

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1863. Band II.

München.

Druck von F. Straub (Wittelsbacherplatz 3).

1863.

In Commission bei G. Franz.

1333, 2

53 4

2. 1. 1864

Herr Nägeli sprach

„Ueber die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und Zellmembranen.“

Die Untersuchungen über die Reaction des Jod, welche Gegenstand mehrerer früherer Mittheilungen (Sitzung vom 13. Dec. 1862, 14. Febr. und 16. Mai 1863) waren, lassen auch einige Schlüsse über die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und pflanzlichen Zellmembranen zu. Da das Amylum und die Mehrzahl der Zellen aus isomeren Verbindungen zusammengesetzt sind, welche die nämlichen Zersetzungsprodukte liefern, so wurden bisher zur Unterscheidung dieser Verbindungen die verschiedene Löslichkeit und das ungleiche Verhalten gegen Jod als die einzigen Merkmale benutzt, und der jetzige Standpunkt unserer Kenntnisse erlaubt noch keine andere Behandlung.

Die grosse und fast unüberwindliche Schwierigkeit besteht nun aber darin, dass Stärkekörner und Membranen nie ganz ohne fremde Einlagerungen sind, dass die letztern in Quantität und Qualität unzählige Abstufungen und Combinationen zulassen, und dass schon aus diesem Grunde, selbst wenn die Grundlage der Stärkekörner und Membranen die nämliche wäre, Löslichkeit und Jodreaction die mannigfaltigsten Erscheinungen zulassen würden. Desswegen war es nicht gerechtfertigt, wenn Schleiden früher die Behauptung aufstellte, dass die membranbildenden isomeren Verbindungen in zahllosen Modificationen und Abstufungen vorkommen, und ebenso wenig wird der in neuester Zeit gemachte Vorschlag von Frémy, ein halbes Duzend verschiedener Stufen zu unterscheiden, von zwingenden Gründen unterstützt.

Doch muss eingeräumt werden, dass die entgegengesetzte Ansicht von Payen und von Mohl, es bestehe die Grundlage aller Pflanzenzellmembranen aus der nämlichen Verbin-

dung, nämlich aus Cellulose, nicht besser begründet ist. Denn um sie zu dieser Einheit zu führen, müssen manche mit Aetzkalilauge und manche mit Salpetersäure gekocht, viele überdem mit concentrirter Schwefelsäure behandelt werden. Diese Procedures, welche unter dem Titel der Reinigung ausgeführt werden, könnten ebensowohl eine chemische Veränderung, d. h. den Uebergang von verschiedenen isomeren Verbindungen in Cellulose bewirken.

Zu den angeführten Schwierigkeiten kommt noch die hinzu, dass bei den Stärkekörnern und, wie ich zeigen werde, auch bei Zellmembranen, die Substanz aus einer innigen Mischung von zwei isomeren Verbindungen besteht. Wenn es nun auch gelingt, die eine derselben auszuziehen und dadurch die andere allein darzustellen, so ist es bis jetzt doch unmöglich geblieben, die erstere durch Entfernung der zweiten ebenfalls für sich zu erhalten, so dass wir die Vergleichung nur zwischen einem Gemenge zweier Verbindungen und einer derselben bewerkstelligen können.

Um das Maass der Schwierigkeiten voll zu machen, bestehen Stärkekörner und Zellmembranen aus verschiedenen Parteen (Schichten, Streifen), die physikalisch und chemisch ungleich constituirt sind und somit auch den Lösungsmitteln ungleichen Widerstand darbieten. Daraus folgt, dass die Analysen vorzugsweise unter dem Mikroskop ausgeführt werden müssen, da es in keinem Falle möglich ist, eine grössere Menge Substanz zu gewinnen, deren kleinste Parteen die gleiche physikalische und chemische Beschaffenheit haben.

Ich will mich heute auf wenige Fragen beschränken; sie betreffen die Identität der Cellulose in den Stärkekörnern mit derjenigen der Zellmembranen und die Unterscheidung der Granulose und Cellulose.

I. Identität der Cellulose in den Stärkekörnern und Zellmembranen.

Nachdem ich im Jahr 1856 die Entdeckung gemacht und auf der Naturforscherversammlung in Wien veröffentlicht hatte, dass die Stärkekörner aus zwei Verbindungen zusammengesetzt seien, von denen die eine (Granulose) durch Jod sich bläut, die andere (Cellulose) nicht, so machte Melsens im Jahr 1857 (*Institut* 1857 pag. 161) bekannt, es sei ihm gelungen, die durch Jod sich bläuende Substanz durch organische Säuren, Diastase, Pepsin auszuziehen. Ueber den Rückstand sprach er die Vermuthung aus, derselbe bestehe aus einer stickstoffhaltigen und einer der Cellulose verwandten Verbindung. Eine weitere Mittheilung ist von Melsens meines Wissens nicht veröffentlicht worden. Ueber die von demselben erwähnten Lösungsmittel habe ich keine Untersuchungen angestellt; von Mohl wird bemerkt, dass der Versuch, die Stärkekörner mit organischen Säuren zu behandeln, ihm kein günstiges Resultat geliefert habe (*Bot. Zeit.* 1859 p. 226).

So weit es nur die mikroskopische Beobachtung der Körner betrifft, so lässt die Behandlung mit Speichel nichts zu wünschen übrig. Aber es war mir unmöglich, aus grössern Mengen Stärkemehl die Granulose auszuziehen, so dass man den Rückstand für eine makro-chemische Untersuchung hätte verwenden können. Die Schwierigkeit besteht darin, dass die Körner ungleichzeitig angegriffen werden, und dass man nach einiger Zeit neben solchen, die alle Granulose verloren haben, noch solche findet, die ganz unverändert sind. Dem könnte vielleicht abgeholfen werden, wenn durch eine passende Vorrichtung das der constanten Wärme ausgesetzte Gefäss in fortwährender Rotation erhalten würde.

Jedenfalls war es wünschenswerth, noch ein anderes Verfahren zu finden, wodurch man die Granulose aus dem

Stärkemehl, und zwar bei gewöhnlicher Temperatur, ausziehen kann. Ich setzte im December 1861 mehrere Gläser mit Kartoffelstärkemehl und verschiedenen Flüssigkeiten (Schwefelsäure, Salzsäure, Aetzkalilösung und Aetzkalilösung mit Speichel) an. Die Säuren, sowie die Kalilösung wurden soweit verdünnt, dass ein Aufquellen der Stärkekörner nicht mehr erfolgte. Die Gläser standen im Zimmer und wurden von Zeit zu Zeit geschüttelt.

Diejenigen, in welchen Kalilösung mit oder ohne Speichel sich befand, gaben kein brauchbares Resultat; es traten zwar Auflösungen in sehr geringem Maasse ein, aber dieselben ergriffen die ganze Substanz, so dass der übrigbleibende Theil sich färbte, wie ein unverändertes Stärkekorn. Dagegen erwiesen sich sowohl die Salzsäure als die Schwefelsäure für meine Zwecke günstig; die erstere hatte nach $\frac{3}{4}$ Jahren, die letztere nach einem Jahr das Stärkemehl soweit verändert, dass es ausgewaschen durch Jod und Wasser sich nicht mehr blau, sondern blass gelblich färbte. Nach $\frac{5}{4}$ Jahren blieben die Körner aus der verdünnten Salzsäure bei Zusatz von Jod vollkommen farblos.

Ueber die Veränderungen, welche eine solche langdauernde Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren in den Stärkekörnern hervorbringt, werde ich bei einer spätern Gelegenheit Bericht erstatten.

Den Rückstand des mit Speichel bei mässig erhöhter Temperatur behandelten Stärkemehls habe ich als Cellulose bezeichnet, da ich in den bekannten Reactionen zwischen demselben und den gewöhnlichen Zellmembranen keinen Unterschied fand. H. v. Mohl hat gegen diese Deutung Widerspruch erhoben (Bot. Zeit. 1859 p. 225); er behauptete die zurückbleibende Substanz sei von der Cellulose verschieden, und zwar erklärte er sie als eine neue Verbindung, für die er den Namen Farinose vorschlug. Er führte für seine An-

sicht zwei Gründe an; der eine stützte sich auf das optische Verhalten, der zweite auf das Verhalten gegen Lösungsmittel.

Ueber die Erscheinungen, welche das polarisirte Licht in den organisirten pflanzlichen Substanzen (Stärkekörnern und Zellmembranen) hervorruft, habe ich in einer frühern Mittheilung (Sitzung vom 8. März 1862) gesprochen. Ich habe gezeigt, dass die Mohl'sche Unterscheidung von positiven und negativen Farben, von denen die ersteren den unveränderten oder durch Speichel ausgezogenen Stärkekörnern, die letztern den meisten Zellmembranen zugeschrieben wurden, insofern dieselbe eine optische Differenz anzeigen soll, auf einem Irrthum beruht. Denn die kleinsten Theilchen der Membranen sind optisch zweiaxig, und über ihre positive oder negative Natur ist mit Ausnahme weniger Fälle, wo sie sich mir als positiv erwiesen, nichts bekannt. Ueberdem geben zuweilen die Membranen von nahe verwandten Zellen und selbst die Theile der gleichen Zellen, wo eine chemische Verschiedenheit durchaus nicht anzunehmen ist, ungleiche (positive und negative) Farben im Sinne Mohl's.

Mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften sagt Mohl, dass die durch Speichelferment ausgezogenen Stärkekörner durch verschiedene Mittel gelöst werden, welche gereinigte Cellulose nicht merklich angreifen; er nennt kautische Kalilauge, Chlorzinkjodlösung, Kupferoxydammoniak, Nickeloxxydammoniak, Salpetersäure, Salzsäure.

Dieser Einwurf überraschte mich einigermaassen an einem Vertheidiger der Ansicht, dass alle Zellmembranen aus der gleichen Verbindung bestehen. Ist ja ihre Löslichkeit so ausserordentlich verschieden, dass die einen bekanntlich schon in kochendem Wasser sich lösen, andere von Salzsäure, Salpetersäure, verdünnter Schwefelsäure, Aetzkalilösung selbst bei der Siedhitze nicht angegriffen werden. Diese ungleiche Löslichkeit hat auch Frémy die Veranlassung gegeben, mehrere chemische Verbindungen zu unterscheiden. Nun

weiss aber der Mikroskopiker, dass es nicht einzelne bestimmte Grade in den Löslichkeitsverhältnissen der Zellmembranen, sondern eine allmähliche Abstufung von dem einen Extrem bis zu dem andern giebt.

Sollte Mohl, da er schlechthin von gereinigter Cellulose spricht, etwa die Ansicht hegen, dass die ungleiche Löslichkeit der Zellmembranen allein durch die eingelagerten fremdartigen Substanzen bedingt werde? Eine solche Behauptung wäre zwar ferne davon, bewiesen zu sein, da Niemand auch nur den Beweis anzutreten versucht hat. Allein die Möglichkeit lässt sich nicht bestreiten, wenn auch, wie mir scheint, die Wahrscheinlichkeit nur gering ist. Wenn die festern Zellmembranen (z. B. Tannenholz, Baumwolle) durch alle möglichen Mittel gereinigt wurden, so sind sie immer noch unlöslicher als manche andere Membranen und Membranthteile, die gar keine Behandlung erfahren haben.

Nach meiner Ansicht kann eine chemisch gleich constituirte Substanz durch die ungleiche Organisation auch eine ungleiche Löslichkeit erlangen. Sie kann mit viel Wasser weiche Membranen bilden, die leicht aufquellen und sich leicht lösen; mit wenig Wasser kann sie feste Membranen darstellen, die den Quellungs- und Lösungsmitteln viel mehr Widerstand darbieten. Es scheint mir diess eine Thatsache zu sein, welche sich dem Mikroskopiker so sehr aufdrängt, dass er sie wenigstens nicht ignoriren darf, wenn auch die ungleiche Organisation ihm noch ein ungelöstes Räthsel ist.

Ich bezweifle nun nicht, dass man von zwei verschiedenen Membranen die festere durch Behandlung mit verschiedenen Mitteln soweit verändern kann, dass sie ebenso leicht löslich wird, als die andere. Aber so weit meine Erfahrungen reichen, quillt sie dabei immer so weit auf, dass sie die Weichheit der weichern annimmt. Damit scheint mir ziemlich sicher angedeutet zu sein, dass die leichtere Lös-

lichkeit nicht allein Folge der Reinigung, sondern auch der veränderten Molecularstructur ist.

Aus diesem Grunde halte ich dafür, dass, wenn man verschiedene Substanzen organisirter Gebilde rücksichtlich ihrer Löslichkeit vergleichen will, es nur dann geschehen darf, wenn sie einen gleichen Grad der Dichtigkeit (oder Festigkeit) besitzen. Als ich daher sagte, dass die Stärke leichter löslich sei als Cellulose, so habe ich ausdrücklich hervorgehoben, dass beide im Zustand gleicher Reinheit und gleicher Dichtigkeit sich befinden müssen; und Mohl hätte bei der Vergleichung des durch Speichel ausgezogenen Stärkemehls mit der Cellulose ebenso verfahren sollen, wenn er den Beweis leisten wollte, dass beide von verschiedenen Verbindungen gebildet werden.

In der That giebt es Formen der Cellulose, welche ebenso leicht und leichter löslich sind, als die durch Speichel ausgezogenen Stärkekörner. Die letztern ertragen die Einwirkung des kochenden Wassers, ohne sich zu verändern. Wenn man aber Durchschnitte durch die Saamenlappen von *Hymenaea Courbaril* einige Secunden kocht, so zeigt schon die mikroskopische Untersuchung, dass gewisse Partien der Wandungen verschwunden sind; es werden nämlich die mittleren Schichten theilweise gelöst, indess die äusserste und die innerste der Einwirkung widerstehen. Bringt man einen Tropfen des Wassers, in welchem die Schnitte gekocht wurden, auf einen Objektträger, und setzt etwas Jod und Jodwasserstoffsäure zu, so bildet sich sogleich ein intensiv blauer oder blaugrüner Niederschlag. Die Cotyledonen von *Mucuna* verhalten sich ebenso.

Ja, nicht nur das kochende, sondern selbst das kalte Wasser löst einen bemerkbaren Theil der Zellwandungen aus den Saamen von *Hymenaea*, *Mucuna* und andern Gattungen, wie ich später zeigen werde.

Die Zellwandungen in den Saamenlappen von *Hymenaea*

und *Mucuna* sind zweifellos Cellulose (von Mohl werden sie als vorzugsweise reine Cellulose betrachtet). Aus ihrem Verhalten zu kochendem Wasser geht hervor, dass der Grad des Löslichkeit keinen durchgreifenden Unterschied zwischen den Zellmembranen und dem Rückstand des mit Speichel behandelten Stärkemehls begründen kann.

Mohl führt noch an, dass die Substanz der mit Speichel ausgezogenen Stärkekörner sehr brüchig, reine Cellulose dagegen in bemerkbarem Grade zähe sei. Wenn die wesentlich verschiedene Anordnung der kleinsten Theilchen (zu einer soliden Kugel im einen, zu parallelschichtigen Häuten im andern Fall) und der durch das Ausziehen von $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ der Substanz gelockerte Zusammenhang der Theilchen mit den daraus sich ergebenden mechanischen Folgerungen berücksichtigt werden, so kann wohl der angeführte Unterschied nicht ernsthafter Weise für die Begründung einer chemischen Verschiedenheit in Anspruch genommen werden.

Die Annahme der „Farinose“ Mohl's beruht daher in allen Beziehungen auf gleich unhaltbaren Grundlagen; und wir haben nicht Ursache, sie als verschieden von der Gruppe von Stoffen zu trennen, welche die Substanz aller Zellmembranen bilden, und die wir unter dem Namen Cellulose zusammenfassen. Ich bemerke aber ausdrücklich und ich werde am Schlusse noch darauf zurückkommen, dass möglicher- ja wahrscheinlicher Weise unter der Cellulose Payen's und Mohl's mehrere chemisch-differente Verbindungen sich befinden, und dass die Amylocellulose eine derselben ist.

Ich habe früher (Stärkekörner pag. 182) die Vermuthung ausgesprochen, dass manche Zellmembranen, gleichwie die Stärkekörner, aus Granulose und Cellulose zusammengesetzt seien. Die Vermuthung gründete sich auf die Annahme, dass die betreffenden Membranen mit Jod und Wasser eine blaue Farbe annehmen; sie hat sich in der That durch die

Versuche vollkommen bestätigt, so weit nämlich jene Annahme richtig war. Wie ich in meiner letzten Mittheilung (vom 16. Mai 1863) zeigte, sind es unter den Zellmembranen bloss die Flechtenschläuche, welche sich durch Jod und Wasser bläuen. Dieselben stimmen in ihrem Verhalten insofern mit den Stärkekörnern überein, als ihnen durch Salzsäure die durch Jod sich bläuende Substanz entzogen wird.

In allen übrigen Zellmembranen kann, seitdem nachgewiesen wurde, dass Jod und Wasser keine Blaufärbung hervorzurufen vermag, selbstverständlich auch die Anwesenheit von Granulose nicht mehr supponirt werden; und es ist die Vermuthung einer analogen Zusammensetzung auf die Asci der Lichenen zu beschränken. Von denselben können wir vor der Hand annehmen, dass sie aus einer Vereinigung von Granulose und Cellulose bestehen, wobei aber ebenfalls immer die Möglichkeit offen bleibt, dass diese beiden Verbindungen von der Granulose der Stärkekörner und von der Amylo-cellulose, sowie von den Celluloseformen der übrigen Membranen verschieden sind.

II. Unterschied zwischen Granulose und Cellulose rücksichtlich ihrer Reaction gegen Jod.

Da die Granulose bis jetzt nicht für sich dargestellt werden kann, so lässt sich auf ihre Eigenschaften nur insofern schliessen, als man eine Mischung von Granulose und Cellulose, d. h. die Stärke selber mit Cellulose vergleicht. Es ist offenbar, dass die Verschiedenheiten, welche die Stärke gegenüber der Cellulose zeigt, ihrem Gehalte an Granulose zugeschrieben werden müssen.

Ich habe früher (Stärkekörner pag. 189, 193) den Unterschied zwischen Stärke und Cellulose darin gefunden, dass die letztere durch Jod nicht blau gefärbt werde, und dass sie bei gleicher Dichtigkeit schwerer aufquelle und sich löse.

In Folge seitheriger Untersuchungen lassen sich diese beiden Unterschiede viel genauer präcisiren.

Wenn ich von den Eigenschaften der Stärke spreche, so verstehe ich darunter vorzugsweise diejenigen der innern Substanz der Kartoffelstärkekörner. Freilich gelten sie im Allgemeinen für alle Stärke, da nur eine sehr dünne äusserste Schicht der gewöhnlichen Stärkekörner und nur von sehr wenigen Pflanzenorganen die ganzen Stärkekörner so arm an Granulose sind, dass sie sich nahezu wie Cellulose verhalten. Cellulose nehme ich in dem Sinne Payen's und Mohl's und begreife darunter die Substanz aller Zellmembranen mit Ausschluss der Flechtenschläuche, wobei aber zu bemerken ist, dass gewisse Membranen zuvor mit Schwefelsäure, andere überdem mit Aetzkali oder Salpetersäure behandelt werden müssen. Die Differenz zwischen Stärke und Cellulose rücksichtlich ihrer Reaction auf Jod, muss nun folgendermaassen formulirt werden:

1. Die Stärke färbt sich durch Jod und Wasser indigoblau; die gleichzeitige Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure oder Jodmetallen verändert, nach Maassgabe der Concentration, diese Farbe in Violett, Roth und Gelb. Die Cellulose wird durch Jod und Wasser nicht gefärbt; bei gleichzeitiger Einwirkung einer geringern Menge von Jodwasserstoffsäure oder eines Jodmetalls erfolgt blaue Färbung, während steigende Mengen dieser Verbindungen sie in Violett, Roth und Gelb umwandeln.

Ich hatte früher angegeben, dass reine Cellulose blass- und schmutzig-röthlich bis kupferroth oder röthlich-braun gefärbt werde. Diess ist, insofern es sich um die Einwirkung von Jod und Wasser allein handelt, unrichtig, wie die bessern Untersuchungsmethoden zeigten. Ebenso ist es nach den jetzigen Mittheilungen überflüssig, auf die in Mohl's Entgegnung meiner Darstellung gegenüber ausge-

sprochene Behauptung, „die Reaction von Cellulose und Stärke gegen Jod biete gar kein brauchbares Kennzeichen zur Unterscheidung dieser beiden chemischen Verbindungen dar“, noch weiter einzutreten.

2. Das Jod hat eine grössere Verwandtschaft zu Stärke, als zu Cellulose, gleichviel, welche andern Substanzen ausser Wasser zugleich anwesend sind; nur bei den höchsten Concentrationsgraden der Jodwasserstoffsäure, des Jodzink und der Schwefelsäure vermag die Cellulose eine stärkere Anziehung auf das Jod auszuüben, als die Stärke.

Dieser Umschlag in der Verwandtschaft von Jod zu Stärke und Cellulose ist characteristisch. Die Versuche, welche ihn darlegen, sind folgende. Wenn man in Jodzink, in welchem etwas Jod gelöst ist, Kartoffelstärkemehl und Baumwolle bringt, so färben sich die Körner des erstern dunkelbraun, die Fäden der letztern rothviolett. Lässt man das Präparat auf dem Objektträger offen stehen, so fangen die Stärkekörner am Rande des Präparats an aufzuquellen; sie werden dabei nach Umständen intensiv kirschroth oder violett, dann hell-rosenroth und zuletzt farblos. Diese Veränderungen des Stärkemehls schreiten allmählich nach der Mitte des Präparats hin fort; zuletzt ist dasselbe ganz in farblosen Kleister umgewandelt. Die Baumwollfäden bleiben darin noch längere Zeit (mehrere Tage oder selbst Wochen) gefärbt; sie sind zuerst violett, dann blass-rosenroth und werden zuletzt ebenfalls farblos.

Diese Thatsache liess zwei Erklärungen zu: entweder hatte die Cellulose der Baumwolle zuletzt wirklich eine grössere Verwandtschaft zu Jod als die Stärke, oder ihre dichtere Masse vermochte das Jod gegenüber der Verdunstung mit grösserer Kraft zurückzuhalten, als der stark aufgequollene Stärkekleister. Folgende Versuche zeigen, dass die erste Erklärung die richtige ist.

Der erste Versuch bestand darin, dass das Präparat, als es farblos geworden war, wieder langsam durch Jodsplitter gefärbt wurde. Die Baumwollfäden nahmen das Jod rascher auf; sie waren blass-rosa, während der umgebende Kleister noch ganz farblos erschien; sie waren darauf schmutzig-rothviolett, als der Kleister erst gelb geworden; sie behielten die nämliche Farbe, indess der Kleister sich nach und nach schmutzig-blauviolett färbte.

Der zweite Versuch sollte zeigen, welchen Einfluss überhaupt die Dichtigkeit der Cellulose auf die Anziehung und auf die Festhaltung des eingelagerten Jod ausübt. Baumwolle wurde mit Chlorzink erwärmt, bis sie zum Theil desorganisirt und gallertartig geworden. Nach dem Erkalten wurde das Präparat mit Wasser ausgewaschen, dann unveränderte Baumwolle beigemennt, und darauf Jodzink mit wenig Jod zugesetzt. Die Gallerte färbte sich etwas schneller und viel intensiver, als die unveränderten Fäden; jene war intensiv-rothviolett, als diese erst bräunlichgelb waren. Bei Zusatz von mehr Jod nahmen die Fäden bald die gleiche braunrothe Farbe an, wie die Gallerte. — Das Präparat blieb dann mehrere Tage lang unbedeckt. Die unveränderten Baumwollfäden verloren zuerst das eingelagerte Jod; sie waren ganz farblos, als die Gallerte noch intensiv- und lebhaft-kirschroth erschien. — Daraus geht hervor, dass die dichtere Substanz das Jod langsamer aufnimmt und schneller abgiebt, als die weichere.

Wie die Cellulose verhält sich in dieser Beziehung auch die Stärke. Wenn man unverändertes Kartoffelstärkemehl und Kartoffelstärkekleister untereinander mengt und durch Jod äusserst langsam färbt, so nimmt der Kleister das Jod etwas schneller auf, als die in demselben befindlichen un- aufgequollenen Körner. Jener ist intensiv-blau, während diese erst hellblau sind.

Diese verschiedenen Versuche beweisen, dass bei Cellu-

lose und Stärke, unter übrigens gleichen Umständen, die weichere Substanz eine grössere Affinität zu Jod hat, dasselbe rascher aufnimmt und länger zurückhält, als die dichtere. Sie zeigen, dass in dem ursprünglichen Versuche die Cellulose der Baumwollfäden aus dem Grunde länger gefärbt bleibt, weil sie eine grössere Anziehung auf das Jod auszuüben vermag, als die Stärke.

Um Stärke und Cellulose mit einander zu vergleichen, wurde ferner Baumwolle in einer Mischung von Chlorzink- und Jodzinklösung zu einer Gallerte gekocht, darauf in Wasser ausgewaschen, in mehrere flache Uhrgläser vertheilt, und damit Kartoffelstärkemehl gemengt. Zu den verschiedenen Präparaten wurde Jodzinklösung in ungleicher Concentration und geringe Mengen von Jod zugesetzt. Es färbte sich allein das Stärkemehl und zwar bei der geringsten Concentration des Jodzinks blau, bei steigender Concentration violett, rothbraun oder roth und endlich feuerroth oder orange. Die Baumwollgallerte blieb in allen Fällen vollkommen farblos, wenn das Jod nicht im Ueberschuss vorhanden war. — Die Uhrgläser wurden unbedeckt stehen gelassen, die Farbe des Stärkemehls gieng dabei in allen Präparaten in Feuerroth über, weil die Jodzinklösung durch Verdunstung concentrirter wurde. Später quollen in Folge noch stärkerer Verdunstung des Wassers die Stärkekörner auf und wurden violett, nachher hellrosenroth und zuletzt farblos.

Wurde aber durch eine hinreichende Menge Jod nicht nur die Stärke, sondern auch die gallertartige Baumwolle gefärbt und darauf das unbedeckte Präparat der Verdunstung überlassen, so behielten die aufgequollenen Baumwollfäden noch ihre kirschrothe Farbe, während die ganze übrige Masse farblos geworden war.

Eine ganz analoge Beobachtung wurde an dem Gewebe der Saamenlappen von *Mucuna* gemacht. Färbt man Durch-

schnitte derselben ganz langsam mit einer Lösung von Jodzink, die wenig Jod enthält, so färben sich zuerst die in den Zellen enthaltenen Stärkekörner, nachher die Zellwände. Lässt man Präparate, an denen die Membranen intensiv gefärbt sind, offen stehen, so verlieren zuerst wieder die letzteren durch Verdunstung einen Theil ihres Jod. Sie sind ziemlich hellviolett, während die Stärkekörner noch schwarz bleiben. Mittlerweile wird aber auch die Zinklösung durch Verdunstung concentrirter und die Stärkekörner in den Zellen werden nun ihrerseits ganz farblos, indess die Zellwandungen noch lange ihren rothvioletten Ton behalten.

Die aus diesen Versuchen hervorgehende Thatsache, dass die Cellulose, wenn sie von sehr concentrirter Jodzinklösung durchdrungen ist, eine grössere Anziehung auf Jod auszuüben vermag, als die ganz unter den nämlichen Bedingungen befindliche Stärke, dient auch dazu, eine Differenz in der Reaction gegen Jod, die man an den verschiedenen Schichten der Stärkekörner selbst beobachtet, zu erklären. Wenn man Kartoffelstärkemehl durch Jodzinkjodlösung färbt und das Präparat offen stehen lässt, so quellen die Stärkekörner in der durch die Verdunstung concentrirter werden Jodzinklösung auf. Der frühere braune Ton geht dabei in Violett über. Sowie das Aufquellen beginnt, concentrirt sich die stärkste Färbung auf den Umfang. Verdampft das Jod noch mehr, so wird die innere Masse ganz farblos und nur die äusserste dichtere und cellulosereiche Rinde zeigt sich noch gefärbt.

Noch schöner stellt sich die nämliche Erscheinung dar, wenn durch Jod gefärbtes Stärkemehl von Schwefelsäure durchdrungen aufquillt, wie ich schon in einer frühern Mittheilung (vom 14. Febr. 1863) erwähnt habe. Die innere Masse entfärbt sich vollständig, die Rinde wird intensiv blau.

Nach den vorher über das Verhalten der Stärke und Cellulose angeführten Beobachtungen ist nun die Erklärung

etwa nicht darin zu suchen, dass die innere Masse der Stärkekörner in Folge der stärkeren Aufquellung und der Desorganisation eine geringere Verwandtschaft zu Jod habe, als die dichtere und geschichtete Rinde. Die letztere zieht bei Anwesenheit stark concentrirten Jodzinks oder von Schwefelsäure das Jod nur desswegen energischer an, weil sie mehr Cellulose enthält.

III. Unterschied zwischen Granulose und Cellulose rücksichtlich ihrer Quellungsfähigkeit und Löslichkeit.

Obgleich die Granulose nicht für sich bekannt ist, so durfte doch, wenn es sich um die Reaction gegen Jod handelte, ihre Identität mit der Stärke angenommen werden, da der eine Bestandtheil der letztern, nämlich die Cellulose, durch Jod und Wasser gar nicht gefärbt wird. Schwieriger wird der Vergleich zwischen Granulose und Cellulose, wenn es sich um Quellungsfähigkeit und Löslichkeit handelt, da diese Eigenschaften beiden Verbindungen, aber in ungleichem Maasse zukommen. Wenn nun das Stärkemehl in einem Lösungsmittel leichter, in einem andern schwieriger löslich ist, als die Cellulose, so unterliegt es gar keinem Zweifel, dass das verschiedene Verhalten im einen und im andern Falle durch den Gehalt an Granulose bedingt wird. Wir werden auch geneigt sein anzunehmen, dass die Granulose, wenn sie für sich dargestellt werden könnte, in den gleichen Mitteln sich leichter lösen würde, als Cellulose, in denen sich das Stärkemehl leichter löst und umgekehrt. Allein gewiss wäre diess doch nicht; es bestände immer auch die Möglichkeit, dass die durch Molecularkräfte zu Stärke verbundenen Cellulose und Granulose sich verhielten, wie die Legirungen der Metalle, welche in Löslichkeit und andern physikalischen Eigenschaften häufig nicht zwischen den beiden

constituirenden Verbindungen bleiben, sondern über beide hinausgehen.

Rücksichtlich der beiden in Frage stehenden Eigenschaften ist nun als Regel festzuhalten, dass

Stärke in Wasser, in Säuren und in Alkalien, sowie bei erhöhter Temperatur rascher aufquillt und leichter löslich ist, als reine Cellulose von gleicher Dichtigkeit, dass dagegen Kupferoxidammoniak auf Cellulose ein grösseres Quellungs- und Lösungsvermögen ausübt, als auf Stärke von derselben Dichtigkeit. Chlorzink und Jodzink scheinen bezüglich ihrer Einwirkung gewissermaassen die Mitte zu halten, in der Art, dass sie die Stärke stärker aufquellen machen, die Cellulose aber leichter lösen.

Wenn ich hier von Löslichkeit der Cellulose und Stärke spreche, so füge ich mich dem allgemeinen Sprachgebrauche und verstehe darunter die Fähigkeit einer Substanz, sich so in der Flüssigkeit zu vertheilen, dass dieselbe von blossen Auge und unter dem Mikroskop betrachtet klar und hell bleibt, durch das Filtrum geht und beim Stehen keinen Bodensatz bildet. Insofern es sich um organisirte Substanzen handelt, reichen diese Merkmale nach meiner Ansicht aber nicht aus. Die unter Umständen (z. B. bei Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Stärkekörner und manche Zellmembranen) stufenweise zunehmende Vertheilung der Substanz in der Flüssigkeit kann so weit gehen, dass sie durch die angegebenen Kriterien von der wirklichen Lösung nicht unterschieden werden kann, obgleich sie diosmotisch noch nicht wie eine Lösung wirkt. Wenn ich nicht sehr irre, so verhält es sich so in den meisten, wo nicht in allen Fällen, wo Lösung der Stärke und Cellulose angenommen wurde.

Zuvörderst bemerke ich, dass die weichsten Formen,

sowohl der Stärke als der Cellulose, in diesem Sinne schon in kaltem Wasser löslich sind. Für das Stärkemehl ist diess schon wiederholt und von verschiedenen Seiten behauptet, aber theils weit übertrieben, theils unrichtig dargestellt worden. Aus unverletzten Stärkekörnern scheint kaltes Wasser nichts ausziehen; aus zerdrückten Körnern löst es nur äusserst wenig auf; die geringe Menge der „gelösten“ Substanz kann ziemlich gesteigert werden, wenn man durch längeres Zerreiben die mechanische Vertheilung befördert.

Von dieser Löslichkeit kann sich jeder Mikroskopiker leicht überzeugen, wenn er auf dem Objektträger etwas Stärkemehl zerquetscht oder zerreibt. Ja, die geringe Zahl der gespaltenen Körner in dem käuflichen Kartoffelstärkemehl reicht schon hin, um den Beweis zu liefern. Wenn unter einem Präparat in destillirtem Wasser nur wenige zerbrochene Stärkekörner sich befinden und man einige Jodstückchen auf dasselbe legt, so wird man den Rand des Wassers entweder überall oder stellenweise sich blau färben sehen.

Von der Cellulose wird allgemein angenommen, dass sie in Wasser sowohl bei gewöhnlicher, als bei erhöhter Temperatur unlöslich sei; auch Mohl hebt ihre „völlige Unlöslichkeit in Wasser als einen Unterschied gegenüber der Stärke“ hervor. Diess ist unrichtig, wenn wir dem Begriff Cellulose die Ausdehnung geben, wie von Payen und von Mohl vorgeschlagen wurde, d. h. wenn wir sie als die Grundlage der meisten pflanzlichen Zellmembranen anerkennen. In diesem Falle verhält sie sich analog der Stärke; sie ist bei hinreichender Weichheit nicht nur in kochendem, sondern selbst in kaltem Wasser löslich.

Ich habe bereits Eingangs angeführt, dass bestimmte Schichten der Zellwandungen in den Saamenlappen von *Hymenaea* und *Mucuna* durch kochendes Wasser verschwinden. Bei den gleichen Membranen löst auch das kalte

Wasser einen, wenn auch viel geringern Theil auf. Fertigt man Durchschnitte an, die man in einen Tropfen Wasser auf den Objektträger legt, so färbt sich bei Zusatz von Jod in Jodwasserstoffsäure oder Jodzinklösung der Rand des Präparates blau. Wendet man Jod allein an, so tritt die Reaction erst nach einiger Zeit (wenn sich Jodwasserstoffsäure gebildet hat) ein. Die nämliche Beobachtung kann man an manchen Saamen (Albumen oder Cotyledonen), welche keine Stärke enthalten, machen.

Die weichsten Partieen gewisser Zellmembranen lösen sich also in kaltem Wasser, wie es die weichsten Partieen der Stärkekörner thun. Im Uebrigen jedoch widersteht bei gleicher Dichtigkeit die Substanz der Membranen beinahe allen Lösungsmitteln viel energischer, als das Amylum. Es ist überflüssig Beispiele hiefür anzuführen. •

Ich will nur einiger Thatsachen erwähnen, welche die mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure behandelten Kartoffelstärkekörner darbieten. Da aus ihnen die Granulose ausgezogen wurde, so ist es sicher, dass sie auf ein gleiches Volumen mehr Wasser und weniger Substanz enthalten, als das unveränderte Kartoffelstärkemehl, dass ihre Substanz also eine geringere Dichtigkeit besitzt. Wenn wir somit gewöhnliche und ausgezogene Stärkekörner mit einander vergleichen und die erstern eine grössere Löslichkeit darbieten, so darf für Substanzen von gleicher Dichtigkeit die Differenz eher noch grösser angenommen werden. Innerhalb bestimmter Grenzen gilt diess auch für die Quellungsfähigkeit.

Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörnern wurde auf einen Objektträger gebracht und damit gewöhnliche Kartoffelstärkekörner vermengt. Das Präparat blieb unbedeckt stehen. In der durch Verdunstung des Wassers concentrirter werdenden Salzsäure quollen die gewöhnlichen Stärkekörner auf und bildeten einen Kleister, der nach und nach eintrocknete.

Die ausgezogenen Körner dagegen trockneten ein, ohne aufzuquellen. Das Präparat bestund nun aus einer homogenen, kleisterartigen Masse, in welcher kleine solide Körner lagen.

In gleicher Weise wurde ein Tropfen der verdünnten Schwefelsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörnern sammt darunter gemengten gewöhnlichen Stärkekörnern auf einem Objektträger der Verdunstung überlassen. Die letztern quollen bald auf, indess die erstern Wochen und Monate lang unverändert blieben.

Auf einem andern Objektträger von hinreichender Grösse wurde ferner ein Tropfen der verdünnten Schwefelsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Stärkekörnern ausgebreitet; daneben wurde ein Tropfen der nämlichen Schwefelsäure aber ohne die ausgezogenen Körner gebracht, und in demselben gewöhnliches Kartoffelstärkemehl vertheilt, wobei darauf geachtet wurde, dass in beiden Tropfen sich ungefähr gleiche Mengen von Körnern befanden. Nach 5 Minuten war in Folge der Verdunstung des Wassers der Tropfen mit dem gewöhnlichen Stärkemehl in Kleister verwandelt. Die ausgezogenen Körner schwammen nach zwei Monaten noch scheinbar unverändert in dem andern Tropfen herum.

Wenn ein Tropfen verdünnte Schwefelsäure auf einer Glasplatte, wie es in den beiden eben erwähnten Versuchen der Fall war, der Verdunstung preisgegeben ist, so stellt sich bald ein stabiler Zustand ein, in welchem die Neigung des Wassers zu verdunsten und die Anziehung von Schwefelsäure und Wasser sich das Gleichgewicht halten. Die Concentration in diesem Zustande ist wenigstens so bedeutend, dass eine geringe Menge gewöhnliches Stärkemehl in kurzer Zeit in Dextrin übergeführt wird, indess die ausgezogenen Stärkekörner Monate lang widerstehen. Bemerkenswerth ist, dass dieselben nicht einmal aufquellen.

Diess veranlasste mich noch einige Versuche, betreffend die Quellungsfähigkeit der ausgezogenen Stärkekörner, anzu-

stellen, wobei sich ergab, dass diese Eigenschaft denselben beinahe ganz mangelt. Die mit Salzsäure ausgezogenen Kartoffelstärkekörner wurden sowohl in der unveränderten Flüssigkeit, in der sie sich befanden, als auch nachdem dieselbe mit Wasser noch mehr verdünnt worden war, bis zum Sieden erhitzt und selbst mehrere Minuten lang gekocht. Sie quollen dabei nicht auf und bildeten somit auch keinen Kleister. Ebenso trat eine Lösung nicht ein, wohl aber zerfielen die Körner, indem sie sich abblätterten. Es fanden sich daher nach dem Kochen in der Flüssigkeit theils schalenförmige, theils kugelige Bruchstücke: die erstern bestehend aus einer oder mehreren Lamellen, die sich von einem Korn abgelöst hatten, die letztern bestehend aus der innersten durch das Abblättern frei gewordenen Partie. — Wurden die ausgezogenen Kartoffelstärkekörner auf dem Objektträger mit hinreichend concentrirter Schwefelsäure in Berührung gebracht, so wurden dieselben aufgelöst; der Lösung gieng ein nur sehr unbedeutendes Aufquellen voraus.

Wiewohl die ausgezogenen Stärkekörner der verdünnten Schwefelsäure, welche dem Verdunsten ausgesetzt ist, bei gewöhnlicher Temperatur und der verdünnten Salzsäure bei der Siedhitze widerstehen, so wird doch ein sehr geringer Theil derselben selbst bei Abwesenheit von Schwefelsäure und bei gewöhnlicher Temperatur gelöst. Diess wird durch folgenden Versuch bewiesen.

Wenn man einen Tropfen der verdünnten Salzsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörnern auf dem Objektträger ausbreitet und einige Jodstückchen darauf legt, so färben sich die Körner nach einiger Zeit, sobald nämlich eine hinreichende Menge von Jodwasserstoffsäure gebildet ist, violett und blau. Etwas früher nimmt der Rand der Flüssigkeit stellenweise die gleiche Färbung an. Setzt man von Anfang etwas Jodwasserstoffsäure zu, so tritt die Bläuung sowohl der Körner als des Flüssigkeits-

randes viel rascher ein. Es ist also ein geringer Theil der Cellulose in der verdünnten Salzsäure gelöst oder einer Lösung ähnlich vertheilt, und häuft sich, wie es mit den gelösten Stoffen gewöhnlich der Fall ist, an dem Umfange des flachen Tropfens an. Der blau werdende Rand enthält nicht etwa die ausgezogene und aufgelöste Granulose, denn die Bläuung durch Jod tritt erst bei Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure ein.

Bemerkenswerth ist das Verhalten der unveränderten und ausgezogenen Stärkekörner gegen Kupferoxidammoniak. Ich wusch in einem Uhrglas eine geringe Menge des durch Salzsäure ausgezogenen Kartoffelstärkemehles aus, und übergoss dasselbe nach Hinwegnahme des Wassers mit einigen Tropfen Kupferoxidammoniak. Die Körner wurden alle rasch aufgelöst. In ein anderes Uhrglas gab ich eine gleiche Menge unveränderten Kartoffelstärkemehls, befeuchtete dasselbe mit etwas Wasser und fügte dann eine gleiche Quantität der nämlichen Kupferoxidammoniaklösung bei. Die Körner quollen ziemlich langsam auf; keines wurde gelöst. Ein Theil derselben wurde überhaupt nicht angegriffen, konnte also selbst nicht einmal zum Aufquellen gebracht werden.

Mit dem durch Schwefelsäure ausgezogenen Stärkemehl wurde der gleiche Versuch angestellt, und lieferte ein analoges Resultat. Doch wurde es etwas langsamer aufgelöst, was damit zusammenhängt, dass es durch die Säure etwas weniger verändert (nicht so vollständig ausgezogen) war, als das in verdünnter Salzsäure befindliche. In beiden Fällen verschwanden die Körner in Kupferoxidammoniak, ohne aufzuquellen.

Chlorzink und Jodzink verhalten sich ähnlich wie Kupferoxidammoniak. Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure wurde mit den darin befindlichen ausgezogenen und ausserdem mit gewöhnlichen Kartoffelstärkekörnern auf den Objektträger gebracht und dann concentrirte Chlorzinklösung zugesetzt.

Diesselbe machte zuerst die gewöhnlichen Stärkekörner sehr stark aufquellen. Neben denselben blieben die ausgezogenen Körner noch kurze Zeit unverändert; dann wurden sie gelöst, indess die erstern nur noch stärker aufquollen, aber nicht in Lösung übergiengen.

Der Versuch wurde auch so angestellt, dass zwei Tropfen der verdünnten Salzsäure auf einem Objektträger sich neben einander befanden, von denen der eine nur ausgezogene, der andere nur gewöhnliche Kartoffelstärkekörner in gleicher Menge enthielt. Nach Einwirkung des Chlorzinks war der eine Tropfen in Kleister verwandelt, der sich durch Jodzink blau färbte. Der andere enthielt eine Lösung, die durch Jodzink eine braune Färbung erhielt.

Ferner wurde eine geringe Quantität des durch verdünnte Schwefelsäure ausgezogenen Stärkemehls in einem Uhrglas ausgewaschen, das Wasser entfernt und dann Chlorzink zugesetzt. Die Körner lösten sich ohne aufzuquellen. Nach Einwirkung von Jodzinkjod zeigten sich fein granulirte violette Flocken in der Flüssigkeit. In einem andern Uhrglas wurde eine gleiche Menge gewöhnlichen Kartoffelstärkemehls befeuchtet und dann mit einer gleichen Quantität Chlorzink behandelt. Die Körner quollen sehr stark auf und verschwanden, indem sie einen scheinbar homogenen Kleister bildeten. Zusatz von Jodzinkjod färbte schön blau, und zeigte deutlich, dass nur ein sehr starkes Aufquellen, nicht eine Lösung stattgefunden hatte.

Was das Jodzink betrifft, so wendete ich dasselbe nur in Verbindung mit Jod an. Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen und mit darunter gemengten gewöhnlichen Kartoffelstärkekörnern wurde auf dem Objektträger ausgebreitet und darauf Jodzinklösung, in der wenig Jod enthalten war, zugesetzt. Die gewöhnlichen Stärkekörner färbten sich intensiv braun, die ausgezogenen blieben farblos. Das Präparat wurde unbedeckt stehen ge-

lassen. Die braunen (gewöhnlichen) Körner quollen mehr oder weniger auf und wurden rothviolett bis blauviolett. Die farblosen (ausgezogenen) Körner wurden, meistens ohne aufzuquellen, immer undeutlicher und verschwanden zuletzt vollständig.

Der nämliche Versuch wurde ferner so angestellt, dass mit Jod gesättigtes Jodzink in Anwendung kam, und zugleich so variirt, dass auf einem andern Objektträger die gewöhnlichen und die ausgezogenen Stärkekörner in zwei Tropfen der gleichen Flüssigkeit getrennt waren. Beide Arten von Körnern färbten sich schwarzbraun. Die Präparate blieben unbedeckt stehen. Mit dem Verdunsten des Wassers und des Jod quollen die gewöhnlichen Stärkekörner auf und wurden violett. Die ausgezogenen dagegen lösten sich auf, dabei blätterten sie sich in der Regel zuerst etwas ab, darauf wurden die Conturen undeutlich, und schliesslich zerfloss das Korn, wie eine verschwindende braune oder violette Wolke. Durch Zusatz von Jod oder Jodzinkjod konnte keine zusammenhängende, ungelöste Substanz in der Flüssigkeit mehr nachgewiesen werden.

Eine kleine Partie des mit verdünnter Schwefelsäure ausgezogenen Kartoffelstärkemehls wurde in einem Uhrglas ausgewaschen, nach Wegnahme des Wassers mit Jodzinklösung, welche mit Jod gesättigt war, übergossen, dann unbedeckt stehen gelassen. Die schwarzbraunen Körner wurden auch hier mit dem Verdunsten des Wassers aufgelöst, indem sie mit brauner oder violetter Farbe zerflossen.

Ich habe unter den Mitteln, welche die Cellulose leichter lösen, als das Amylum, das Ferment der faulenden Kartoffeln nicht aufgeführt, indem ich die Ueberzeugung nicht aufgeben kann, dass die Zellmembranen bloss wegen der eingelagerten Proteinverbindungen schneller der Zersetzung und Auflösung verfallen (Stärkekörner pag. 194). Mohl

dagegen meint, ehe diese Erklärung für richtig anerkannt werden könnte, müsste sie „durch vergleichende Beobachtungen über die Wirkung dieses Fermentes auf gereinigte Cellulose und auf Stärkemehl erwiesen werden.“

Darauf muss ich bemerken, dass nach meiner Ansicht Mohl sich im Irrthum befindet, wenn er den thatsächlichen Beweis mir zuzuschieben sucht. Es handelt sich um die Erklärung des Factums, dass in den faulenden Kartoffeln die Zellmembranen verschwinden und die Stärkekörner unverletzt bleiben. Ich erkläre dieses Factum aus einer für andere Fälle schon lange bekannten und allgemein anerkannten Ursache; ich befinde mich dabei in Uebereinstimmung mit Chemikern und Technikern, welche seit Jahren die Cellulose des Holzes dadurch zu schützen suchen, dass sie die eingelagerten Proteinsubstanzen entweder zerstören oder binden. Für die faulenden Kartoffeln wird nun eine andere Erklärung vorgeschlagen; es wird hier ein lösendes Princip angenommen, das bisher unbekannt war. Nun scheint mir doch, dass eher die Anhänger dieser Theorie für ihr Novum den factischen Beweis zu leisten hätten.

Ich kann mir übrigens nicht recht denken, wie Mohl einen Versuch ausführen will, der den Anforderungen der Kritik genügt. Eiweissartige Verbindungen lösen Cellulose und Stärke auf. Um zu ermitteln, welche der beiden Substanzen leichter gelöst werde, müssten beide im Zustande gleicher Reinheit, gleicher moleculärer Beschaffenheit (weil dadurch die Löslichkeit wesentlich bedingt wird) und gleicher mechanischer Vertheilung (weil die Proteinsubstanzen vorzugsweise die Oberflächen angreifen) sich befinden. Ich halte es für unmöglich, diesen Bedingungen praktisch zu genügen.

IV. Eine Bemerkung über die chemischen Verbindungen, welche die Zellmembranen und Stärkekörner zusammensetzen.

Ich habe schon Eingangs bemerkt, dass die Frage, ob die Zellmembranen aus der nämlichen oder aus mehreren Verbindungen bestehen, noch weit von einer Lösung entfernt ist. Wir können bloss soviel mit Bestimmtheit sagen, dass wenn es nur Eine Verbindung giebt, auch die Grundlage der Stärkekörner mit derselben identisch ist. Die Bemerkung, die hier zu machen ich mir erlaube, betrifft nur die Untersuchungsmethode.

Es ist eine charakteristische Eigenthümlichkeit der organisirten Substanzen, dass sie nicht nur fremdartige Stoffe in den verschiedensten Mengenverhältnissen und den mannigfaltigsten Combinationen eingelagert enthalten, sondern dass sie überdem meistens aus zwei oft isomeren Verbindungen bestehen, welche innig mit einander gemengt sind. So sind die Stärkekörner aus Granulose und Cellulose zusammengesetzt; eine ganz analoge Zusammensetzung haben, wie ich oben erwähnte, die Flechtenschläuche und die Zellwandungen in verschiedenen Saamen. Auch die Protein- und Farbcristalloide lassen sich in zwei Stoffe von ungleicher Löslichkeit zerlegen. Einige Thatsachen lassen mich vermuthen, dass noch manche andere Zellmembranen sich ebenso verhalten, ja dass es vielleicht eine allen Membranen gemeinsame Eigenthümlichkeit ist.

Wenn diese Vermuthung gegründet ist, so kann die gewöhnliche mikro-chemische Untersuchung über die chemische Natur der die Zellmembranen zusammensetzenden Verbindungen lediglich keinen Aufschluss geben. Die Membranen müssen nicht bloss von den fremden Einlagerungen (Salzen etc.) gereinigt, sondern sie müssen auch in die verschiedenen isomeren Verbindungen zerlegt werden. Diess ist nun

nicht durch die gewöhnliche Behandlungsweise zu bewerkstelligen; da es sich um Verbindungen handelt, welche sehr wenig von einander verschieden sind, so kann die leichter lösliche nur durch die lange, viele Wochen und Monate dauernde, ja vielleicht Jahre erfordernde Einwirkung eines schwachen Lösungsmittels entfernt werden. Ueber den fortschreitenden Erfolg dieser Einwirkung kann bloss die mikroskopische Untersuchung Aufschluss geben; desswegen muss jedenfalls eine mikro-chemische Untersuchung vorausgehen und der schliesslichen chemischen Analyse das Material kritisch zurechtlegen.

Eine andere Frage, welche sich unmittelbar anknüpft, und welche die Beziehung der eine Membran oder ein Stärkekorn zusammensetzenden isomeren Verbindungen unter einander betrifft, muss ebenfalls auf mikroskopischem Wege gelöst werden. Es handelt sich darum, ob die genannten Verbindungen in genetischer Beziehung zu einander stehen, ob die eine aus der andern sich bilde und auf künstlichem oder natürlichem Wege wieder in sie übergehen könne. Diese Frage ist nicht nur an und für sich von Interesse, sie gewinnt an Wichtigkeit, weil sie auch ihrerseits zur Entscheidung des Problems beitragen kann, ob die Membranen und die Grundlage der Stärkekörner aus einer einzigen oder aus verschiedenen chemischen Verbindungen bestehen.

Wenn man die Entwicklungsgeschichte der Stärkekörner und gewisser Zellmembranen studirt und die verschiedenen Alterszustände mit einander vergleicht, so drängt sich oft der Gedanke auf, ob nicht von den beiden constituirenden Verbindungen die leichter lösliche in die festere übergehe. Wenn man ferner jene Gebilde mit verschiedenen Quellungsmitteln behandelt, so scheint es wieder, als ob die festere Verbindung in die leichter lösliche zurückgeführt werde. Offenbar steht die Lösung beider Fragen im engsten Zusammenhang. Der Beantwortung der erstern stellen

sich, wie überall, wo es sich um die Bildungsgeschichte chemischer Verbindungen in dem pflanzlichen Organismus handelt, fast unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Der zweiten lässt sich eher beikommen.

Ich bin früher der Annahme Schleiden's, dass die Cellulose durch Behandlung mit Schwefelsäure in Stärke, d. h. theilweise in Granulose übergehe, gefolgt. Mohl hat dagegen Einsprache erhoben (Bot. Zeit. 1859 p. 234). Es ist überflüssig, die daselbst vorgebrachten Einwürfe näher zu erörtern; ich würde meine frühere Ansicht aufrecht halten, wenn die Zellmembranen, nachdem sie die Einwirkung der Schwefelsäure erfahren haben, durch Jod und Wasser wirklich gebläut würden. Ich habe nun aber in einer früheren Mittheilung (Sitzung vom 16. Mai 1863) gezeigt, dass die Zellmembranen, mit Ausschluss der Flechtenschläuche, wenn sie durch Jod bei Anwesenheit irgend einer Verbindung, sei es Schwefel- oder Phosphorsäure, sei es Jodwasserstoffsäure oder eines Jodmetalls, blau gefärbt wurden, nach vollständigem Auswaschen auf die Einwirkung von wässriger oder frischer weingeistiger Jodlösung nicht mehr blau reagiren. Wenn ausnahmsweise auf einzelnen Präparaten stellenweise eine blassblaue Färbung zum Vorschein kam, so war dieselbe Folge davon, dass das Auswaschen unvollkommen stattgefunden hatte. Da nun bei mehreren dieser Versuche die Cellulose zum Theil aufgelöst und in Dextrin übergeführt worden, so hätte auch ein Theil in Granulose umgewandelt sein müssen, wenn diese ein Uebergangsprodukt wäre, und da die Anwesenheit einer geringen Menge Granulose durch eine intensive Bläuung sich kund giebt, so hätte diese Jodreaction dieselbe jedenfalls verrathen müssen. Ich glaube also sicher annehmen zu dürfen, dass die Cellulose der meisten Zellmembranen, wenn sie in Dextrin übergeht, vorher nicht eine Umwandlung in Granulose erfährt.

Ueberdem kann diese Frage nun als obsolet betrachtet
[1863. II. 1.]

werden. Seitdem es feststeht, dass die gewöhnlichen Zellmembranen durch Jod und Wasser sich nicht bläuen, und dass sie keine Granulose enthalten, fällt auch der Grund weg, warum man früher jene Umwandlung erwarten durfte. Es handelt sich jetzt darum, ob von den beiden constituirenden Verbindungen die festere in die leichter lösliche übergeführt werde. Bloss für die Stärkekörner und die Flechtenschläuche behält die Frage ihre frühere Fassung, ob nämlich die Celluloseformen, welche ihre Grundlage bilden, in die damit vermengten Granuloseformen übergeführt werden können oder nicht. Meine Beobachtungen reichen in dieser Beziehung nicht aus, und ich muss die Frage noch offen lassen. Wenn die durch Säuren ausgezogenen Kartoffelstärkekörner, welche durch Jod und Wasser keine oder nur eine gelbliche Farbe annehmen, durch Jod in Jodwasserstoffsäure intensiv blau gefärbt, darauf gut ausgewaschen und dann mit frischer Jodtinktur oder mit wässriger Jodlösung behandelt werden, so färben sie sich sogleich fleischroth oder orange und gehen theilweise bald in ein mattes Violett oder selbst in ein helles und mattes Blau über. Diess beweist, dass die Körner schon durch die Einwirkung der Jodwasserstoffsäure eine Veränderung erfahren; allein es bleibt eine doppelte Erklärung möglich. Diese Veränderung kann darin bestehen, dass ein Theil der Amylocellulose in Granulose übergeführt wird, oder auch darin, dass zurückgebliebene Granuloseheilchen, die von der Cellulose eingehüllt waren, durch die quellende oder lösende Wirkung des Jodzinks blossgelegt und dem Jod zugänglich werden.

Die ausgezogenen Kartoffelstärkekörner ertragen keine energischere Einwirkung. Wenn man sie mit Jod in Jodwasserstoffsäure oder bloss mit Jod eintrocknen lässt (wobei sich ebenfalls Jodwasserstoffsäure bildet) und dann mit Wasser befeuchtet, so zerfliessen sie meistens in eine blaue oder violette Wolke. Das Nämliche geschieht, wenn man sie mit

Jod und Schwefelsäure behandelt. Es lässt sich daher auf diesem Wege nicht ermitteln, ob eine Umwandlung der Amylocellulose in Granulose bewirkt werden könne oder nicht.

Historische Classe.

Sitzung vom 20. Juni 1863.

Herr Giesebrecht hielt einen Vortrag

„über die fränkischen Reichs-Annalen“.

Der Vortrag soll mit einer zweiten Abtheilung vermehrt in das Jahrbuch der historischen Classe aufgenommen werden.