter allen anderen Stellungen herabfallenden Körner.

Es steht ausser Zweifel, dass die Sortierungsmethode durch Luftstrom theoretisch die beste ist. Nur besteht hierin noch eine Frage darüber, ob die Kraft des Luftstroms der Sortiermaschinen genügt, um nicht nur die unreifen verschrumpften Körner auszuscheiden, sondern auch die vollen aber kleinen. Und dies dürfte in erhöhtem Masse möglich sein. Kato (11) hat schon die Ueberlegenheit dieser Methode über diejenigen nach dem spezifischen Gewicht experimentell nachgewiesen. Er hat zwar die Körner von Reis, Gerste und Weizen mit gewöhnlicher Windfege je einmal bis viermal abgeschleudert und jede Reihe solcher abgesonderter Körner mit denen, welche mit Salzlösung ausgewählt worden sind, in Vergleichung gebracht und fand, dass je öfter die Windfege zur Wirkung kommt, um so höher das Tausendkörnergewicht wird und ferner dass die Körner, welche über zweimal abgeschleudert worden sind, den durch Salzlösung gesonderten überlegen sind. Dies zeigt aufs klarste, dass das Sortieren mit Luftstrom eine auf das absolute Gewicht begründete Methode ist, und dass dies demjenigen mittelst der spezifisch schwereren Lösung überlegen ist.

In der Praxis wird die Wirkung der Windfege immer mehr vervollkommnet werden, wenn der Luftstrom verstärkt und zudem zweckmässig reguliert wird und der Apparat auch mit einer Vorrichtung versehen ist, die Stellung der herabfallenden Körner zu bestimmen, wie der Rillenabfallboden der Roberschen Windfege.

Die Sortiermethode mittelst spezifisch schweren Flüssigkeiten ist neulich in Japan vielfach in Anregung gebracht worden. Aber leider herrschen darüber sehr abweichende Ansichten besonders unter den Praktikern. Es ist wünschenswert, dass man diese Frage noch eingehender untersucht und auf die Vervollkommung der Methode nach Luftstrom hinarbeitet.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse lassen sich kurz folgendermassen zusammenfassen:

1. In reifen und vollen Körnern ist die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Länge, bezw. Breite deutlich und die Stärke der Korrelation deutet in diesen beiden Fällen keinen bedeutenden Unterschied an.
2. In denselben Körnern ist die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Dicke sehr schwach, aber in unreifen Körnern, besonders in unreifen bespelzten Körnern dürfte die Korrelation deutlich sein.
3. In reifen und vollen Körnern ist die Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse sehr deutlich.
4. In denselben Körnern existiert eine deutliche Korrelation zwischen dem absoluten Gewicht und der Grösse des Embryos, ausgenommen bei entspelzten Reiskörnern, in denen die Korrelation einigermassen schwächer ist, was einer noch nicht klaren Ursache zuzuschreiben ist.
5. In denselben Körnern fehlt gänzlich die Korrelation zwischen dem absoluten und dem spezifischen Gewicht, sodass mittelst spezifischen Gewichtes die absolut schwereren Körner von den leichteren nicht ausgeschieden werden können. Die Sortierungsmethode nach den spezifischen Gewicht ist daher keine vollkommene.
6. Das Sortieren nach dem spezifischen Gewicht würde nur zur Geltung kommen, wenn von der Ausscheidung der reifen, vollen oder trockenen Körner aus den unreifen, verschrumpften, beschädigten oder feuchten die Rede ist.
7. Die Sortiermethode nach dem absoluten Gewicht, d. h. mittelst Luftstroms ist im Wesentlichen theoretisch eine der sichersten und besten.
8. Betreffs der Sortiermethode mittelst Luftstroms müssen weitere Verbesserungen in Hinsicht auf die Regulierung der Stärke der Luftstroms, die Stellung der herabfallenden Körner u. s. w. gemacht werden.

Literatur.

1. Ando, H., Versuche über das Sortieren der Saatgutkörner vom Bergreis. Japanisch. Berichte Landw. Versuchsstation, 11, 1896, Nr. 1.
2. Derselbe, Versuche über das Sortieren der Saatgutkörner vom Sumpfreis. Japanisch. Ebenda, 13, 1898, Nr. 1.
3. Derselbe, Beziehungen zwischen dem absoluten bezw. spezifischen Gewicht der Körner von Weizen und Gerste und deren Erträge. Japanisch. Ebenda, 14, 1899, Nr. 1.
4. Bailey, C. H. und Thomas, L. M., A Method for the Determination of the Specific Gravity of Wheat and other Cereals. U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Circular No. 99, 1912.
5. Church, Practice with Science. 1865.
6. Derr, H. B., The Separation of Seed Barley by the Specific Gravity Method. U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Circular No. 62. 1910.
7. Edler, W., Einflüsse der Korngrösse des Saatgutes auf den Ertrag. D. landw. Presse, 1900, Nr. 99.
8. Fischer, Berichte des landw. Instituts der Universität Halle, 1893, Heft 10.
9. Haberlandt, F., Der allgemeine landwirtschaftliche Pflanzenbau, 1879.
10. Hellriegel, H., Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus, 1883.
11. Kato, S., Untersuchungen über das Sortieren des Saatgutes. Japanisch. Berichte landw. Versuchsstation, 1903, No. 26.
12. Lochow, v. F., Wichtige Erfahrungen auf dem Gebiete der Getreide—, insbesondere der Roggenzüchtung. Landw. Wochenschrift für die Provinz Sachsen, 1913, Nr. 6 u. 8.
13. Lyon, T. L., Agric. Exp. Sta. Nebraska, Bull. No. 72.
14. Marek, G., Das Saatgut und dessen Einfluss auf Menge und Güte der Ernte. 1875.

15. Micheels, H., Bul. Min. Agr. Belgique, 10, 1894, No. 1.
16. Miyake, C., Beziehungen zwischen dem spezifischen und absoluten Gewicht der bespelzten Reiskörner. Japanisch. Koyukai-kaiho, Coll. Agric. Forest., Morioka, 1911. No. 12.
17. Derselbe, Beziehungen zwischen der Grösse und dem absoluten Gewicht der bespelzten Reiskörner. Japanisch. Ebenda, 1911, No. 13.
18. Nobbe, F., Handbuch der Samenkunde, 1876.
19. v. Rümker, Rationelle Getreidesortierung und ihre modernen Hilfsmittel. Fühlings landw. Ztg., 47, 1898, Heft 8.
20. Derselbe, Saat und Pflege. 1908.
21. Rümpler, D., Landw. Presse, 1896.
22. Schertler, Die Anwendung des spezifischen Gewichtes als Mittel zur Wertbestimmung der Kartoffeln, Cerealien, und Hülsenfrüchte sowie des Saatgutes, 1873.
23. Schindler, F., Die Lehre vom Pflanzenbau, 1896.
24. Stigell, Ueber den Kulturwert von Samen verschiedener Grösse. Oester-Ungar. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landw. 1907.
25. v. Tautphoeus, Ueber die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. Inaugural-Dissertation, 1876.
26. Trommer, Eldenaer Jahrbücher, 3, 1885.
27. Wolffenstein, O., Ueber das Sortieren von Saatgut. J. Landw., 25, 1877.
28. Wollny, E., Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen. 1885.
29. Yokoi, T., On the Salt Water Selection Method of Seeds. Bull. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ., 3, 1898, No. 5.
30. Derselbe, Die allgemeine Pflanzenbaulehre. Japanisch. 1898.