

Aus der pharmazeutischen Abteilung der Eidgenössischen technischen Hochschule in Zürich.

Einige Beobachtungen an Stärkekörnern und über die Zählkammer, ein Hilfsmittel zur quantitativen Ermittlung von Verfälschungen vegetabilischer Pulver.

Von C. Hartwich und A. Wichmann.

(Eingegangen den 27. VII. 1912.)

Zu den schwierigsten und unangenehmsten Aufgaben gehört es, in einem Arznei- oder Gewürzpulver, das man als verfälscht erkannt hat, die Menge der Verfälschung mit hinreichender Genauigkeit festzustellen. In der Regel kommt man dabei über mehr oder weniger ungenaue Schätzungen nicht hinaus.

Am einfachsten gestaltet sich die Sache, wenn jedes Stückchen der Verfälschung als solches erkannt werden kann. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn ein an und für sich stärkefreies Pulver mit einem Stärkemehl verfälscht ist. Dann kann jedes Stärkekörnchen als etwas Ungehöriges erkannt werden. Verhältnismäßig leicht liegt die Sache auch noch, wenn zum Beispiel das Pulver von weißem Pfeffer mit gemahlenden Olivenkernen, die gegenwärtig für solche Zwecke sehr beliebt sind, vermischt ist. Die Olivenkerne bestehen zum ganz überwiegenden Teil aus Steinzellen, die neben den im weißen Pfeffer spärlich vorhandenen Steinzellen der äußeren Fruchtschale leicht erkannt werden. Aber auch in solchen einfachen Fällen ist das Resultat ein höchst ungenaues. Das weiß jeder, der gelegentlich mit anderen Parallelversuche gemacht hat. Die Resultate stimmen selten genügend überein und doch ist es oft wünschenswert, besonders in gerichtlichen Fällen, sich eine objektive Vorstellung von dem Grad der Verfälschung bilden zu können.

Im allgemeinen wird man die Beobachtung machen, daß, je ungeübter der Mikroskopiker ist, er, in der Freude, etwas gefunden zu haben, sehr geneigt ist, die Menge des Gefundenen zu überschätzen. Zum Beispiel war in einem Fall ein Pulver von weißem Pfeffer als mit Weizenstärke verfälscht beanstandet worden. Da der Verkäufer des Pulvers Widerspruch erhob gegen die Behauptung, daß eine absichtliche Verfälschung vorliege, mußte das Pulver einer Nach-

prüfung unterzogen werden und bei dieser fand sich Weizenstärke in so geringer Menge, daß sie kaum auf 1% geschätzt werden konnte, so daß man nicht von einer absichtlichen Verfälschung, sondern nur von einer durch Unachtsamkeit zustande gekommenen Verunreinigung sprechen durfte.

Viel schwieriger liegt die Sache, wenn in dem Pulver überhaupt nicht jedes Fragment des fremden Stoffes erkannt werden kann, sondern wenn man auf einige oder wenige auffallende Gewebelemente angewiesen ist. Ein sehr schönes Beispiel in dieser Beziehung bietet die Verfälschung des Gewürznelkenpulvers mit dem Pulver der Nelkenstiele. In der Schweiz darf der Gehalt an Nelkenstielen in den Gewürznelken 5%, in Deutschland 10% betragen. Bei den ganzen Nelken läßt sich das ganz gut machen, indem man aus verschiedenen Proben die Nelkenstiele ausliest. Es entstehen aber sogar hier Schwierigkeiten. Wie Besson (Chemiker-Zeitung 1912, No. 64, S. 593) in einem speziellen Fall nachgewiesen hat, schwankte der Gehalt an Nelkenstielen in verschiedenen Proben derselben Ware von 4,20—9,43%. Der Durchschnitt betrug 5,70%. Immerhin liegt es auf der Hand, daß man mit einiger Geduld hier zu einem befriedigenden Resultat gelangt.

Viel schwieriger ist die quantitative Bestimmung beim Pulver der Gewürznelken, daß natürlich denselben Anspruch auf Reinheit hat, wie die ganze Ware. Jeder, der solche Pulver untersucht hat, weiß, daß es unmöglich ist, jedes Fragment der Nelkenstiele als solche zu erkennen. Man muß sich an ein Gewebeelement halten, welches in der Gewürznelke vollständig fehlt. Das sind die Steinzellen der Rinde. Wenn man sie auffindet, so ist damit die Anwesenheit von Nelkenstielen bewiesen, aber ob ein solches Pulver zu beanstanden ist, weil der Gehalt an Nelkenstielen mehr wie 5 resp. 10% beträgt, dürfte ohne weiteres schwer zu entscheiden sein. Man wird sich so helfen, daß man absolut reines Gewürznelkenpulver mit verschiedenen Mengen von Pulver der Nelkenstiele mischt, und diese Mischungen mit dem zu untersuchenden Pulver vergleicht und in beiden die Steinzellen zählt.

Trotzdem ist es auch jetzt schwierig, zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen, denn das genaue Durchsuchen des Präparates unter dem Mikroskop, wobei es darauf ankommt, keine Steinzelle zu übersehen und keine doppelt zu zählen, ist nicht leicht. Erleichtert wird die Sache allerdings, wenn man über einen Kreuztisch verfügt, der ein ziemlich genaues und systematisches Durchsuchen des Präparates gestattet, aber auch bei ihm bleiben Irrtümer der soeben genannten Art nicht aus.

Den genannten Uebelständen zu begegnen, soll das kleine Instrument dienen, dessen Anwendung wir im folgenden beschreiben wollen, und das wir empfehlen möchten. Die Benutzung von Objektträgern, auf die Teilungen eingraviert sind, für ähnliche Zwecke, ist nicht neu. Ich erinnere an die Vorrichtungen, der man sich bedient, um die Blutkörperchen im Blut zu zählen. Ich erinnere ferner an einen Objektträger mit Teilungen, den vor kurzem O. Lind e empfahl, um die Pollenkörner in den Kosoblüten zu zählen. Der erstgenannte Apparat erwies sich für unsere Zwecke wegen der Art der Teilung als nicht geeignet und der zweite befriedigte uns deshalb nicht, weil bei dem Auflegen des Deckgläschens überschüssige Flüssigkeit und mit ihr Teile des Objekts an den Rand oder sogar über den Rand hinausgedrängt werden. Wir haben beide Instrumente miteinander vereinigt. Auf einem Objektträger ist ein Quadrat von 1,5 cm Seitenlänge eingeritzt und dieses in 100 gleiche Quadrate — jedes 1,5 qmm — geteilt. Die ganze Teilung wird eingeschlossen von sorgfältig aufgekitteten Streifen von Deckgläschen, die 0,25 mm dick sind. In diese Kammer wird das zu untersuchende Präparat gebracht. Bis zu einer Vergrößerung von 290 mal hat sich das Instrument durchaus bewährt. Erheblich stärkere Vergrößerungen wird man kaum anwenden, da dann leicht die Entfernung zwischen dem Boden der Kammer und der Oberseite des aufgelegten Deckgläschens zu groß wird, so daß man mit dem Objektiv nicht nahe genug heran kann, um auf dem Boden der Kammer liegende Objekte scharf einstellen zu können. Die Kammer ist nach unseren Angaben von W. & H. Seibert in Wetzlar angefertigt. Sie kostet 12 Mark. Natürlich kann sie auch in anderen Dimensionen angefertigt werden. Wir haben solche, bei denen die Seitenlänge der gesamten Teilung 0,5 cm beträgt anfertigen lassen, haben sie aber bisher nicht viel benutzt, weil die Menge des Materials, das man in die Kammer bringen kann, sehr klein ist.

Methode der Untersuchung.

Man kann in die Zählkammer bis 0,05 g einwiegen. Selbstverständlich würde diese Menge von ungemischtem Pulver viel zu groß sein. Man muß das zu prüfende Pulver daher verdünnen. Das geschieht durch sorgfältiges Mischen mit ganz feinem Zuckerpulver im bestimmten Verhältnis, zum Beispiel 0,5 : 10, 1 : 100, 1 : 1000. Bei stärkeren Verdünnungen wird man selbstverständlich erst eine konzentriertere (0,5 : 10 oder 1 : 100) Mischung herstellen und diese dann mit Zucker weiter verdünnen. Es versteht sich von selbst, daß die Mischung des zu untersuchenden Pulvers mit dem Zucker

so sorgfältig wie möglich gemacht werden muß. Man mischt zuerst mit ganz kleinen Mengen Zucker und gibt die weitere Zuckermenge allmählich zu. Ist das zu verdünnende Pulver gefärbt, so kann man sich schon durch den Augenschein überzeugen, ob die Mischung gleichmäßig ist. Viel schwieriger ist es, wenn das Pulver selbst weiß ist (Salep, Stärkemehl). In einem solchen Fall muß man eben doppelt sorgfältig mischen.

Dann wägt man von dem so vorbereiteten Pulver eine bestimmte Menge auf der analytischen Wage in die Mitte der Zählkammer und weiß natürlich, wieviel des zu untersuchenden Pulvers man im Präparat hat. Hat man zum Beispiel 0,05 g abgewogen und ist das Pulver 1 : 100 verdünnt, so hat man 0,0005 g des Pulvers im Präparat. Zum Aufbringen des Pulvers benutzt man zweckmäßig ein dünnes Glasstäbchen, das am vorderen Ende zu einem schmalen Spatel breitgedrückt ist. Dann bringt man mit einer kleinen Pipette 2—3 Tröpfchen Wasser auf das Pulver, verteilt das Ganze mit einem Platindraht möglichst gleichmäßig in der Kammer und läßt eine Viertelstunde stehen. Nach dieser Zeit hat sich der Zucker gelöst und in den meisten Fällen wird sich das Pulver zu Boden gesetzt haben. Nur Fragmente, die spezifisch leichter sind, wie die Zuckerlösung, werden schwimmen. Dann bringt man das Deckgläschen vorsichtig auf die Kammer, entweder, indem man es wagerecht auf die Kammer auflegt, oder indem man es mit einer Kante aufsetzt auf den Rand der Kammer und dann allmählich niederlegt. Es kommt natürlich hierbei darauf an: erstens, daß keine Luftblasen unter dem Deckgläschen sich befinden und zweitens, daß keine Flüssigkeit aus der Kammer verdrängt wird. Im allgemeinen ist das erstere weniger schädlich wie das letztere, da man den Inhalt der Kammer auch unter den Luftblasen durchmustern kann, wogegen im zweiten Fall mit der Flüssigkeit leicht Teile des Pulvers aus der Kammer herausgedrängt werden und dann bei der mikroskopischen Untersuchung mühsam und wenig zuverlässig aufgesucht werden müssen. Selbstverständlich begegnet man diesem Uebelstand am besten dadurch, daß die Kammer durch das Pulver und das Wasser gerade gefüllt werden. Da man sich die Mischungsverhältnisse von Pulver und Zucker leicht so einrichten kann, daß man immer die gleiche Menge des Gemisches in die Kammer bringt, so ist nur nötig, immer die gleiche Menge Wasser dazubringen. Man fertigt sich am besten eine kleine Pipette aus einem Glasrohr, versieht sie mit einer Marke, bis zu der man das Wasser aufsteigen läßt und wird dann durch wenige Versuche ermitteln können, ob 2, 3 oder 4 Tropfen Wasser zur Füllung der Kammer notwendig sind.

Beispiele.

I. a) Ermittlung des Gehaltes an Steinzellen im Pulver der Nelkenstiele.

Es wird zuerst ein selbst hergestelltes, gut getrocknetes, durch das feinste Sieb des Arzneibuches gehendes Nelkenstielpulver mit Zucker im Verhältnis 1 : 100 gemischt. Von dieser Mischung wird 0,01 g (= 0,0001 g Nelkenstielpulver) in die Zählkammer gebracht, das Präparat wie oben beschrieben behandelt und die vorhandenen Steinzellen gezählt. In drei verschiedenen Präparaten wurden 173, 166 und 156 Steinzellen gefunden — im Mittel 165. Also enthält 0,0001 g Nelkenstiele 165 Steinzellen. Daraus berechnet sich, daß 0,(VI)61 g¹⁾ des Pulvers 1 Steinzelle enthält.

Von derselben Mischung wurden dreimal 0,02 g abgewogen und darin 350, 347 und 325 Steinzellen — im Mittel 342 Steinzellen in 0,0002 g = 171 auf 0,0001 g gefunden. Bei den ersten Zählungen waren 165 gefunden worden. Es berechnet sich daraus der endgültige Durchschnitt von 168 Steinzellen auf 0,0001 g des Pulvers. Bei den zweiten Zählungen ermittelt sich das Pulvergewicht für eine Steinzelle auf 0,(VI)59 — im Durchschnitt beider Reihen 0,(VI)60.

Die folgende Tabelle gibt die Zahlen im Zusammenhang wieder:

Abgewogen von der Mischung 1 : 100	Anzahl Steinzellen				Pulvergewicht für eine Steinzelle			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,0001 g Nelkenstielpulver	173	166	156	165	0,(VI)58	0,(VI)60	0,(VI)64	0,(VI)61
0,02 g = 0,0002 g Nelkenstielpulver	350	325	347	342	0,(VI)57	0,(VI)62	0,(VI)58	0,(VI)59

b) Bestimmung des Gehaltes an Nelkenstielen in einem damit verfälschten Nelkenpulver.

1. Das Pulver wurde mit Zucker im Verhältnis 4 : 100 gemischt = 4%. Von dieser Mischung wurden 0,01 g abgewogen = 0,0004 g des Pulvers. Es wurden darin gefunden 98, 110 und 105 Steinzellen — im Durchschnitt 104,3. Das Pulvergewicht einer Steinzelle beträgt nach Ia 0,(VI)60 g, für 104,3 Steinzellen 0,(IV)6258 g.

¹⁾ Hier und im folgenden bedeuten die römischen eingeklammerten Zahlen in den Dezimalbrüchen die Anzahl der Nullen hinter dem Komma, also 0,(VI)61 = 0,00000061 g.

In 0,0004 g des Pulvers ist also 0,(IV)6258 g Nelkenstielpulver enthalten. Daraus berechnet sich nach dem Ansatz

$$\begin{aligned} 0,0004 : 0,00006258 &= 100 : x; \\ x &= 15,65. \end{aligned}$$

Das Pulver enthält 15,65% Nelkenstiele.

Man kann die Berechnung auch noch anders anstellen. 168 Steinzellen sind, wie oben gezeigt, in 0,0001 g des Nelkenstielpulvers enthalten. In dem verfälschten Pulver wurden 104,3 Steinzellen gefunden. Der Ansatz lautet:

$$\begin{aligned} 168 : 0,0001 &= 104,3 : x; \\ x &= 0,00006258. \end{aligned}$$

Das Resultat ist also dasselbe wie bei der anderen Rechnung.

In Wahrheit enthielt das Pulver 15% Nelkenstiele. Die Differenz beträgt 0,65%. Das Resultat darf wohl als befriedigend bezeichnet werden.

Bei einer zweiten Probe haben wir die doppelte Menge des Pulvers abgewogen, also 0,02 g der Mischung = 0,0008 g des Pulvers. Wir haben gezählt 216, 200 und 211 Steinzellen — im Durchschnitt 209. Daraus berechnet sich der Gehalt an Nelkenstielen im Pulver zu 15,68%, also eine Differenz von 0,03% gegenüber der ersten Probe und 0,68% gegenüber dem wahren Gehalt.

2. Es wurde eine zweite Mischung von Nelkenstielen und Gewürznelken gemacht, deren Zusammensetzung uns ebenfalls unbekannt war. Es wurde 0,02 g des Gemisches = 0,0004 g des Pulvers abgewogen und untersucht. Bei drei Proben wurden 162, 159 und 166 Steinzellen gefunden — im Durchschnitt 162,3. Daraus berechnet sich der Gehalt an Nelkenstielen im Pulver zu 24,35%. In Wahrheit enthielt das Pulver 24%. Die Differenz beträgt also 0,35%.

II. Ermittlung des Gehaltes an Sandelholz in Safranpulver.

Es war interessant, auch diese so häufig vorkommende Verfälschung durchzuprobieren. Die Sache lag hier etwas schwieriger, da die Stücke des Sandelholzes sehr verschieden groß sind und man zweifelhaft sein mußte, ob man alle Stücke als gleichwertig zählen durfte. Es stellte sich heraus, daß es am praktischsten war, ganz kleine Stücke zu vernachlässigen. Wir haben nur Stücke gezählt, die 44 bis 89 μ lang und 9 bis 21 μ breit waren. Der Durchschnitt war 73 μ Länge und 12 μ Breite.

Das Pulvergewicht eines gezählten Bruchstückes ermittelt sich zu 0,(VII)28 g.

Es wurde 0,1 g des Sandelholzpulvers mit 10 g Zucker gemischt, also eine 10%ige Mischung hergestellt. Davon wurde 0,1 g abgewogen und wieder mit 10 g Zucker gemischt. Diese Mischung enthielt also 0,001 g Sandelholzpulver = 0,01%. Von dieser letzten Mischung wurden 0,03 g = 0,(V)3 g Sandelpulver untersucht und in drei Proben 100, 114 und 110 Stücke gezählt — im Durchschnitt 108. Das Pulvergewicht ermittelt sich zu 0,(VII)30, 0,(VII)26 und 0,(VII)27 g — im Durchschnitt 0,(VII)28 g.

1. Von dem mit Sandelholz vermischtem Safranpulver, dessen Zusammensetzung uns unbekannt war, wurden 0,1 g mit 10 g Zucker gemischt und davon 0,01 = 0,0001 g des Pulvers untersucht. Es wurden in drei Präparaten gefunden 282, 289 und 299 Sandelholzstücke — im Durchschnitt 290. Aus diesem Befund berechnet sich der Gehalt an Sandelholz zu 7,90, 8,09 und 8,37% — im Durchschnitt 8,12%. Das Pulver enthielt 10% Sandelholz. Die Differenz beträgt 1,88%.

2. Von einem zweiten mit Sandelholz verfälschten Safranpulver wurde 0,10 g mit 5 g Zucker gemischt. Davon 0,1 g wieder mit 5 g Zucker gemischt. Die 5 g enthielten also 0,002 g des Pulvers = 0,04% des Safranpulvers.

Von der letzten Mischung wurden 0,03 g = 0,(IV)12 g untersucht. Drei Präparate ergaben 120, 126 und 130 Sandelholzstücke — im Durchschnitt 125,3. Daraus berechnet sich der Prozentgehalt zu 28,00, 29,40 und 30,33 — im Durchschnitt 29,24%. Das Pulver hatte 30,80% Sandelholz. Die Differenz betrug 1,56%.

Wie man sieht, ist die Differenz hier größer wie bei dem Nelkenpulver, aber das Resultat immer noch durchaus brauchbar für die Praxis. Die größere Differenz erklärt sich daraus, daß, wie aus dem oben angeführten hervorgeht, die Beurteilung der zu zählenden Stücke natürlich etwas willkürlich bleibt. Aber zugleich dürfte sie auch zeigen, daß bei objektiver Beobachtung und einiger Übung, wie gesagt, brauchbare Resultate erzielt werden.

Das sind die beiden Beispiele, die wir durchgearbeitet haben, aber es versteht sich von selbst, daß unsere Zählkammer auch weiterer Verwendung auf diesem Gebiet in ausgedehntem Maße fähig ist. Besonders kommen Fälle in Betracht, wo das Pulver oder seine Verfälschung Gewebelemente oder Inhaltsbestandteile enthält, die dem anderen fehlen oder sich doch leicht von ihm unterscheiden lassen. Ich nenne als Beispiele Olivenkerne im Ingwerpulver, nachzuweisen an den Steinzellen der ersteren, ferner Olivenkerne im Zimmt. Der letztere enthält auch Steinzellen, sie sind aber von denen der Olivenkerne leicht zu unterscheiden. Carthamus und Calendula in

Safran — hier würden sich vermutlich die warzigen Pollenkörner des ersteren verwerten lassen. Rückstände von Oelkuchen, wie Senf, Lein, Arachis und Cocos im Pfeffer. Im ersteren Fall wird man die Steinzellen, beim Lein die Zellen der Pigmentschicht, bei Arachis die der Epidermis der Samenschale und bei Cocos die Parenchymzellen des Endosperms verwenden können. Zum quantitativen Nachweis von Bombay-Macis in Banda-Macispulver werden die Oelzellen dienen können, die durch ihre Farbe in beiden Arten stark verschieden sind.

Von pharmazeutischen Pulververfälschungen nennen wir die Verfälschung von Kamala mit Warras, Verfälschung von Radix Ipecacuanhae mit Richardsonia, wobei auf die verschiedenen Stärkekörner zu achten ist. Ob es gelingt, bei Ipecacuanha die häufig mitgepulverte Achse an den Steinzellen der letzteren quantitativ nachzuweisen, erscheint zweifelhaft, da diese in sehr verschiedenem Maße ausgebildet sein können.

Am häufigsten finden für solche Verfälschungen Stärkemehle Verwendung, und wir haben uns mit mehreren Arten desselben etwas eingehender beschäftigt. Die gewonnenen Resultate werden leicht bei der quantitativen Bestimmung von Stärke in vegetabilischen Pulvern Verwendung finden können.

III. Ueber Untersuchung von Stärkemehl.

Wir haben die Brauchbarkeit unserer Zählkammer zuerst an verschiedenen Stärkesorten erprobt und festzustellen gesucht, wieviel Stärkekörner in einem bestimmten Gewicht des Stärkemehls vorhanden sind. Daß das zu brauchbaren Resultaten führen mußte bei Stärkemehlen, deren einzelne Körnchen in der Größe verhältnismäßig wenig voneinander abweichen, wie Oryza, Mais, Maranta lag auf der Hand. Aber auch bei Sorten, deren Körner starke Größendifferenzen zeigen, wie Triticum, Canna, Solanum, waren die schließlichen Resultate befriedigend.

Für die Untersuchung möchten wir zunächst bemerken, daß es häufig schwer ist, kleinste Stärkekörnchen (Triticum, Oryza) stets mit Sicherheit als solche zu erkennen. Es erweist sich als praktisch, sie mit Jodjodkalium zu färben. Selbstverständlich darf das Reagens nur in minimalen Mengen angewendet werden, damit die Körner blau und nicht schwarz werden, denn ein schwarzes Stärkekörnchen ist oft genug ebensowenig mit Sicherheit als solches zu erkennen, wie vorher das ungefärbte. Noch besser ist es, die Körnchen etwas anzuquellen durch Verwendung von Chloraljod (J + KJ ana 0,025 g, Chloralhydrat 50 g, Aqua 50 g). Wenn die Lösung eine

Viertelstunde eingewirkt hat, so sind alle Körner etwas aufgequollen und schön blau.

Für die Zählung haben wir das Stärkemehl sorgfältig mit Zucker gemischt, wie wir das oben schon beschrieben haben. Natürlich muß das Mischen hier, wo es sich um zwei farblose Körper handelt, mit ganz besonderer Sorgfalt geschehen.

Wir haben unsere Zählungen ausgeführt an lufttrockener Stärke, wie wir sie aus der Sammlung entnahmen, haben aber zugleich den Wassergehalt der einzelnen Sorten bestimmt und auf Grund dieser Resultate das Gewicht der trockenen Körnchen für jede Sorte ermittelt. Zum Trocknen wurde ca. 1 g (genau gewogen) der Stärke im Wägegläschen bei 100° 5 Stunden getrocknet. Das dann verschlossene Gläschen ließen wir im Exsikkator über Schwefelsäure erkalten. Jede Bestimmung wurde mehrfach ausgeführt. Die ermittelten Wassergehalte waren folgende:

<i>Canna edulis</i>	15,53%
<i>Solanum tuberosum</i>	14,71%
<i>Maranta arundinacea</i>	13,22%
<i>Zea Mays</i>	12,54%
<i>Oryza sativa</i>	11,81%
<i>Triticum sativum</i>	11,68%

A. *Oryza sativa*.

Die Untersuchung dieses Stärkemehles schien uns zuerst sehr einfach zu sein, da die einzelnen Körnchen in der Größe verhältnismäßig wenig von einander differieren (2—10 μ , meistens 3—6 μ). Die Sache war aber schwierig, weil in der Handelsstärke die Körnchen vielfach noch miteinander verklebt sind und Klumpen bilden. Man kann natürlich die Anzahl der Körnchen in einem solchen Klumpen abschätzen und wird dann auch zu brauchbaren Resultaten gelangen. Wir haben aber für unsere ersten Versuche das Stärkemehl mit einer kleinen Menge Zucker anhaltend zerrieben und hatten dann alle Körner isoliert im Präparate.

Die Stärke wurde, wie oben schon beschrieben, mit Zucker gemischt und 0,02 g der Mischung = 0,(VII)2 g Amyl. Oryzae und 0,03 g der Mischung = 0,(VII)3 g Amyl. Oryzae untersucht und zwar jedesmal drei Proben. Ueber die Resultate gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß.

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(X)185 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(X)163 g.

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,02 g = 0,(VII)2 g Amyl. Oryzae . .	1083	1106	1125	1104,6	0,(X)18	0,(X)18	0,(X)18	0,(X)18
0,03 g = 0,(VII)3 g Amyl Oryzae . .	1591	1538	1584	1571	0,(X)19	0,(X)20	0,(X)19	0,(X)19

B. Zea Mays.

Auch diese Stärke eignet sich ohne weiteres für unsere Versuche, da die Stärkekörnerchen in der Größe nicht stark voneinander differieren (10—15 μ). Wir haben zwei verschiedene Stärkemischungen mit Zucker hergestellt und von der einen 6, von der zweiten 3 verschiedene Präparate untersucht. Ueber die Resultate gibt die Tabelle Aufschluß.

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,(VI)1 g Amyl. Maydis . .	118	124	124	122	0,(IX)85	0,(IX)81	0,(IX)81	0,(IX)82
0,02 g = 0,(VI)2 g Amyl. Maydis . .	243	236	241	240	0,(IX)82	0,(IX)85	0,(IX)83	0,(IX)83
0,01 g = 0,(VI)5 g Amyl. Maydis . .	579	589	593	587	0,(IX)86	0,(IX)85	0,(IX)84	0,(IX)85

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(IX)833 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(IX)729 g.

C. Maranta arundinacea.

Die Größendifferenzen der Körner sind hier schon etwas stärker. Sie messen 40—60 μ . Trotzdem stimmen unsere Zählungen und Messungen gerade hier besonders gut überein, wenn auch ausdrücklich hervorgehoben werden muß, daß das Durchschnittsgewicht eines Körnchens in Wahrheit nur ein solches ist, da das Gewicht des einzelnen Körnchens nach oben und unten erheblich differieren wird.

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,(V)1 g Amyl. Marantae.	135	130	144	136,3	0,(VIII)74	0,(VIII)77	0,(VIII)69	0,(VIII)73
0,01 g = 0,(V)2 g Amyl. Marantae.	277	270	275	274	0,(VIII)72	0,(VIII)74	0,(VIII)73	0,(VIII)73
0,02 g = 0,(V)4 g Amyl. Marantae.	547	550	544	547	0,(VIII)73	0,(VIII)73	0,(VIII)74	0,(VIII)73

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(VIII)73 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(VIII)63 g.

D. Trititeum saivum.

Auch hier kommt es vor, daß in der Handelsstärke die Körnchen klumpenweise miteinander verklebt sind. Es gelingt aber leicht durch sorgfältiges Zerreiben mit Zucker sie voneinander zu trennen. Die Differenzen in der Größe sind hier besonders beträchtlich. Unterscheidet man doch zwei Formen der Körner, Großkörner, die 30—45 μ und Kleinkörner, die 2—10 μ , meist 5—7 μ messen. Die Resultate sind aber, wie die Tabelle zeigt, auch hier befriedigende.

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,(VII)2 g Amyl. Tritic. . .	288	275	302	288,3	0,(X)69	0,(X)73	0,(X)66	0,(X)69
0,03 g = 0,(VII)6 g Amyl. Tritic. . .	864	892	881	879	0,(X)69	0,(X)67	0,(X)68	0,(X)68

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(X)685 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(X)605 g.

E. Canna edulis.

Das sind die größten aller Stärkeköerner, die technisch hergestellt werden und die Differenzen, in der Größe entsprechend am bedeutendsten. Sie messen 20—130 μ . Trotzdem erhält man auch hier befriedigende Durchschnittswerte.

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,(V)1 g Amyl. Cannae. .	26	30	28	28	0,(VII)38	0,(VII)33	0,(VII)36	0,(VII)36
0,03 g = 0,(V)3 g Amyl. Cannae. .	85	87	92	88	0,(VII)35	0,(VII)34	0,(VII)33	0,(VII)34
0,01 g = 0,(IV)25 g Amyl. Cannae. .	692	681	678	683,3	0,(VII)36	0,(VII)37	0,(VII)37	0,(VII)37

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(VII)357 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(VII)302 g.

F. Solanum tuberosum.

Das gleiche bezüglich der Größendifferenz der Körner gilt auch hier. Sie messen wenige μ bis 100 μ .

Abgewogene Menge der Mischung	Anzahl der gezählten Körnchen				Das Gewicht eines Körnchens beträgt			
	1.	2.	3.	Durchschnitt	1.	2.	3.	Durchschnitt
0,01 g = 0,(V)1 g Amyl. Solani . .	125	140	136	133,3	0,(VIII)80	0,(VIII)7	0,(VIII)74	0,(VIII)75
0,02 g = 0,(V)4 g Amyl. Solani . .	503	523	528	518	0,(VIII)80	0,(VIII)76	0,(VIII)76	0,(VIII)76

Das Durchschnittsgewicht eines lufttrockenen Körnchens beträgt also 0,(VIII)755 g und eines bei 100° getrockneten Körnchens 0,(VIII)644 g.

Das sind die Stärkesorten, die wir untersucht haben. Die Anwendung unserer Zählungen und Berechnungen für die quantitative Pulveruntersuchung ergibt sich leicht. Wo solche Stärkesorten in einem Pulver gefunden werden, wird man in einer gewogenen Menge des Pulvers die Stärkekörner zählen und kann daraus das Gewicht der vorhandenen Stärke berechnen, das dann ohne weiteres den Prozentgehalt im untersuchten Pulver ergibt.

Folgendes Beispiel mag das zeigen:

Wir wiegen 0,01 g eines Gemisches von Zucker und dem zu untersuchenden Pulver ab. Das Gemisch enthält 0,(V)4 g des betreffenden Pulvers. Schon vorher ist bei der qualitativen Unter-

suchung Amylum Solani nachgewiesen. Wir finden durch Zählen einer Reihe von Präparaten, daß in 0,(V)4 g des Pulvers durchschnittlich 180 Körnchen der Kartoffelstärke enthalten sind. Das Durchschnittsgewicht eines Kartoffelstärkekörnchens ist 0,(VIII)755 g. Also

$$0,(VIII)755 \times 180 = 0,(V)1359 \text{ g.}$$

Soviel Kartoffelstärke ist in 0,(V)4 g des Pulvers enthalten.

$$0,(V)4 : 0,(V)1359 = 100 : x;$$

$$x = 33,975.$$

Das Pulver enthält rund 34% Kartoffelstärke.

So einfach liegen die Verhältnisse natürlich nur, wenn das verfälschte Pulver selbst kein Stärkemehl enthält. Dann ist jedes Stärkekörnchen der Verfälschung zuzurechnen. Enthält das verfälschte Pulver selbst Stärkemehl, so kann man folgenden Weg einschlagen:

Das Pulver ist zum Beispiel wieder mit Kartoffelstärke verfälscht. Dann zählt man in mehreren Mustern des Pulvers, wie beschrieben, diejenigen Körner, die man bestimmt als Kartoffelstärke erkennt, und die sich durch Größe und Form, am häufigsten wird das erstere vorkommen, von der dem Pulver eigentümlichen Stärke unterscheiden. Daraus berechnet man die Menge und erhält so nur eine untere Grenzzahl, denn kleinere Körner der Kartoffelstärke wird man wahrscheinlich von Stärkekörnchen des Pulvers, zum Beispiel Zimmt, nicht haben unterscheiden können. Den Fehler, der so entsteht, kann man aber dadurch verringern, daß man in einer oder mehreren Sorten Kartoffelstärke in kleinen Mengen, 1. die Gesamtzahl der Körner ermittelt und 2. die Anzahl derjenigen, die an Größe den in dem Pulver gezählten entsprechen. Die Differenz zwischen beiden Zählungen zählt man der Kartoffelstärke im untersuchten Pulver hinzu und wird die wahre Menge der als Verfälschung zugesetzten Kartoffelstärke mit genügender Genauigkeit erfahren.

Die Beschäftigung mit den Zählungen und Gewichtsbestimmungen der Stärke in unserer Zählkammer hat noch Veranlassung gegeben zu zwei weiteren Untersuchungen, über die in folgendem zu berichten ist.

I. Da es sich bei dem Gewicht des einzelnen Stärkekörnchens um sehr kleine Größen handelt, so ist es nicht gleichgültig, in welchem Medium die Stärkekörner untersucht werden. Wir haben, wie aus dem vorstehenden hervorgeht, die Stärkekörner in lufttrockenem Zustande gewogen und dann weiter in Zuckerlösung untersucht, wobei sich voraussichtlich die Größe des Körnchens

ändert. Um hiervon eine genaue Vorstellung zu bekommen, haben wir Canna-Stärke unter verschiedenen Bedingungen gemessen.

Es wurden zwei typische Körner dieser Stärke (1 und 2) in die Mitte einer Zählkammer gebracht, in der sie nach den verschiedenen Operationen immer wieder leicht aufzufinden waren.

Sie wurden zuerst in lufttrockenem Zustande gemessen (Wassergehalt 15,53%) III. Dann wurden sie fünf Stunden bei 100° getrocknet und nach Auflegung des Deckgläschens sofort wieder gemessen I. Dann wurde die Zählkammer mit Wasser gefüllt und die Körnchen, nachdem sie 18 Stunden darin gewesen waren und sich sicher mit Wasser vollgesogen hatten, wieder gemessen IV. Dann wurde das Wasser verdunstet, wieder bei 100° getrocknet und in fettem Oel untersucht II.

	N ^o	Länge μ	Breite μ
I. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in Luft gemessen	1	106,20	79,65
	2	88,50	66,38
II. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in fettem Oel gemessen	1	106,20	79,65
	2	88,50	66,38
III. Lufttrocken gemessen	1	112,10	85,55
	2	94,40	70,80
IV. 18 Stunden in Wasser, dann in Wasser gemessen	1	126,85	94,40
	2	106,20	76,70

Wie die Tabelle zeigt, nehmen die Körner in lufttrockenem Zustande in Luft gemessen und mit Wasser vollgesogen in Wasser gemessen an Größe recht erheblich zu. Die folgende Tabelle zeigt die Zunahme, wobei wir das völlig trockene Korn (I und II der vorigen Tabelle) = 100 setzen.

	N ^o	Länge	Breite
I. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in Luft gemessen	1	100,00	100,00
	2	100,00	100,00
II. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in fettem Oel gemessen	1	100,00	100,00
	2	100,00	100,00
III. Lufttrocken gemessen	1	105,57	107,47
	2	106,67	106,66
IV. 18 Stunden in Wasser, dann in Wasser gemessen	1	119,44	118,52
	2	120,00	115,55

Wie auch diese Tabelle zeigt, ist die Größenzunahme des feuchten Kornes gegenüber dem trockenen recht erheblich. Sie beträgt bis 20% und ist in der Länge etwas bedeutender als in der Breite, was ja leicht verständlich ist.

Diese Feststellung spielt für unsere speziellen Zwecke an diesem Ort keine besondere Rolle. Es ist aber doch wichtig, gezeigt zu haben, daß die Stärkekörner, die wir in Wasser zu messen pflegen, dann ein Fünftel größer sind, als in trockenem Zustand.

II. Es war uns bei den oben angeführten Zählungen und Gewichtsberechnungen aufgefallen, daß das Gewicht eines Kornes von *Triticum* (0,(X)605) auffallend niedrig war. Obschon die Körner im Durchschnitt sehr viel größer sind, zum Beispiel wie die von *Zea Mays*, stehen sie im Gewicht denen von *Oryza* (0,(X)163) am nächsten. Wir sagten uns, daß der Grund wahrscheinlich in einer Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes, also der Dichte der Körner liegen müsse und haben daher die spezifischen Gewichte für die obigen sechs Stärkearten bestimmt.

Freilich liegt die Sache gerade bei der Stärke von *Triticum* anscheinend nicht ganz einfach, da ja die Stärkekörner beschrieben werden als aus zwei Schalen bestehend, die einen Hohlraum einschließen sollen, und bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes kann natürlich dadurch ein Fehler entstehen, wenn bei einer größeren Anzahl von Körnchen die Flüssigkeit, in der man die Bestimmung vornimmt, nicht eindringt und die Luft verdrängt. Freilich haben wir die Bestimmung des spezifischen Gewichtes in Alkohol vorgenommen, und es war nicht anzunehmen, daß dann Luftbläschen in den Körnchen erhalten bleiben. Das hat sich auch bestätigt. Wir haben das spezifische Gewicht bestimmt vor und nach Evakuieren unter der Luftpumpe und stets dieselben Resultate erhalten.

Es sind Bestimmungen des spezifischen Gewichtes des Stärkemehls schon früher ausgeführt worden. Wir geben die uns aus der Literatur bekannt gewordenen Angaben wieder. Die ersten Angaben nennen nur Stärke ohne Angabe der Art: *Kopp* (*Annalen der Chemie und Pharmacie* 1840, Bd. XXXV, S. 38) hat 1,560, im *Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie* von *Liebig, Poggendorf und Wöhler* (1861, Bd. VIII, S. 164) 1,530, *Payen und Chevallier* (*Journ. Pharm.* 9, 187) fanden 1,505 bei 19,7°, *K. F. Kloedens* Tabelle der spezifischen Gewichte verschiedener Substanzen (*Wörterbuch der Chemie und Physik*, Berlin, Verlag von Simion 1845) hat ebenfalls 1,530. Wo sich nähere Angaben befinden, ist die Be-

stimmung mit dem Volumenometer ausgeführt. Genauere Angaben hat Flückiger (Ueber das spezifische Gewicht des Amylums, Zeitschrift für analytische Chemie 1866, Bd. V, S. 302) angegeben. Er bestimmte das spezifische Gewicht in Petroleum und fand:

	lufttrocken	bei 100° getrocknet
Solanum	1,5029	1,6330
Maranta	1,5045	1,5648

Bei diesen Angaben Flückiger's fällt auf, daß die trockene Stärke von Solanum schwerer ist, wie die von Maranta, daß sich die lufttrockene Stärke aber umgekehrt verhält. Wie sich unten zeigen wird, haben wir dasselbe konstatiert.

Flückiger versucht keine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung zu geben. In der Tat kann man auch mit seinen Angaben nicht viel anfangen, da der Wassergehalt der lufttrockenen Stärke natürlich ein sehr verschiedener sein kann und das spezifische Gewicht dadurch sehr beeinflusst werden muß. Wir haben in dieser Beziehung einige Versuche gemacht, über die zu berichten ist.

Es war notwendig erstens festzustellen das spezifische Gewicht der bei 100° getrockneten Stärke, wie es auch Flückiger gemacht hat. Dann suchten wir möglichst gleiche Verhältnisse bezüglich des Wassergehaltes herzustellen dadurch, daß wir die bei 100° getrocknete und gewogene Stärke einige Tage im Exsikkator über Wasser stehen ließen und die mit Wasser völlig gesättigte, aber lufttrockene Stärke wieder wogen. Die Resultate für alle sechs Stärkesorten zeigt folgende Tabelle:

Art der Stärke	Gewicht bei 100° getrocknet	Einige Tage über Wasser im Exsikkator aufbewahrt	Die Gewichtszunahme beträgt in	
			Grammen	Prozenten
Canna edulis	0,5973	0,7938	0,1965	32,898
Solanum tuberosum	0,5823	0,7738	0,1915	32,886
Maranta arundinacea	0,6204	0,8061	0,1857	29,932
Oryza sativa	0,6419	0,8185	0,1766	27,512
Triticum sativum . . .	0,6115	0,7757	0,1642	26,852
Zea Mays	0,61915	0,78235	0,1632	22,693

Wie die Zahlen zeigen, ist die Aufnahmefähigkeit für Wasser eine ziemlich verschiedene. Sie schwankt von 22,693% bei Zea Mays bis 32,898% bei Canna edulis. Man wird schließen müssen, daß die Körner, die wenig Wasser aufnehmen, dichter gebaut sind wie die anderen, die reichlich Wasser aufnehmen. Von unseren

sechs Stärkesorten lassen die Körner, die das meiste Wasser aufnehmen, eine Schichtung erkennen, die anderen nicht oder nur ganz ausnahmsweise. Die Wasseraufnahmefähigkeit bei den beiden Stärkesorten, die Flückiger untersucht hat, ist nicht identisch, wie die Tabelle zeigt, aber doch so wenig verschieden, daß das spezifische Gewicht dadurch nicht sonderlich beeinflußt werden wird.

Es kommt aber noch ein zweiter Punkt in Betracht. Es ist anzunehmen, daß die Stärkekörner, wenn sie sich mit Wasser sättigen, dabei aufquellen, wie wir das von Fasern und anderen Zellmembranen wissen. Wir haben auch das festgestellt, aber nur bei den beiden von Flückiger untersuchten Stärkesorten von Solanum und Maranta.

Drei typische Stärkekörner jeder Sorte in lufttrockenem Zustand (der Wassergehalt betrug bei Maranta 13,22%, bei Solanum 14,71%) wurden in Zählkammern gebracht und gemessen. Dann wurden die Kammern mit Wasser gefüllt und die Körnchen nach 18 Stunden wieder gemessen. Drittens ließen wir das Wasser verdunsten, die Körner wurden 5 Stunden bei 100° getrocknet und dann in fettem Oel gemessen. Die folgende Tabelle gibt die Zahlen.

	No.	Länge		Breite	
		μ		μ	
		Solanum	Maranta	Solanum	Maranta
I. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in fettem Oel gemessen	1	56,05	41,30	38,35	26,55
	2	47,20	29,50	32,45	23,60
	3	39,825	28,025	28,025	23,60
II. Lufttrocken gemessen	1	56,05	41,30	38,35	26,55
	2	47,20	29,50	32,45	25,075
	3	41,30	28,025	29,50	23,60
III. 18 Stunden in Wasser, dann in Wasser gemessen	1	64,90	45,725	42,775	29,50
	2	51,625	33,925	35,40	26,55
	3	44,25	30,975	30,975	25,075

Größenzunahme in Prozenten.

I. 5 Stunden bei 100° getrocknet, dann in fettem Oel gemessen	1	100,00	100,00	100,00	100,00
	2	100,00	100,00	100,00	100,00
	3	100,00	100,00	100,00	100,00
II. Lufttrocken gemessen	1	100,00	100,00	100,00	100,00
	2	100,00	100,00	100,00	106,25
	3	103,73	100,00	105,23	100,00
III. 18 Stunden in Wasser, dann in Wasser gemessen	1	115,79	110,71	111,53	111,11
	2	109,38	111,61	109,09	112,50
	3	111,11	110,52	110,53	106,25

Es zeigt sich, daß die Körner im lufttrockenen, also wasserhaltigen Zustand zum Teil gar nicht, zum Teil unerheblich gequollen sind, so daß diese Zunahme für die Erklärung des Flückiger'schen Befundes keine Rolle spielt. Recht erheblich ist dagegen die Größenzunahme in Wasser (vergl. oben bei Canna). Diese Tatsache spielt ja für unsere Frage keine besondere Rolle. Immerhin wollen wir darauf aufmerksam machen, da es ja allgemein gebräuchlich ist, Stärkekörner in Wasser zu untersuchen und zu messen. Die so gefundenen Werte sind, wie die Tabelle zeigt, erheblich größer wie die der Körner in der lufttrockenen Handelsware. Ein Unterschied in der Größenzunahme in der Längs- und Querrichtung ist nicht ersichtlich.

Endlich haben wir nun noch zu berichten über die Bestimmung des spezifischen Gewichtes unserer sechs Stärkesorten. Die Methode, die wir dabei anwendeten, ist die folgende. Wir verdanken sie den freundlichen Ratschlägen von Professor Treadwell.

Zur Verwendung gelangte Regnault's Pyknometer für feste Körper. Wir teilen die Mothede ausführlich mit, weil das manchem vielleicht angenehm ist.

1. In das tarierte Pyknometer wird ein Quantum der Stärke (etwa 1,50 g) eingefüllt.

$$\begin{array}{r} \text{Pyknometer} + \text{Stärke} = A \\ \text{Pyknometer leer} = B \\ \hline \text{Stärke} = A - B. \end{array}$$

2. Das Pyknometer, das die Stärke enthält, wird mit Alkohol gefüllt. Etwa vorhandene Luft wird mit der Luftpumpe entfernt und endlich genau zur Marke mit Alkohol bei T^0 aufgefüllt. Die Temperatur ist gleichgültig, wie sich ergeben wird.

$$\begin{array}{r} \text{Pyknometer} + \text{Stärke} + \text{Alkohol} = C \\ \text{Pyknometer leer} = B \\ \hline \text{Stärke} + \text{Alkohol} = C - B. \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3. \quad \text{Pyknometer} + \text{Alkohol} = D \\ \text{Pyknometer leer} = B \\ \hline \text{Alkohol} = D - B. \end{array}$$

4. Es ist vor dem Versuche in gewohnter Weise das Pyknometer mit Wasser ausgewogen.

$$\begin{array}{r} \text{Pyknometer} + \text{Wasser} = E \\ \text{Pyknometer leer} = B \\ \hline \text{Wasser} = E - B. \end{array}$$

5. Dichte der Stärke verglichen mit Alkohol:

$$\frac{A - B}{(D - B) - (C - A)}$$

6. Dichte des Alkohols verglichen mit Wasser:

$$\frac{D - B}{E - B}$$

7. Dichte der Stärke verglichen mit Wasser = x.

$$\frac{A - B}{(D - B) - (C - A)} \times \frac{D - B}{E - B} = x.$$

Diese Zahl gilt für die Versuchstemperatur T^0 . Um den Wert auf $+ 4^0$ umzurechnen, benutzt man folgende Formel:

$$x \times (St - t') + t'.$$

St ist die Dichte des Wassers bei der Temperatur T^0 .

t' ist das Gewicht von 1 ccm Luft = 0,0012 g.

Nach dieser Berechnung haben wir für unsere Stärkesorten folgende spezifischen Gewichte gefunden:

Art der Stärke	bei 100° getrocknet	lufttrocken	Wasser- gehalt
<i>Canna edulis</i>	1,5255	1,5072	15,53%
<i>Solanum tuberosum</i>	1,5247	1,4919	14,71%
<i>Maranta arundinacea</i>	1,5215	1,5056	13,22%
<i>Oryza sativa</i>	1,5134	1,5057	11,81%
<i>Zea Mays</i>	1,4809	1,4795	12,54%
<i>Triticum sativum</i>	1,4696	1,4631	11,68%

Wie die Tabelle zeigt, haben wir bei *Solanum* und *Maranta* dieselbe Beobachtung gemacht wie Flückiger, wenn auch unsere Zahlen etwas abweichend sind. Das spezifische Gewicht des lufttrockenen Stärkekorns von *Solanum* ist, wie unsere Tabelle zeigt, ganz auffallend niedrig. Während das trockene Korn an zweiter Stelle steht, müßte das lufttrockene Korn an vierter Stelle stehen. Es ist kein Zweifel, daß sich die Kartoffelstärke hier ganz abweichend verhält.

Wenn man eine Erklärung dieser Erscheinung versucht, so könnte sie nur die folgende sein. Nach Arthur Meyer (Untersuchungen über die Stärkekörner 1891) bestehen die Stärkekörner aus Schichten feinsten Krystallnadeln, den sogenannten Trichiten.

Die verschiedenen spezifischen Gewichte der getrockneten Körner können bedingt sein entweder durch verschiedene Dicke der Trichite oder verschiedene Größe der zwischen diesen befindlichen Zwischenräume oder durch beide Ursachen. Ueber die Größe der Zwischenräume bekommen wir eine Vorstellung durch die Wasseraufnahmefähigkeit der Körner. Körner, die reichlich Wasser aufnehmen, werden größere Zwischenräume haben als solche, die sich umgekehrt verhalten. Wenn man damit unsere Angaben über die Feststellung der Wasseraufnahme der Körner vergleicht, so zeigt sich fast durchgängig, daß spezifisch schwere Körner auch am meisten Wasser aufnehmen. Wir werden also annehmen müssen, daß je größer das Korn ist, auch die Zwischenräume zwischen den Trichiten entsprechend groß sind. Abweichend verhält sich in dieser Beziehung *Triticum*, das überhaupt Veranlassung zu der ganzen Untersuchung gegeben hat. Sein spezifisches Gewicht ist am niedrigsten von allen untersuchten, und damit ist die oben ausgesprochene Vermutung bestätigt worden. Sein spezifisches Gewicht ist niedriger wie das von *Zea Mays*. Interessant ist nun weiter, daß *Triticum* bezüglich der Wasseraufnahmefähigkeit weiter eine Ausnahme bildet und die Reihe unterbricht. Es sollte weniger Wasser aufnehmen wie *Zea Mays*, nimmt aber mehr auf. Wir möchten nun für diese Tatsache den Grund nicht in der Größe und der Dichtigkeit der Trichite suchen, sondern in dem schalenförmigen Bau des Stärkekorns, worauf wir schon oben hingewiesen haben.

Es erübrigt noch eine Vermutung auszusprechen über die Unregelmäßigkeit des Verhaltens von *Solanum* und *Maranta*, die uns bei *Flückiger's* Angaben auffiel, und die wir dann bestätigt haben. Das höhere spezifische Gewicht der Stärke von *Solanum* dürfte, wie schon gesagt, seine Ursache haben in der größeren Dicke der Trichite. Daß es dann im lufttrockenen, also wasserhaltigen Korn geringer ist wie bei *Maranta*, kann man dadurch erklären, daß die Zwischenräume zwischen den Trichiten bei *Solanum* größer sind wie bei *Maranta*. Daß die Größenzunahme des lufttrockenen Korns hier wahrscheinlich keine Rolle spielt, geht aus unseren oben mitgeteilten Messungen hervor. Entweder ließ sich überhaupt keine Größenzunahme nachweisen oder sie war so unbedeutend, daß die starken Differenzen des spezifischen Gewichtes durch sie nicht erklärt werden können.
