universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

Lunge, Georg

Berlin, 1900

Stärke

urn:nbn:at:at-ubi:2-6887

Stärke.

Von

Prof. Dr. C. von Eckenbrecher,

Vorsteher der deutschen Kartoffel-Kultur-Station in Berlin.

Die Fabrikation der Stärke beruht im Wesentlichen auf sehr einfachen und rein mechanischen Operationen. Diese bestehen darin, das Rohmaterial fein zu zerkleinern, um die stärkehaltigen Zellen bloszulegen, aus ihm die Stärke mittels Wassers auszuwaschen, diese absitzen zu lassen und zu trocknen.

Wo die mechanische Zerkleinerung nicht ausreicht, den Inhalt der Zellen für das Auswaschen genügend freizulegen, wie bei den Getreidekörnern, überlässt man die Rohmaterialien entweder einer Gährung, oder man wendet Chemikalien an (ätzende Alkalien und Säuren, namentlich schweflige Säure), um hierdurch eine vollkommnere Aufschliessung zu bewirken.

In der Praxis findet eine regelmässige analytische Kontrolle des Fabrikbetriebes nicht statt, so sehr dies zu wünschen wäre. Man begnügt sich im Allgemeinen damit, die Rohmaterialien auf ihren Stärkegehalt und das fertige Produkt der Handelswaare auf seine Reinheit und den Wassergehalt zu prüfen.

Die Untersuchungen, welche bei der Stärke und der Stärkefabrikation in Betracht kommen, beziehen sich 1. auf das Rohmaterial, 2. auf das Fabrikat, 3. auf die Abfallprodukte, und 4. auf die in der Fabrikation zur Verwendung kommenden Hülfsrohstoffe.

A. Die Untersuchung des Rohmaterials.

In Deutschland wird die Stärke hauptsächlich aus Kartoffeln und Weizen gewonnen, weniger ausgedehnt ist die Fabrikation von Mais- und Reisstärke.

Alle diese Rohstoffe werden für die Zwecke der Fabrikation nur auf ihren Stärkegehalt untersucht, und zwar erfolgt die quantitative Bestimmung der Stärke entweder durch einfaches Auswaschen der Stärke, oder auf chemischem Wege, oder endlich (bei der Kartoffel) durch die Bestimmung des specifischen Gewichtes.

1. Quantitative Bestimmung des Stärkemehls durch Auswaschen des Rohmaterials.

Man weicht eine gewogene Menge des zu untersuchenden Rohmaterials in Wasser ein, zerquetscht dieselbe und wäscht sie, analog der Fabrikation im Grossen, über einem Siebe von feiner Gaze oder indem man sie in ein Tuch einbindet, mit Wasser aus, bis das Waschwasser klar abläuft. Mehl knetet man zu einem Teige an, Kartoffeln werden fein zerrieben. Die Stärke geht in das Waschwasser, aus welchem sie sich leicht absetzt. Sie wird durch wiederholtes Dekantiren mit Wasser ausgewaschen, in ein Schälchen gebracht, getrocknet und gewogen.

Um die Stärkeausbeute der Kartoffeln direkt zu bestimmen, konstruirte Günther[1]) einen Apparat, in welchem mittels einer Reibetrommel eine gewogene Menge Kartoffeln (250 g) zerrieben uud ausgewaschen wird. Das die Stärke enthaltende Waschwasser fliesst in einen entsprechend in Grade getheilten Messcylinder, in welchem es 6 Stunden lang ruhig stehen bleibt. In dieser Zeit setzt sich die Stärke ab, und man kann nach der angebrachten Skala ohne Weiteres beurtheilen, wieviel Procent Prima-, Sekunda- und Schlammstärke aus den vorliegenden Kartoffeln gewonnen werden kann.

Genaue Resultate vermag diese rohe Methode des Auswaschens natürlich nicht zu geben; sie gewährt nur ein ungefähres Urtheil über den Gehalt an Stärke. Man findet z. B. von 21 % Stärkemehl in Kartoffeln nur 14—15 %; der Rest bleibt in den vermöge unvollständigen Zerreibens unaufgeschlossenen Zellen und auf dem Siebe zurück.

2. Quantitative Bestimmung des Stärkemehls auf chemischem Wege.

Da es eine exakte Methode zur Bestimmung des Stärkemehls selbst nicht giebt, so muss dieselbe auf indirektem Wege ausgeführt werden. Es geschieht dies indem man die Stärke in Traubenzucker (Dextrose) umwandelt, dessen Menge durch Reduktion einer alkalischen Kupferlösung bestimmt und hieraus den Stärkewerth berechnet.

---

[1]) Z. Spiritusind. 1884, S. 93.

Zur Umwandlung der Stärke in Dextrose behandelte man nach dem früheren Verfahren die fein gepulverte lufttrockene Substanz direkt mit verdünnten Säuren, namentlich Schwefelsäure oder Salzsäure, doch erhielt man hierdurch stets zu hohe Resultate, weil diese Säuren, besonders die Salzsäure, leicht Cellulose und Pektinstoffe gleichfalls in Dextrose umwandeln. Deshalb war es nothwendig, zunächst das Stärkemehl ohne Anwendung starker Säuren in Lösung zu bringen, und dann erst zu invertiren.

Auch hier fehlt es an einer einheitlichen, durchaus zuverlässigen Bestimmungsmethode.

Um sicher nur Stärke zu erhalten, empfahlen Stumpf und Delbrück, die Substanz mit Wasser unter Druck bei 130—140° C. zu behandeln, wobei sämmtliche Stärke in Lösung geht, die heisse Lösung zu filtriren und diese dann mit Salzsäure in Dextrose zu verwandeln. Dies Verfahren ist aber nach Märckers Beobachtungen nicht zuverlässig, da sich aus der oft langsam filtrirenden Flüssigkeit Stärke unlöslich ausscheidet, und man also nie ganz sicher sein kann, alle Stärke in dem Filtrat zu erhalten.

Die zur Zeit gebräuchlichsten Methoden der Stärkebestimmung sind diejenigen von Reinike, bei welcher die Stärke unter Anwendung von Hochdruck auf die mit Wasser angerührte und mit Milchsäure versetzte Substanz in lösliche Form übergeführt wird, und von Märcker und Morgen, welche darauf beruht, dass die zu untersuchenden, fein gemahlenen Körner oder getrockneten Kartoffeln durch Kochen mit Wasser verkleistert, und die Kohlehydrate durch Zusatz von Malzextrakt in Lösung gebracht werden. Die auf die eine oder die andere Weise erhaltene Lösung wird mit Salzsäure invertirt, und in ihr der gebildete Zucker mit alkalischer Kupferlösung (Fehling'scher Lösung) entweder gewichtsanalytisch nach Allihn, oder maassanalytisch nach Soxhlet bestimmt. Auf die Ausführung dieser Untersuchungsmethoden kann hier nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen bezüglich derselben auf den Abschnitt über Spiritus.

Wohl zu beobachten ist, dass bei der nach den angeführten Methoden ausgeführten Stärkebestimmung immer ausser der Stärke der in den zu untersuchenden Substanzen ursprünglich enhaltene Zucker mitbestimmt und als Stärke berechnet wird, so dass die gefundene Stärkemenge nicht dem wahren Stärkegehalt entspricht, sondern vielmehr den Stärkewerth d. h. die Menge der Alkohol liefernden Kohlehydrate angiebt. Wenn nun auch der auf diese Weise gewonnene Stärkewerth für die Brennerei ziemlich genau ausfällt, so ist dies bezüglich der Stärkefabrikation nicht der Fall, weil für sie der ursprünglich vorhandene Zucker werthlos ist. Deshalb muss man, um den wahren Stärkegehalt zu erfahren, diesen

Gehalt an Zucker besonders feststellen (indem man die zu untersuchende Substanz mit Wasser digerirt, den Auszug invertirt und hierin die Zuckerbestimmung ausführt) und ihn von der bei der Hauptuntersuchung gefundenen Zuckermenge in Abzug bringen, bevor hieraus der Stärkegehalt berechnet wird.

Wichtig erscheint diese Zuckerbestimmung namentlich bei Kartoffeln, die je nach der Reife, nach den Lagerungsverhältnissen und nach der Sorte einen sehr verschiedenen Zuckergehalt aufweisen, der nach Saares Beobachtungen bis 4 % beträgt. Eine besondere, ziemlich umständlich auszuführende Methode der Zuckerbestimmung in Kartoffeln giebt Saare in seiner „Fabrikation der Kartoffelstärke", Verlag von Julius Springer, Berlin 1897, Seite 489.

3. Bestimmung des Stärkegehaltes (Stärkewerthes) durch Ermittelung des specifischen Gewichtes (bei Kartoffeln).

Für den Stärkefabrikanten ist es nicht möglich, immer die mechanische oder die chemische Analyse zur Beurtheilung der zu verarbeitenden Materialien anzuwenden, weil beide zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Bei den Körnerfrüchten muss es ihm oft genügen, die Bruchfläche, Maass und Gewicht der Körner in Betracht zu ziehen; für die Kartoffeln aber steht ihm noch eine andere, schnell auszuführende Untersuchungsmethode zur Verfügung, die genügend genaue Resultate ergiebt, nämlich diejenige, welche auf der Bestimmung des specifischen Gewichtes beruht.

Das ziemlich hohe specifische Gewicht des Stärkemehles und der Umstand, dass die Trockensubstanz der Kartoffel zum weitaus grössten Theil aus Stärkemehl besteht, brachte zuerst Berg auf den Gedanken, es müsse zwischen dem specifischen Gewichte und dem Stärkegehalt der Kartoffeln ein bestimmtes Verhältniss bestehen. Er fand seine Vermuthung bestätigt und stellte eine Gleichung auf, durch welche man aus dem ermittelten specifischen Gewichte den Stärkegehalt der Kartoffeln berechnen konnte. Die durch seine Methode erhaltenen Resultate waren aber sehr wenig genau, weil er die seiner Berechnung zu Grunde gelegten Stärkemehlbestimmungen durch einfaches Auswaschen vorgenommen hatte. Später wurde die Methode durch Lüdersdorff, Balling und Holdefleiss, welche die Stärkebestimmungen auf chemischem Wege genauer ausführten, verbessert. Dann waren es Märcker, Behrend und Morgen, welche unter Anwendung der inzwischen vervollkommneten Stärkebestimmungsmethoden die Frage von Neuem einer Bearbeitung unterzogen. Sie untersuchten eine grosse Anzahl verschiedener Kartoffeln (144 Sorten) auf ihren Trockensubstanzgehalt, Stärkegehalt und das specifische Gewicht und berechneten daraus eine Tabelle, indem sie die

mittlere Differenz zwischen Stärkemehl- und Trockensubstanzgehalt, die sich als 5,752 % ergab, zu Grunde legten. Diese Tabelle ist nach Märckers Handbuch der Spiritusfabrikation folgende:

Bestimmung des Procent-Trocken- und Stärkegehaltes der Kartoffeln aus dem specifischen Gewicht nach Behrend, Märcker und Morgen.

Specifisches Gewicht	Trocken-substanz Proc.	Stärkemehl Proc.	Specifisches Gewicht	Trocken-substanz Proc.	Stärkemehl Proc.	Specifisches Gewicht	Trocken-substanz Proc.	Stärkemehl Proc.	Specifisches Gewicht	Trocken-substanz Proc.	Stärkemehl Proc.
1·080	19·7	13·9	1·100	24·0	18·2	1·120	28·3	22·5	1·140	32·5	26·7
081	19·9	14·1	101	24·2	18·4	121	28·5	22·7	141	32·8	27·0
082	20·1	14·3	102	24·4	18·6	122	28·7	22·9	142	33·0	27·2
083	20·3	14·5	103	24·6	18·8	123	28·9	23·1	143	33·2	27·4
084	20·5	14·7	104	24·8	19·0	124	29·1	23·3	144	33·4	27·6
085	20·7	14·9	105	25·0	19·2	125	29·3	23·5	145	33·6	27·8
086	20·9	15·1	106	25·2	19·4	126	29·5	23·7	146	33 8	28·0
087	21·2	15·4	107	25·5	19·7	127	29·8	24·0	147	34·1	28·3
088	21·4	15·6	108	25·7	19·9	128	30·0	24·2	148	34·3	28·5
089	21·6	15·8	109	25·9	20·1	129	30·2	24·4	149	34·5	28·7
1·090	21·8	16·0	1·110	26·1	20·3	1·130	30·4	24·6	1·150	34·7	28·9
091	22.0	16·2	111	26·3	20·5	131	30·6	24·8	151	34·9	29·1
092	22·2	16·4	112	26·5	20·7	132	30·8	25·0	152	35·1	29·3
093	22·4	16·6	113	26·7	20·9	133	31·0	25·2	153	35·4	29·6
094	22·7	16·9	114	26·9	21·1	134	31·3	25·5	154	35·6	29·8
095	22·9	17·1	115	27·2	21.4	135	31·5	25·7	155	35·8	30·0
096	23·1	17·3	116	27·4	21·6	136	31·7	25·9	156	36·0	30·2
097	23·3	17·5	117	27·6	21·8	137	31·9	26·1	157	36·2	30·4
098	23·5	17·7	118	27·8	22·0	138	32·1	26·3	158	36·4	30·6
099	23·7	17·9	119	28·0	22·2	139	32·3	26·5	159	36·6	30·8

Da einerseits in den Kartoffeln immer lufterfüllte Hohlräume in wechselnden Mengen vorkommen, die einen Einfluss auf die Höhe des specifischen Gewichts ausüben, andrerseits die für die Aufstellung obiger Tabelle verwendeten Stärkebestimmungen nach einer keineswegs als vorwurfsfrei anzusehenden Methode ausgeführt wurden, so ist nach Märcker[1]) die Fehlergrenze der Schätzung des Stärkegehalts der Kartoffel nach dem specifischen Gewicht keine kleine, und man darf höchstens hoffen, den Stärkegehalt auf ± 1 % genau danach zu finden; d. h. eine Kartoffel, die nach dem specifischen Gewicht zu 23 % Stärke eingeschätzt wird, kann in Wirklichkeit 22 oder 24 % enthalten, ja man darf sich nicht wundern, wenn in einzelnen Fällen Abweichungen von ± 2 % und gelegentlich sogar darüber vorkommen.

[1]) Handbuch der Spiritusfabrikation. VII. Aufl., S. 114.

Bei der Benutzung der Tabelle, die eigentlich für den Spiritusfabrikanten berechnet ist, muss ferner beobachtet werden, dass die Bestimmung der Stärke nach dem specifischen Gewicht nicht den wahren Stärkegehalt, sondern wiederum nur den sich aus Stärke und anderen Kohlehydraten, namentlich Zucker, zusammensetzenden Stärkewerth angiebt. Deshalb muss der Stärkefabrikant, wenn er von vorstehender Tabelle Gebrauch macht, von dem darin angegebenen Stärkegehalt eine dem durch Bestimmung des specifischen Gewichts mit bestimmten Zucker entsprechende Stärkemenge in Abzug bringen, für welche nach Saare ein Mittelwerth von 1,5 % anzusetzen ist.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper kann auf indirektem oder direktem Wege geschehen.

Bei der indirekten Bestimmung wird das specifische Gewicht einer Flüssigkeit demjenigen des festen Körpers gleich gemacht, und dann das specifische Gewicht der Flüssigkeit durch Aräometer oder auf irgend eine andre Weise bestimmt. Auf ihr beruht die Untersuchungsmethode von Kroker. Es wird eine grössere Anzahl Kartoffeln (20 — 30) in ein zum Theil mit Wasser gefülltes, cylindrisches Glas gebracht und von einer koncentrirten Salzlösung unter Umrühren so lange hinzugefügt, bis etwa $^1/_3$ der Kartoffeln zu Boden sinkt, $^1/_3$ in der Flüssigkeit schwimmt und $^1/_3$ an der Oberfläche schwebt. Hierauf bestimmt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit, dem also das specifische Gewicht der Kartoffeln entspricht, und liest aus der obigen Tabelle den Stärkegehalt ab. Man kann auch so verfahren, dass man eine Anzahl Gefässe mit Salzlösungen verschiedener Koncentrationen nebeneinander aufstellt, und die zu prüfenden Kartoffeln nacheinander in die verschiedenen Lösungen bringt, bis man die dem specifischen Gewicht der Kartoffeln entsprechende Koncentration findet. Im Ganzen ist diese Methode ziemlich umständlich und sie liefert wenig zuverlässige Resultate.

Zu genaueren Resultaten führt die Bestimmung des specifischen Gewichts auf direktem Wege.

Das specifische Gewicht eines Körpers wird nach der bekannten Formel

$$s = \frac{g}{v}$$

gefunden, indem man das absolute Gewicht (g) desselben durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser (v) dividirt. Es kommt also bei dieser Bestimmung darauf an, festzustellen, wie viel das einer gewogenen Menge Kartoffeln gleiche Volumen Wasser wiegt.

Dies geschieht nach Stohmann mittels des von ihm konstruirten, in Fig. 59 und 60 abgebildeten Apparates auf folgende Weise: Man füllt einen etwa 3 Liter haltenden Glascylinder unter Anwendung genau

justirter Maassgefässe mit Wasser, bis die von einer über den Cylinder gelegten Brücke herabreichende feine Metallspitze den Wasserspiegel gerade berührt. Wenn man die letzte Wassermenge vorsichtig aus einer graduirten Bürette zufliessen lässt, so hält es nicht schwer, diesen Punkt genau zu treffen. Die Menge des in den Cylinder gelassenen Wassers wird notirt, der Cylinder dann geleert und sorgfältig getrocknet. Hierauf wägt man genau 1000 g Kartoffeln ab, thut sie in den Cylinder und füllt abermals bis zur Nadelspitze mit Wasser auf. Der Wenigerverbrauch an Wasser entspricht dem Volumen des durch die Kartoffeln

Fig. 59.

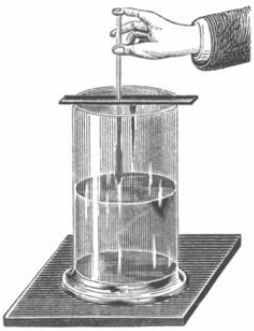
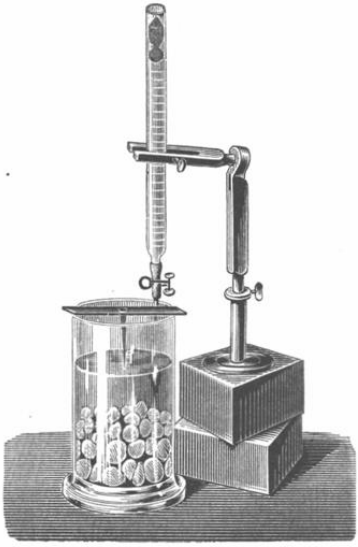


Fig. 60.



verdrängten Wassers, und die Anzahl der Kubikcentimeter des letzteren drückt das Gewicht desselben in Grammen aus.

Es enthalte z. B. der bis zur Spitze mit Wasser gefüllte

Cylinder leer (ohne Kartoffeln)	= 2950 ccm
mit 1000 g Kartoffeln	= 2049 -
so ist das Volumen des durch die Kartoffeln verdrängten Wassers	= 901 ccm.

Mithin ist das specifische Gewicht der Kartoffeln $= \frac{1000}{901} = 1{\cdot}109$, und diesem entspricht nach der Tabelle auf Seite 371 ein Stärkewerth von 20,1 %. Wenn die Bestimmung mit Sorgfalt ausgeführt wird, wenn man namentlich darauf achtet, dass die Kartoffeln gut gereinigt sind, und sich an dieselben im Wasser keine Luftblasen ansetzen, so liefert sie sehr genaue Resultate.

Eine andere Bestimmung des specifischen Gewichts beruht bekanntlich auf dem Archimedischen Princip, nach welchem ein Körper in einer Flüssigkeit so viel von seinem Gewicht verliert, als die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt. Wägt man also die Kartoffeln erst in Luft und darauf in Wasser, so ist die Differenz der Gewichte, welche angiebt, wieviel die durch das Volumen der Kartoffeln verdrängte Wassermenge wiegt, das Volumgewicht der Kartoffeln, und man findet das specifische Gewicht derselben, wenn man ihr absolutes Gewicht durch das Differenzgewicht (Volumgewicht) dividirt. Es sollen z. B. 5000 g Kartoffeln unter Wasser nur 525 g wiegen, so haben sie von ihrem Gewicht also 5000 — 525 = 4475 g verloren. Sonach ist das specifische Gewicht der Kartoffeln:

$$s = \frac{g}{v} = \frac{5000}{4475} = 1{\cdot}117$$

und der Stärkewerth nach der Tabelle auf S. 371 = 21,8 %.

Um die zu dieser Bestimmung nöthigen Wägungen schnell und sicher ausführen zu können, dienen verschiedene, besonders für diesen Zweck eingerichtete Waagen.

Unter ihnen ist diejenige von Fesca die älteste. Sie zeigt an, wieviel das durch die Kartoffeln verdrängte Wasser wiegt, und aus der ihr beigegebenen Tabelle kann man unmittelbar aus dem Gewichte des verdrängten Wassers den Stärkewerth der Kartoffeln ersehen.

Die später von Hurtzig, Schwarzer und Reimann konstruirten Waagen geben dagegen an, wieviel die Kartoffeln selbst unter Wasser wiegen.

Am weitesten verbreitet ist die in Fig. 61 abgebildete Reimann'sche Kartoffelwaage. Sie ist eine Decimalwaage, die an dem längeren Arm des Waagebalkens eine Gewichtsschale und an dem kürzeren zwei übereinander hängende Drahtkörbe zur Aufnahme der zu prüfenden Kartoffeln trägt, und wird auf dem Bügel des dazu gehörigen Wasserbehälters mittels einer Schraubenmutter befestigt.

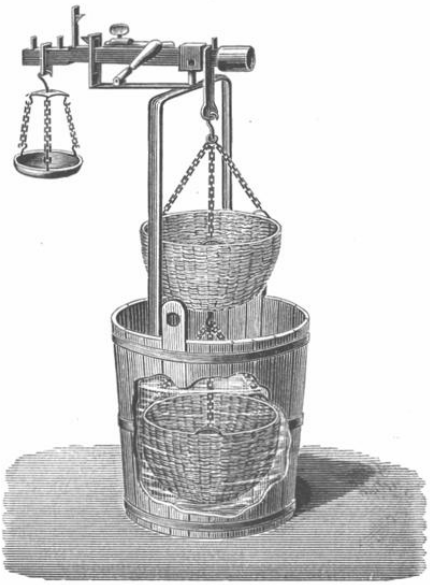
Die Bestimmung wird mit dieser Waage folgendermaassen ausgeführt:

Man füllt zunächst den Bottich mit destillirtem Wasser, oder reinem Regenwasser von 14° Réaumur oder 17,5° Celsius so weit an, dass der untere, frei schwebende Korb ganz von demselben bedeckt ist, und stellt dann die Waage vermittelst des oberhalb des Waagebalkens angebrachten Schiebegewichts ein. Hierauf wägt man in dem oberen Korbe genau 5 kg der zu untersuchenden Kartoffeln ab, bringt sie alsdann in den unteren, im Wasser befindlichen Korb und bestimmt ihr Gewicht unter Wasser.

Aus der beigefügten, Märckers Handbuch der Spiritusfabrikation entnommenen Tabelle liest man alsdann den dem Gewicht der Kartoffeln in Wasser entsprechenden Stärkewerth ab. Jedoch müssen natürlich auch hier für die Zwecke der Stärkefabrikation von den angegebenen Zahlen für den Stärkewerth 1,5 % in Abzug gebracht werden.

Bei der Ausführung der Bestimmung dürfen folgende Vorsichtsmaassregeln nicht ausser acht gelassen werden, wenn genaue Resultate erhalten werden sollen.

Fig 61.



1. Das zur Bestimmung verwendete Wasser soll womöglich destillirtes (Kondenswasser) oder Regenwasser sein, da sich aus Brunnenwasser leicht kohlensaurer Kalk abscheidet, der durch Ansetzen an die Ketten und den Korb das Gewicht der letzteren verändern kann.

2. Die Temperatur des Wassers muss 14° R. = 17,5° C. betragen, da die Tabellen für diese Temperatur ermittelt sind. Auch die Kartoffeln müssen eine gleiche Temperatur haben.

3. Der untere Korb soll vollständig frei schweben und vor dem Wägen der Kartoffeln unter Wasser und nach demselben gleich tief ins Wasser tauchen, weil sonst die Ketten sich bald mehr bald weniger unter Wasser befinden, wodurch natürlich Gewichtsdifferenzen entstehen. Man erreicht dies am sichersten, wenn man den Bottich mit einem Ausflussrohr versieht. Hat man beim Einstellen der Waage den Bottich bis zum Ausflussrohr gefüllt, so fliesst beim Einbringen der Kartoffeln in den unteren Korb das verdrängte Wasser ab, so dass das Niveau des Wassers immer gleich hoch bleibt. Als sehr praktisch hat es sich erwiesen, die Ketten durch zwei Drähte zu ersetzen. Der eine derselben verbindet zwei gegenüberliegende Punkte des Korbrandes und ist in der Mitte mit einer Oese versehen, in welcher der zweite, in einen Haken zum Anhängen endende Draht befestigt wird.

4. Zur Bestimmung sollten möglichst mindestens 5 kg Kartoffeln verwendet werden, da bei der grossen Verschiedenheit auch der unter ganz gleichen Verhältnissen gewachsenen Kartoffeln eine kleinere

Tabelle zur Bestimmung des Stärke- und Trockengehaltes der Kartoffeln nach dem specifischen Gewicht mit Reimann's Waage.

Gewicht der Kartoffeln unter Wasser bei Anwendung von:				Gehalt an Trockensubstanz	Gehalt an Stärkemehl	Gewicht der Kartoffeln unter Wasser bei Anwendung von:				Gehalt an Trockensubstanz	Gehalt an Stärkemehl
2500 g Kartoffeln	7500 g Kartoffeln	10 000 g Kartoffeln	5000 g Kartoffeln	%	%	2500 g Kartoffeln	7500 g Kartoffeln	10 000 g Kartoffeln	5000 g Kartoffeln	%	%
187·5	562·5	750	375	19·7	13·9	267·5	802·5	1070	535	28·3	22·5
190	570	760	380	19·9	14·1	270	810	1080	540	28·5	22·7
192·5	577·5	770	385	20·3	14·5	272·5	817·5	1090	545	28·9	23·1
195	585	780	390	20·5	14·7	275	825	1100	550	29·1	23·3
197·5	592·5	790	395	20·9	15·1	277·5	832·5	1110	555	29·3	23·5
200	600	800	400	21·2	15·4	280	840	1120	560	29·5	23·7
202·5	607·5	810	405	21·4	15·6	282·5	847·5	1130	565	29·8	24·0
205	615	820	410	21·6	15·8	285	855	1140	570	30·2	24·4
207·5	622·5	830	415	22·0	16·2	287·5	862·5	1150	575	30·4	24·6
210	630	840	420	22·2	16·4	290	870	1160	580	30·6	24·8
212·5	637 5	850	425	22·4	16·6	292·5	877·5	1170	585	30·8	25·0
215	645	860	430	22·7	16·9	295	885	1180	590	31·3	25·5
217·5	652·5	870	435	22·9	17·1	297·5	892·5	1190	595	31·5	25·7
220	660	880	440	23·3	17·5	300	900	1200	600	31·7	25·9
222·5	667·5	890	445	23·5	17.7	302·5	907·5	1210	605	32·1	26·3
225	675	900	450	23·7	17·9	305	915	1220	610	32·3	26·5
227·5	682·5	910	455	24·0	18·2	307·5	922·5	1230	615	32·5	26·7
230	690	920	460	24·2	18·4	310	930	1240	620	33·0	27·2
232·5	697·5	930	465	24·4	18·6	312·5	937·5	1250	625	33·2	27·4
235	705	940	470	24·8	19·0	315	945	1260	630	33·4	27·6
237·5	712·5	950	475	25·0	19·2	317·5	952·5	1270	635	33·8	28·0
240	720	960	480	25·2	19·4	320	960	1280	640	34·1	28·3
242·5	727·5	970	485	25·5	19·7	322·5	967·5	1290	645	34·3	28·5
245	735	980	490	25·9	20·1	325	975	1300	650	34·5	28·7
247·5	742·5	990	495	26·1	20·3	327·5	982·5	1310	655	34·9	29·1
250	750	1000	500	26·3	20·5	330	990	1320	660	35·1	29·3
252·5	757·5	1010	505	26·5	20·7	332·5	997	1330	665	35·4	29·6
255	765	1020	510	26·7	20·9	335	1005	1340	670	35·8	30·0
257·5	772·5	1030	515	26·9	21·1	337·5	1012·5	1350	675	36·0	30·2
260	780	1040	520	27·2	21·4	340	1020	1360	680	36·2	30·4
262·5	787·5	1050	525	27·4	21·6	342·5	1027·5	1370	685	36·4	30·6
265	795	1060	530	28·0	22·2						

Menge keinen Anhalt zur Beurtheilung eines grösseren Postens geben würde.

5. Die Kartoffeln müssen sorgfältig gewaschen und mit einer scharfen Bürste gereinigt und hiernach wieder, am besten durch Abreiben mit einem Tuche, abgetrocknet werden.

6. Faule, kranke, unreife, verschrumpfte, stark gekeimte und sonst unnormale Knollen sind von der Bestimmung auszuschliessen, da die Tabellen nur für gesunde Kartoffeln zutreffend sind. Bei trockenfaulen Kartoffeln können die faulen Stellen ausgeschnitten werden. Knollen, die infolge innerer Hohlräume auf dem Wasser schwimmen, dürfen gleichfalls nicht verwendet werden. Hart gefrorene Kartoffeln lässt man nach Saare am besten in angewärmtem Wasser aufthauen, wobei der Schmutz abfällt, wägt sie nass schnell in dem oberen Korb und dann unter Wasser. Nach Abzug von 1 % Stärke erhält man ein genügend genaues Resultat.

7. Die sich an die im Wasser befindlichen Kartoffeln ansetzenden Luftblasen sind durch Schütteln oder ruckweises Auf- und Abbewegen des Korbes zu entfernen. Aendert sich hiernach das Gewicht, so ist das Schütteln fortzusetzen, bis das Gewicht konstant bleibt.

B. Untersuchung der Stärke.

Aus welchen Materialien die Stärke auch immer gewonnen worden ist, sie zeigt stets dieselbe chemische Zusammensetzung, so dass man durch chemische Untersuchung den Ursprung einer Stärke nicht nachweisen kann. Vielfach kommen jedoch in der Handelsstärke Reste der Rohmaterialien vor, aus welchen die Stärke gewonnen wurde, so dass man daraus mittels chemischer Reaktionen erkennen kann, welche Stärke man vor sich hat. Diese Reaktionen werden bei der Prüfung der Stärke weniger angewendet. Sie dienen mehr zur Untersuchung von Mehlen, sind aber im Allgemeinen auch hierbei nicht immer zuverlässig.

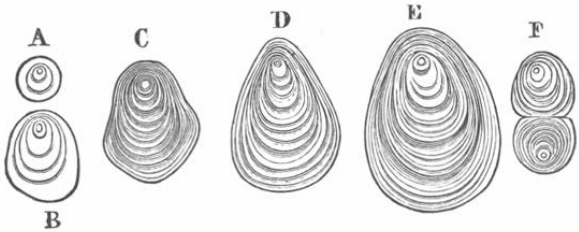
Nur zwei Untersuchungsmethoden mögen hier erwähnt werden, die in der Praxis wohl in Anwendung kommen. Die erste ist die Methode von Böttger[1]), nach welcher man kleberhaltige Stärke neben kleberfreier Stärke (Kartoffelstärke, Arrowroot) erkennen kann. Man erhitzt 1 g Stärke mit 180 ccm Wasser zum Sieden und rührt den Kleister kräftig mit einem Glasstabe um. Enthält die Stärke Kleber, auch nur die geringsten Mengen, so bildet sich ein Schaum, der bestehen bleibt, wenn das Sieden aufhört; enthält sie keinen Kleber, so vergeht er dagegen, sobald das Kochen nachlässt. (Der Klebergehalt kann übrigens auch durch eine Stickstoffbestimmung nachgewiesen werden.) — Die zweite Untersuchungsmethode betrifft die Bestimmung von Arrowroot neben Kartoffelstärke. Es wird 1 Theil Stärke mit 10 Theilen eines Gemisches von 2 Theilen Salzsäure und 1 Theil Wasser 10 Minuten lang geschüttelt; war Arrowroot vorhanden, so lagert sich die Stärke voll-

[1]) Pol. Notizbl. 1869, No. 15.

ständig ab; ist Kartoffelstärke zugegen, so bildet sich eine gallertartige, nach frischen Bohnen riechende Masse.

Die einzig sichere Methode zur Nachweisung der verschiedenen Stärkesorten ist die Prüfung derselben mit Hülfe des Mikroskops. Vermöge der charakteristischen Gestalt und der unterschiedlichen Grösse der Körner einzelner Stärkearten gelingt es bei einiger Uebung leicht, die verschiedenen Stärkemehlsorten zu unterscheiden. Indem wir für ein eingehenderes Studium der mikroskopischen Beschaffenheit der verschiedenen Stärkesorten auf Nägeli's „die Stärkekörner", auf J. Wiesner, „technische Mikroskopie", und auf die Arbeit über „Stärke" von A. Tschirch in der „Real-Encyklopädie der gesammten Pharmacie" verweisen, lassen wir hier eine aus Märcker's Handbuch der Spiritusfabrikation entlehnte, durch Abbildungen illustrirte Beschreibung nur der am häufigsten vorkommenden Stärkearten nach J. Wiesner folgen.

Fig. 62.



Vergr. 300 Mal. Kartoffelstärke. A—E einfache Stärkekörner; A junges unentwickeltes Korn; B—E entwickelte Körner; F zusammengesetztes Korn.

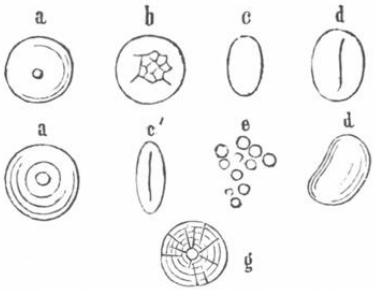
1. Die Stärkekörner der Kartoffel sind eiförmig, im Querschnitt kreisrund, oft regelmässig konturirt. Nur die noch jungen, unentwickelten, noch keinen ausgeprägten Schichtenbau besitzenden Körner sind kugelig. Der Kern ist excentrisch und liegt beinahe immer am schmalen Kornende. Die ebenfalls excentrischen Schichten sind zahlreich und meist deutlich ausgeprägt; einige von ihnen treten stets mit auffälliger Schärfe hervor (Fig. 62).

2. Die Stärkekörner von Roggen, Weizen und Gerste zeigen eine so grosse Uebereinstimmung unter einander, dass sie nur auf Grund der sorgfältigsten mikroskopischen Messungen von einander zu unterscheiden sind; dagegen haben sie ein so ausgedrücktes gemeinsames Gepräge, dass sie mit Leichtigkeit von allen anderen Stärkesorten zu unterscheiden sind. Die Körner sind von zweierlei Grösse; man findet grosse und kleine Körner, ohne dass jedoch solche von mittlerer Grösse vorhanden wären. Die grossen Körner sind von linsenförmiger, die kleinen von kugeliger, manchmal polyedrischer Gestalt. Sie sind

entweder ungeschichtet, oder zeigen nur wenige Schichten und lassen selten direkt einen Kern erkennen; wohl aber wird der Ort des Kernes häufig durch einen oder einige weniger schwach erscheinende Risse angedeutet. Die kleinen Körner erscheinen stets ungeschichtet; an Stelle des Kernes steht meist eine lufterfüllte Höhle. (Fig. 63).

Zur Unterscheidung der drei Stärkemehlarten dieser Gruppe führt Wiesner an, dass sich die kleinen Stärkekörner der Gerste beim Liegen im Wasser fast durchweg in einer Molekularbewegung befinden (durcheinander wirbelnd), von denen des Weizens hingegen nur ein Theil, nämlich jene, die dem unteren Grössenwerthe 0,0022 mm nahe kommen. In der Weizen- und Roggenstärke kommen ziemlich gleiche Mengen kleiner Körner auf eine gewisse Menge grösserer, in der Gerstenstärke

Fig. 63.



Vergr. 300 Mal. Weizenstärke. a—d grosse, e kleine Körner; a b von der Fläche, c c′ von der Seite gesehene Körner; b Korn mit netzförmigen Eindrücken, von den kleinen Körnern herrührend, c′ d′ Körner mit spaltenförmigen, durch den Kern durchgehenden Rissen.

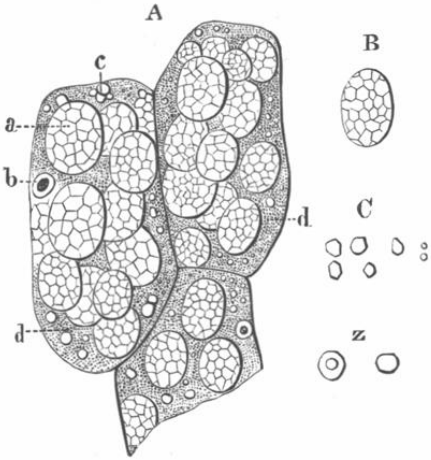
ist die Menge der kleinen Körner eine relativ grössere. Wiesner nimmt jedoch Anstand hierüber Zahlen zu geben.

3. Die Haferstärke besteht zum Theil aus zusammengesetzten Körnern; in der Mehrzahl sind 20—70 Theilkörner (nach Nägeli selbst bis zu 300) zu einem ellipsoiden Konglomerat verbunden. Jedes Theilkorn ist polyedrisch, meist unregelmässig drei- bis sechseckig. Die einfachen Körner unterscheiden sich deutlich von den Theilkörnern; sie haben eine runde oder tonnenförmige, niemals polyedrische Gestalt, da sie nie Bruchkörner sind. (Fig. 64).

4. Die Reisstärke besteht ebenfalls aus zusammengesetzten und einfachen Körnern (Fig. 65). Die zusammengesetzten Körner bestehen aus 2 bis 100 Theilkörnern. Jedes Theilkorn ist polygonal begrenzt, meist fünf- oder sechseckig, hin und wieder dreiseitig und führt an Stelle des Kerns eine grosse polygonale, manchmal sternförmige Höhle. Die einfachen Stärkekörner der Reisstärke sind von Theilkörnern der zusammengesetzten Körner in keinerlei Weise zu unterscheiden. In den

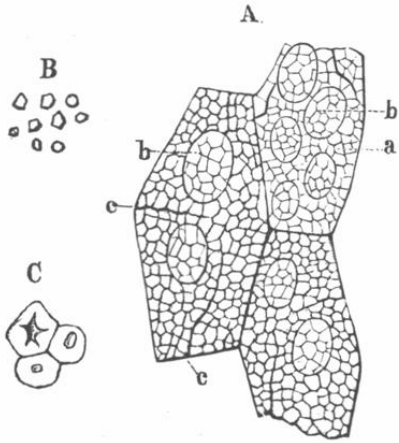
Zellen liegen die einfachen Körner dicht gedrängt neben einander, den von den zusammengesetzten Stärkekörnern freigelassenen Raum dicht

Fig. 64.



Vergr. 300 Mal. A stärkeführende Zelle aus dem Sameneiweiss des Hafers, a echt zusammengesetztes Stärkekorn, b c einfache Stärkekörner, d Protoplasmareste. B zusammengesetztes Korn. C Theilkörner. Z einfache Körner. C und Z etwas stärker vergrössert.

Fig. 65.



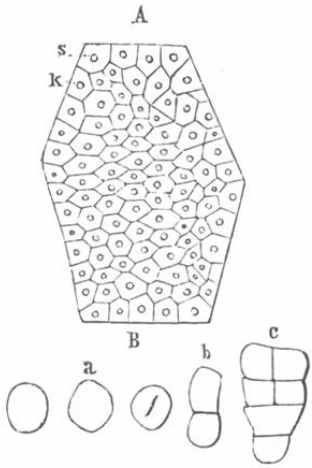
Vergr. A, B 300 Mal. A Zellen aus dem Reiskorn. a unecht zusammengesetzter Stärke, b echt zusammengesetztes Stärkekorn, c Risse durch Eintrocknung des Gewebes hervorgerufen. B einzelne Körner von a und b. C dieselben stärker vergrössert.

erfüllend, und bilden so unecht zusammengesetzte Körnergruppen, die beim Zerfallen Bruchkörner geben.

5. Die Stärkekörner des Mais sind einfache, zusammengesetzte

oder Bruchkörner. Im äusseren hornigen Theile des Maiskornes liegen die Körner dicht gedrängt neben einander, zu unechten Körnern verbunden. Im inneren, mehligen Theile ist die Mehrzahl der Körner einfach; einige wenige sind echt zusammengesetzt und bestehen dann aus 2—7 Theilkörnern. Die einfachen Körner sind rund und zwar kugelig oder ellipsoidisch, die Bruch- und zusammengesetzten Körner hingegen gerade und polyedrisch abgeplattet, sonst stimmen alle Körner im Bau überein. Die meisten Stärkekörner zeigen einen Kern; die trockenen sind von radialen, vom Kern ausgehenden Rissen durchsetzt. Schichten sind im unveränderten Korne nur hin und wieder zu sehen (Nägeli). Wiesner sah dieselben nicht (Fig. 66).

Fig. 66.



Vergr. 300 Mal. A stärkeführende Zelle aus dem hornigen Theile des Maiskornes. s einzelnes Stärkekorn, k Kern. B a einfache, b und c echt zusammengesetzte Stärkekörner aus dem mehligen Theile des Maiskornes.

Für die Bestimmung der im Handel vorkommenden Stärkesorten mögen ausserdem besonders empfohlen werden die für diesen Zweck zusammengestellten Tabellen über Form und Grössenverhältnisse der verschiedenen Stärkearten von A. Tschirch (in der oben erwähnten Arbeit) und von August Vogl, wie sie in L. v. Wagners Stärkefabrikation mitgetheilt werden.

Die Grösse der Körner wird entweder mittels des Mikrometers bestimmt oder nach der sehr sicheren Wägungsmethode von Schön. Man verfährt nach derselben wie folgt: Es wird eine kleine Menge trockenen Stärkemehls unter das Mikroskop gebracht, und die Vergrösserung so eingerichtet, dass 20 Körnchen im Gesichtspunkte wahrgenommen werden. Die Umrisse derselben zeichnet man mittels eines Zeichenapparates auf

Papier, dann verschiebt man den Objektträger, um eine neue Anzahl von Stärkekörnern abzuzeichnen und wiederholt dies bis man 100 Bilder hat; diese werden mit der Scheere sorgfältig ausgeschnitten, gewogen, und das Gewicht durch 100 dividirt. Man hat dann das Mittelgewicht eines Stärkebildes. Ausserdem wägt man ein kreisrundes Stück desselben Papiers von bekanntem Durchmesser und kann nun den Durchmesser eines Papierstärkebildes und, wenn man die Vergrösserung in Rechnung zieht, den Durchmesser des Stärkekorns bestimmen.

Ueber die Grössenverhältnisse der Stärkekörner wird von Märcker nach Wiesner's Angaben folgende Zusammenstellung gegeben:

	Kleine Körner		Grosse Körner	
	Grenzwerthe	Häufigster Werth	Grenzwerthe	Häufigster Werth
Gerste	0·0016—0·0064	0·0046 mm	0·0108—0·0328	0·0203 mm
Weizen	0·0022—0·0082	0·0022 -	0·0111—0·0410	0·0282 -
Roggen	0·0022—0·0090	0·0063 -	0·0144—0·0475	0·0369 -
	Einzelne Körner		Zusammengesetzte Körner	
Kartoffeln	0·060 —0·100	0·070 mm	—	—
Hafer	0·003 —0·011	0·008 -	0·014 —0·054	0·031 mm
Reis	0·003 —0·007	0·005 -	0·018 —0·036	0·022 -
Mais	0·0072—0·0325	0·020 -	—	0·047 -

Ausserdem wurde im Laboratorium des Vereins der Spiritusfabrikanten in Deutschland gefunden, als:

Mittlerer Durchm. der	Küstriner Stärke B.K.M.F. . . .	= 0,0355 mm
- - -	Primastärke (Genthin)	= 0,0328 -
- - -	Prima-Abfallstärke (Genthin) . .	= 0,0210 -
- - -	Sekundastärke (Genthin)	= 0,0169 -
- - -	bei der Gewinnung der Sekundastärke von der letzten Fluthe . .	= 0,0125 -
- - -	und von den Aussenbassins auf die Wiesen fortschwimmenden Körner .	= 0,0080 -

Die Bestimmung des Wassergehaltes der Stärke.

Der Wassergehalt der Stärke ist ein sehr verschiedener. Es enthält die mechanisch von Wasser befreite Kartoffelstärke, die „grüne" Stärke noch etwa 48 — 53 % Wasser. Gute Handelsstärke darf nicht mehr als 20 % Wasser enthalten. Deshalb ist eine direkte Bestimmung des Wassergehaltes nothwendig.

Die sicherste Methode der Wassergehaltsbestimmung ist die, dass man 10 g Stärke in einem verschliessbaren Glasgefäss abwägt, sie erst

eine Stunde bei 40 — 50° C. (ein sofortiges Erhitzen über 60° würde Verkleisterung hervorrufen) und dann 4 Stunden bei genau 120° C. trocknet, im Exsikkator erkalten lässt und wieder wägt. Der Gewichtsverlust giebt mit 10 multiplicirt den Wassergehalt der Stärke in Procenten an. Nach Bondonneau sollen durch Säuren, welche infolge von Gährung oder durch Zusatz bei der Fabrikation in die Stärke gelangt sind, bei dieser Wasserbestimmung Fehler von 2—3 % vorkommen, indem sich beim Trocknen Zucker bildet, welcher $^1/_{10}$ seines Gewichtes an Wasser zurückhält. Dagegen stellte Saare[1]) fest, dass selbst ein Gehalt von 0,1 % Schwefelsäure, wie ihn die Handelsstärke nie haben darf, die Wasserbestimmung nicht beeinträchtigt. Es wird zwar Zucker gebildet, aber in so geringer Menge, dass die von ihm zurückgehaltene Wassermenge nicht in Betracht kommt. Da aber die Zuckerbildung durch den von Bondonneau empfohlenen Zusatz von Ammoniak keineswegs gehindert wird, so ist derselbe unnütz, um so mehr als er die Trocknung um viele Stunden verzögert.

Da diese absolut beste und sicherste Methode der Wasserbestimmung für die Praxis zu viel Zeit in Anspruch nimmt, so hat man andere Methoden ersonnen, welche es gestatten, den Wassergehalt möglichst schnell mit einer für die Technik genügenden Genauigkeit zu bestimmen.

Die Methode von Scheibler[2]) beruht auf der Beobachtung, dass bei einer Mischung von 1 Theil Stärke mit 11,4 % Wassergehalt mit 2 Theilen Alkohol von 90 Volumprocent (spec. Gew. = 0,8339) beide Substanzen unverändert bleiben, während feuchtere Stärke an Alkohol Wasser abgiebt, trocknere dem Alkohol Wasser entzieht.

Zur Ausführung der Bestimmung werden 41,7 g Stärke in ein mit Glasstopfen zu verschliessendes Glas gewogen und mit 100 ccm Alkohol von 90° Tr. übergossen. Unter öfterem Nachschütteln lässt man dasselbe 1 Stunde stehen, filtrirt durch ein trockenes Filter und bestimmt das specifische Gewicht des Filtrats. Den Wassergehalt der Stärke liest man alsdann in der von Scheibler berechneten nachstehenden Tabelle ab.

Scheibler hat auch ein Aräometer konstruirt, an welchem man den Wassergehalt direkt ablesen kann.

---

[1]) Z. Spiritusind. 1884, S. 595.

[2]) Dingl, 192, 504.

Wassergehalt des Stärkemehles %	Grade Tralles	Spec. Gewicht des Alkohols	Wassergehalt des Stärkemehles %	Grade Tralles	Spec. Gewicht des Alkohols	Wassergehalt des Stärkemehles %	Grade Tralles	Spec. Gewicht des Alkohols
0	93·3	0·8226	22	86·4	0·8455	44	79·7	0·8643
1	93·1	0·8234	23	86·1	0·8465	45	79·5	0·8651
2	92·9	0·8243	24	85 8	0·8474	46	79·2	0·8658
3	92·6	0·8253	25	85·5	0·8484	47	78·9	0 8665
4	92·3	0·8262	26	85·2	0·8493	48	78·6	0·8673
5	92·0	0·8271	27	84·9	0·8502	49	78·4	0·8680
6	91·7	0·8281	28	84·6	0·8511	50	78·1	0 8688
7	91·4	0·8291	29	84·3	0·8520	51	77·8	0·8695
8	91·2	0·8300	30	84·0	0·8529	52	77·5	0·8703
9	90·9	0·8311	31	83·7	0·8538	53	77·3	0·8710
10	90·5	0·8323	32	83·4	0·8547	54	77·1	0·8716
11	90·1	0·8335	33	83·1	0·8555	55	76·8	0·8723
12	89·8	0·8346	34	82·8	0·8563	56	76·5	0·8731
13	89·5	0·8358	35	82·5	0·8571	57	76·3	0·8738
14	89·1	0·8370	36	82·2	0·8579	58	76 0	0·8745
15	88 7	0 8382	37	81·9	0·8587	59	75·7	0·8753
16	88·3	0·8394	38	81·6	0·8595	60	75·4	0·8760
17	88·0	0·8405	39	81·3	0·8603	61	75·2	0·8767
18	87·7	0·8416	40	80·9	0·8612	62	74·9	0·8775
19	87·4	0·8426	41	80·6	0·8620	63	74·6	0·8783
20	87·1	0·8436	42	80·3	0·8627	64	74·3	0·8791
21	86·7	0·8446	43	80·0	0·8635	65	74·0	0·8798

Die Wasserbestimmungsmethode von Saare[1]).

Nach Saares Untersuchungen ist das specifische Gewicht der absolut trockenen Stärke immer gleich 1,65 d. h. 1 ccm Stärke = 1,65 g. Wenn aber 1,65 g Stärke einen Raum von 1 ccm einnehmen, so nehmen 100 g Stärke den Raum von $\frac{100}{1,65} = 60,60$ ccm ein. Füllt man nun 100 g trockener Stärke in einen 250 ccm fassenden Messkolben, so gebraucht man, um bis zur Marke aufzufüllen, 250—60,60 ccm oder 189,40 ccm oder g Wasser, und der Inhalt des Kolbens wiegt dann 289,40 g. Nimmt man aber an, dass die Stärke nicht trocken ist, sondern 20 % Wasser enthält, so würden, da in 100 g 80 g trockener Stärke sind, welche einen Raum von $\frac{80}{1,65} = 48,5$ ccm einnehmen, die 100 g zu prüfender Stärke

[1]) Saare, Fabrikation der Kartoffelstärke, S. 509.

einen Raum von 48,5 + 20 ccm = 68,5 ccm ausfüllen. Man würde also, um bis zur Marke aufzufüllen, 250 — 68,50 = 181,5 ccm oder g Wasser brauchen, und der Inhalt des Kolbens würde nun 100 g + 181,5 g = 281,5 g wiegen; daraus folgt, dass das Gewicht des Kolbens um so geringer sein wird, je grösser der Wassergehalt ist.

Die Bestimmung wird folgendermaassen ausgeführt. 100 g Stärke werden in einer Porzellanschale abgewogen, mit destillirtem Wasser zu einer Milch angerührt und in einen 250 ccm fassenden Kolben von bekanntem Gewicht gespült, dann wird bei 17,5° C. bis zur Marke aufgefüllt und der Kolben gewogen. Von dem Gewicht wird das des Kolbens abgezogen und der dem nun erhaltenen Gewicht entsprechende Stärkegehalt aus der folgenden Tabelle von Saare abgelesen.

Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %	Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %	Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %	Gefundenes Gewicht g	Wassergehalt der Stärke %
289·40	0	283·10	16	277·20	31	271·25	46
289·00	1	282·70	17	276·80	32	270·90	47
288·60	2	282·30	18	276·40	33	270·50	48
288·20	3	281·90	19	276·00	34	270·10	49
287·80	4	281·50	20	275·60	35	269 70	50
287·40	5	281·10	21	275·20	36	269·30	51
287·05	6	280·75	22	274·80	37	268·90	52
286·65	7	280·35	23	274·40	38	268·50	53
286·25	8	279 95	24	274·05	39	268·10	54
285·85	9	279·55	25	273·65	40	267·75	55
285·45	10	279·15	26	273·25	41	267·35	56
285·05	11	278·75	27	272·85	42	266·95	57
284·65	12	278·35	28	272·45	43	266 55	58
284·25	13	277·95	29	272 05	44	266·15	59
283·90	14	277·60	30	271·65	45	265·75	60
283·50	15						

Die auf diese Weise ausgeführte Bestimmung giebt auf halbe Procente richtige Resultate. Genauer werden dieselben noch, wenn man den Kolben nach dem ungefähren Auffüllen $^1/_2$ Stunde in einem grösseren Gefäss mit Wasser von 14° R. stehen lässt, und erst dann bis zur Marke auffüllt. Die Methode ist nur für die Untersuchung von Kartoffelstärke verwendbar.

Erwähnt werden mag endlich noch die von Bloch[1]) angegebene, mittels des von ihm konstruirten Apparates, des Fekulometers, aus-

[1]) Dingl, 211, 397.

zuführende Bestimmungsmethode, die ebenfalls, wie dies der Name schon andeutet (fécule = Kartoffelstärke), nur für Kartoffelstärke berechnet ist. Sie basirt auf der Annahme, dass 10 g absolut trockener Stärke mit Wasser aufgerührt nach dem Absitzen immer den gleichen Raum von 17,567 ccm einnehmen. Enthält also die Stärke Wasser, so werden 10 g nicht mehr so viel Wasser aufnehmen, also einen entsprechend kleineren Raum nach dem Absitzen ausfüllen. Das Fekulometer liefert nach Bondonneau bei Stärke von guter Beschaffenheit gute Resultate, dagegen sehr schlechte, unzuverlässige bei Stärke, welche in Gährung gekommen ist oder Verunreinigungen enthält. Nach Saare[1]) ist das Grundprincip, auf welchem der Apparat aufgebaut ist, falsch, da das Volumen, welches absolut trockene Stärke mit Wasser gemischt einnimmt, nicht immer gleich ist, sondern dies von der Grösse der Körner abhängt. Ausserdem müssen schon geringe Verunreinigungen ein verschiedenes Absitzen der Stärke verursachen. Bei Primastärke giebt das Instrument in der Regel 3 bis 4 % Wasser zu viel an, bei Stärke mit viel Stippen und verkleisterten Stärkekörnern viel zu wenig; es ist deshalb zur Untersuchung ungeeignet und nicht zu empfehlen.

Prüfung der Stärke auf Säure.

Man prüft die Stärke auf Säuregehalt, indem man auf die glatt gestrichene Stärkeprobe 1 bis 3 Tröpfchen einer auf Bordeauxweinfarbe verdünnten gereinigten, neutralen Lakmuslösung bringt. Wird die Stärke zartblau oder dunkelviolett, so ist sie säurefrei, wird sie weinroth, so ist sie sauer und wird sie ziegelroth, so ist sie stark sauer.

Zur Bestimmung der Säure werden nach Saare 25 g Stärke mit 25—30 ccm Wasser zu einem dicken Brei angerührt und unter starkem Umrühren mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge (1 ccm = 0,004 g SO_3) titrirt. Die Endreaktion ist erreicht, wenn ein Tropfen der Stärkemilch auf mehrfach gefaltetes Filtrirpapier aufgetragen, durch Lakmuslösung nicht mehr roth gefärbt wird. Als Kontrolle dient eine zu ebenso dicker Stärkemilch angerührte, neutral reagirende Stärkeprobe. Wurde beispielsweise bei 25 g Stärke 1,8 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge verbraucht, so sind für 100 g = 7,2 ccm erforderlich. Je nachdem für 100 g Stärke bis 5, bis 8 oder über 8 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge verbraucht werden, ist die Stärke „zart sauer", „sauer" oder „stark sauer".

---

[1]) Z. Spiritusindustrie 1883, S. 898.

Bestimmung der Klebfähigkeit der Stärke.

Je höher die relative Kleisterzähigkeit ist, um so grösser ist die Klebfähigkeit der Stärke. Um die Kleisterzähigkeit zu prüfen, bestimmen Brown und Heron[1]) das Gewicht, welches erforderlich ist, um eine dünne Glasplatte in einen aus 3 g Stärke und 100 ccm Wasser hergestellten Kleister einsinken zu lassen. Dafert[2]) stellt die Zeit fest, welche eine gewisse Kleistermenge von bestimmter Koncentration braucht, um aus einer Kapillarröhre auszufliessen. Thomson[3]) beurtheilt die Zähigkeit nach der Tiefe, bis zu welcher ein aus einer Höhe von 30 cm fallen gelassener Fallkörper in den Kleister eindringt.

Eine mehr praktische Prüfung wird von Schreib[4]) angegeben. Die Stärke wird mit Wasser angerührt zu einer Milch und über einem gewöhnlichen Bunsenbrenner unter stetigem Umrühren fertig gekocht. Sobald der Kleister durchsichtig wird und gleich darauf anfängt aufzuschäumen, entfernt man ihn vom Feuer und rührt noch einige Zeit gut um. Das Kochen darf nicht über eine Minute dauern. Auf diese Art erhielt Schreib sehr gut vergleichbare Resultate. Bei Anwendung von 4 g Stärke auf 50 ccm Wasser soll eine normale Stärke einen nach dem Erkalten festen Kleister geben, der nicht aus dem Schälchen ausfliesst.

Untersuchung auf Verunreinigungen und Verfälschungen des Stärkemehls.

Die Verunreinigungen des Stärkemehls bestehen meist aus Sand oder sogenannten Stippen, welche herrühren von Kohlenstaub, Russ, Staub, Resten von Kartoffelschalen, Pilzmycel, abgestorbenen Algen, Holztheilchen, Fäden von Säcken etc., die Verfälschungen in dem Zusatz einer billigeren Stärkeart zu einer feineren, selten wohl in der Beimischung von Gyps, Kreide und Schwerspath.

Zur Untersuchung auf Verunreinigungen verascht man entweder eine gewogene Menge Stärke, oder man löst sie und prüft den Rückstand. Die Lösung kann entweder, wenn es sich um unlösliche Mineralsubstanzen handelt (Sand) durch Erwärmen mit koncentrirter Salpetersäure erfolgen, oder durch Anwendung eines Malzauszuges nach Verkleisterung der Stärke.

---

[1]) Liebig, Ann. Bd. 199, S. 165.
[2]) Landw. Jahrb. 1896, S. 259.
[3]) Dingl, Bd. 261, S. 88.
[4]) Kalender f. landw. Gewerbe 1899 nach Z. f. angew. Chem. 1888, S. 694.

Um die Art der Stippen festzustellen, betrachtet man den nach dem Verzuckern bleibenden Rückstand etwa bei 300 facher Vergrösserung unter dem Mikroskop.

Um die Anzahl der Stippen zu bestimmen, verfährt man nach Saare wie folgt: Eine Probe der Stärke wird auf Papier ausgebreitet und glatt ausgestrichen. Dann legt man eine kleine Glasplatte von bekanntem Flächeninhalt (z. B. einen Objektträger) auf und zählt die darunter liegenden Stippen, mischt durch, wiederholt die Zählungen mehrmals und nimmt den Durchschnitt. Die Stippenzahl wird dann auf 1 qdcm Fläche umgerechnet.

Die Verfälschungen durch Zusatz von fein gepulverten Mineralsubstanzen sind in dem Rückstand der gelösten Stärke leicht zu erkennen. Um Verfälschungen durch Beimengung einer billigeren Stärkeart festzustellen, bedient man sich am besten des Mikroskops.

C. Die Untersuchung der Abfallprodukte.

Die Abfallprodukte bestehen aus den Rückständen, welche als Futtermittel verwendet werden (Pülpe), und dem Waschwasser, welches theilweise zur Düngung benutzt wird, oft aber auch unbenutzt wegfliesst. Die Untersuchung dieser Produkte auf ihren Nähr- und Düngerwerth gehört nicht hierher. Da aber wegen mangelhafter Leistungsfähigkeit der Sieb- und Auswaschvorrichtungen auswaschbare Stärke mit in die Pülpe übergeht, und bei schlechter Zerkleinerung durch Reibe und Mahlgang oder bei unvollkommener Aufschliessung auf anderem Wege häufig grössere Mengen von Stärke in den nicht zerrissenen oder unvollständig aufgeschlossenen Zellen als gebundene Stärke aufgespeichert bleiben, so ist eine öftere Untersuchung der Pülpe auf Stärke zur Kontrolle der Ausbeute in der Stärkefabrikation durchaus nöthig.

Zur Untersuchung wird 1 kg Pülpe mit einer grossen Menge Wasser durch ein Rosshaarsieb ausgewaschen, das ablaufende Wasser durch feinste Seidengaze gegossen, und die sich aus demselben absetzende Stärke auf einem Filter gesammelt, erst bei 50°, dann bei 120° C. getrocknet und gewogen. Der vollständig ausgewaschene Pülpenrückstand wird getrocknet, und in einem Theil der lufttrockenen Substanz die absolute Trockensubstanz durch etwa vierstündiges Trocknen bei 100 bis 105° C. und nach einer der angeführten Methoden die darin noch enthaltene Stärke bestimmt. Die Gesammttrockensubstanz setzt sich zusammen aus dem gefundenen Trockensubstanzgehalt der ausgewaschenen Pülpe und der gefundenen auswaschbaren Stärke, die Gesammtstärke aus der durch die Analyse gefundenen gebundenen Stärke und der aus-

gewaschenen Stärke. Die Berechnung wird nach folgendem, Saares „die Fabrikation der Kartoffelstärke“ entlehntem Beispiel ausgeführt:

Aus 1000 g Pülpe wurden = 1,9540 g auswaschbare Stärke = 0,195 % erhalten. Die ausgewaschene Pülpe wog lufttrocken 198,9 g = 19,89 %. Es enthielten 100 g frische Pülpe = 19,89 g lufttrockene Substanz und 100 g lufttrockene Substanz = 84,36 g absolute Trockensubstanz. Die frische Pülpe enthielt demnach $\frac{19,89 \times 84,36}{100} = 16,78$ % völlig ausgewaschene, wasserfreie Pülpe und 16,78 + 0,195 = 16,975 % absolute Trockensubstanz. Ferner wurden in 3 g der lufttrockenen ausgewaschenen Pülpe 52,0 % Stärke gefunden. In der wasserfreien Substanz sind also $\frac{52,5 \times 100}{84,36} = 62,23$ %, und in der frischen Pülpe $\frac{62,23 \times 16,78}{100} =$ 10,44 % gebundener Stärke enthalten.

Der Procentgehalt der Pülpetrockensubstanz an gebundener Stärke soll im Allgemeinen 60 % nicht übersteigen, derjenige der Gesammtstärke höchstens 5 % an auswaschbarer Stärke betragen.

D. Die Untersuchung der bei der Stärkefabrikation zur Verwendung kommenden Hilfsrohstoffe.

Hier kommt hauptsächlich das zur Fabrikation benutzte Wasser in Betracht. Dasselbe muss farblos, geruchlos und frei von darin suspendirten Stoffen, auch möglichst frei von Eisenoxydulsalzen sein. Es darf ferner keine Fäulnisserscheinungen aufweisen und auch nicht zu hart sein. Auf alle diese Eigenschaften hin ist demnach ein Wasser, welches in der Stärkefabrikation benutzt werden soll, vor seiner Verwendung zu prüfen. Was die Ausführung der betreffenden Untersuchung anlangt, so giebt hierüber das Kapitel über „Wasseruntersuchung“ Auskunft. Ebenso muss bezüglich der Prüfung der noch etwa zur Verwendung kommenden Chemikalien, Aetzalkalien, Soda, Salzsäure, schweflige Säure, auf ihre Reinheit auf die die Untersuchung dieser Stoffe behandelnden Abschnitte dieses Buches verwiesen werden.