10378761

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.

534

einer Gruppe nebeneinander liegender Körner schon ziemlich intensiv gefärbt, indess diese noch vollkommen farblos erscheinen.

B. Ueber die ungleiche Vertheilung gelöster Stoffe in dem Wassertropfen eines mikroskopischen Präparates.

Bei der Untersuchung über die Einwirkung des Jod auf das Stärkemehl zeigte sich in vielen Fällen, dass der Rand des unbedeckten Präparates eine andere Farbe annahm, als die übrige Fläche. Ich suchte die Ursache dieser Erscheinung in dem Umstande, dass bei der Verdunstung der Flüssigkeit eine Anhäufung der gelösten Stoffe an dem Rande statt finde und dass je nach der Natur dieser Stoffe bald eine Farbenänderung nach Blau, bald nach Gelb erfolge (siehe die Mittheilung in der Sitzung vom 14. Februar 1863).

Da diese Erscheinungen von allgemeinem Interesse für die mikroskopischen Beobachtungen sind, so habe ich einige Versuche angestellt, welche geeignet schienen, darzuthun, ob wirklich in dem Flüssigkeitstropfen, welcher auf dem Deckglas sich befindet, so beträchtliche Differenzen in der Concentration eintreten können, und wodurch dieselben bedingt werden. Die beobachteten Thatsachen sind folgende.

1. Breitet man auf einer Glasplatte einen Tropfen gesättigter Salzlösung ohne Deckglas aus (z. B. Bittersalz, Kochsalz, Jodkalium), so beginnt die Krystallisation am Umfange. An dem trocken gewordenen Präparat bildet dann das Salz entweder einen Wall von krystallinischer Substanz am Rande und einzelne Krystalle im Innern, oder einen Kreis grösserer Krystalle am Rande und kleinere Krystalle im Innern. Dasselbe nimmt immer von der Peripherie nach dem Centrum für die Flächeneinheit an Masse ab. Ist die

Salzlösung verdünnt, so bleibt das Verhältniss zwischen Umfang und übriger Fläche dasselbe, indem dort immer eine reichlichere Ablagerung von Krystallen statt hat.

Giebt man der Glasplatte, auf welcher sich der Tropfen Salzlösung befindet, eine geneigte Lage, so beginnt die Krystallisation am obern Rande und schreitet von da abwärts. Eine unterste Zone trocknet später gleichzeitig ein, indem sich an dem Umfange derselben ebenfalls eine etwas grössere Menge Salz ablagert.

2. Ein Tropfen Salzlösung (wie No. 1) wird auf dem Objektträger ausgebreitet und darüber ein in der Mitte mit einem Loch versehener Deckel gestürzt, (man kann sich des Deckels eines Pappkästchens bedienen, in welchem man eine runde Oeffnung ausgeschnitten hat), so dass das Loch über die Mitte des Präparates zu liegen kommt und die Flüssigkeit nirgends berührt wird. Wenn der Tropfen hinreichend gross ist und nur eine kleine mittlere Partie desselben unter der Oeffnung des Deckels sich befindet, so beginnt die Krystallisation an dieser Stelle. Nach einiger Zeit schiessen auch längs des Randes Krystalle an. Nach dem Eintrocknen hat man sowohl in der Mitte des Präparates, als an dessen Rande je eine grössere Anhäufung von Krystallen.

Für die beiden Versuche 1 u. 2 ist ein Salz, das in Würfeln krystallisirt, vorzüglicher, als ein solches, das in Nadeln anschiesst. Uebrigens hängt der Erfolg von der Grösse und Tiefe des Wassertropfens und bei der Bedeckung desselben noch ausserdem von dem guten Verschluss des Deckels, von seinem vertikalen Abstande und von der Grösse des Loches ab. Im Allgemeinen sind die folgenden Versuche viel besser geeignet, um die locale Anhäufung der Lösung darzuthun.

3. Breitet man einen Tropfen verdünnte Salzsäure, in welcher die Stärkekörner nicht aufquellen (deren specifisches Gewicht z. B. = 1,05), auf dem Objektträger aus und vermengt damit etwas Kartoffelstärkemehl, so beginnt nach ei-

niger Zeit das Aufquellen der Körner am Rande des Tropfens und schreitet nach dem Mittelpunkte hin fort. Man kann diesen Process unter dem Mikroskop Schritt für Schritt verfolgen, und man beobachtet alle Stadien des Aufquellens neben einander. Man sieht die Veränderung auch von blossem Auge, indem das körnige Präparat vom Umfange aus homogen und glatt wird.

Das nämliche Resultat wird erhalten, wenn man, statt Salzsäure, ein anderes Quellungsmittel z. B. Schwefelsäure oder Kalisösung von hinreichender Verdünnung anwendet.

4. Ist bei dem Versuch No. 3 der Objektträger wenig geneigt, so beginnt das Aufquellen der Stärkekörner an der höchsten Stelle des Randes, und setzt sich von da aus rechts und links längs desselben fort. Bei starker Neigung des Objektträgers quillt das Stärkemehl in der ganzen obern Hälfte des Präparats auf, während es in der untern noch unverändert bleibt.

5. Wenn man in dem Versuche No. 3 eine äusserst verdünnte Lösung von Aetzkali, Schwefelsäure oder Salzsäure anwendet, so trocknet das Präparat ein, wobei nur die längs des Randes befindlichen Stärkekörner aufquellen, alle übrigen aber unverändert bleiben.

6. Ein Tropfen verdünnter Salzsäure (wie No. 3) wird mit Kartoffelstärkekörnern auf den Objektträger gebracht und ein Deckglas darauf gelegt. Das Aufquellen beginnt rings am Rande des Deckglases und schreitet nach der Mitte fort. Der Process geht aber viel langsamer vor sich, als wenn das Präparat unbedeckt ist. Reicht die Flüssigkeit nur an einzelnen Stellen bis an den Rand des Deckglases, so fängt hier das Aufquellen an. Berührt sie nirgends den Rand, so zeigen sich die ersten Quellungserscheinungen gewöhnlich da, wo der Rand des Flüssigkeitstropfens die geringste Höhe hat.

Der weitere Verlauf ist unregelmässig und hängt von verschiedenen Verhältnissen ab (Abstand der Flüssigkeit vom

Rande des Deckglases, Höhe des Zwischenraumes zwischen den beiden Gläsern, Gestalt des Flüssigkeitstropfens und des Deckglases).

7. Ein Tropfen verdünnter Salzsäure wird mit Kartoffelstärkekörnern auf einer Glasplatte ohne Deckgläschen ausgebreitet, wie No. 3, und darüber ein in der Mitte durchlöcherter Deckel gestürzt, wie No. 2. Das Aufquellen der Stärkekörner beginnt in der Mitte des Präparates (mitten unter der Oeffnung) und schreitet von da nach Aussen. Etwas später hebt es auch am Rande an und setzt sich von da nach innen fort, so dass also vor vollständigem Aufquellen noch ein concentrischer Ring von nicht aufgequollenen Körnern zwischen der Peripherie und dem Centrum, aber näher der erstern, sichtbar ist.

8. Ist bei dem Versuch No. 7 die Säure äusserst verdünnt, so quellen nur Körner in der Mitte des Präparats unter der Oeffnung auf; auf dem ganzen übrigen Präparat trocknen sie ohne Quellungserscheinungen ein. Ist die Säure wenig concentrirter, so hat man in der Mitte eine grössere Stelle, wo das Stärkemehl sich in Kleister verwandelt, und rings am Umfange sind es nur einzelne Körner, die aufquellen.

9. Bringt man einen Tropfen Jodwasserstoffsäure, in in welcher etwas Jod gelöst ist, auf den Objektträger, giebt etwas Kartoffelstärkemehl hinein, und lässt dann das Präparat eintrocknen, so weichen die am Rande befindlichen Körner in doppelter Beziehung von den übrigen ab, sie werden einmal roth oder gelb und ferner quellen sie auf, indess die andern blau oder violett und ungequollen bleiben. Uebrigens sind die Erscheinungen sehr verschieden je nach der Concentration der Jodwasserstoffsäure, nach der Menge des daringelösten Jod und nach der Menge des hineingegebenen Stärkemehls. Es quellen im Allgemeinen um so mehr Körner auf, je concentrirter die Säure ist, und je weniger Jod in die Körner eingelagert wird. Daher erhält man z.

B. mit der gleichen Jodwasserstoffjodlösung nur einzelne aufgequollene Körner, wenn man weniger Stärkemehl, zahlreiche, wenn man mehr Stärkemehl anwendet; denn in dem letztern Falle vermag die geringe Jodeinlagerung, welche auf das einzelne Korn trifft, dasselbe nur unvollkommen zu schützen. Wenn im Verhältniss zum Jod wenig Stärkemehl auf dem Objektträger befindlich ist, so kann es geschehen, dass überhaupt keine Quellungserscheinungen eintreten, und dass die Körner am Rande bloss durch die Farbe von den übrigen abweichen. Ist aber das Jod verhältnissmässig sehr reichlich vorhanden, so können alle Körner so dunkel werden, dass man keinen Unterschied in der Farbe mehr wahrnimmt.

10. Wenn man in dem Versuche No. 9 die Jodwasserstoffsäure durch Jodzink ersetzt, so erhält man ein etwas anderes Resultat, weil in jenem Falle alle 3 Substanzen, (Wasser, Jod und Jodwasserstoffsäure) verdunsten, in diesem nur zwei (Wasser und Jod), während die dritte (Jodzink) zurückbleibt. Die Folge davon ist einmal, dass die Quellungserscheinungen am Rande des Präparates fast nie ausbleiben; diess geschieht nämlich nur dann, wenn die Jodzinklösung äusserst verdünnt ist. Ferner weicht die Färbung an den verschiedenen wirklich trocken gewordenen Stellen in der Regel nur wenig von einander ab. Endlich trocknet der Rand des Präparats, wo sich das Jodzink anhäuft, gewöhnlich nicht vollständig ein und die daselbst befindlichen aufgequollenen Stärkekörner nehmen eine violette Farbe an, während die innerhalb des Randes liegenden, nicht aufgequollenen, aber ausgetrockneten Körner braunorange sind.

Ist in der verdünnten Jodzinklösung nur wenig Jod enthalten, so sind nach einiger Zeit in dem noch feuchten Präparat die Stärkekörner längs des Randes orangefarben, die übrigen blauviolett. Später quellen die orangefarbenen Körner (alle oder nur die äussern) auf und werden violett, in-

dess die blauvioletten Körner eintrocknen und eine braunrothe oder braungelbe Farbe annehmen. — Enthält die Jodzinklösung so viel Jod, dass die Stärkekörner nicht alles einzulagern vermögen, so sammelt sich der Ueberschuss am Rande des Präparates an und färbt die Flüssigkeit daselbst braungelb, indess die letztere auf der übrigen Fläche neben den dunkeln Stärkekörnern farblos ist.

11. Fertigt man von Stärkemehl, das etwas zerrieben wurde, so dass manche Körner gespalten sind, ein unbedecktes Präparat in Wasser an und legt einige Jodstückchen darauf, so färbt sich ausser den Stärkekörnern auch der Rand der Flüssigkeit blau. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man statt des Stärkemehls, Durchschnitte durch gewisse Zellgewebe (Samenlappen von Mucuna, Hymenaea, Albumen von Cyclamen etc.) mit einer verdünnten Lösung von Jodwasserstoffsäure, die etwas Jod enthält, auf den Objektträger bringt.

Aus den mitgetheilten Thatsachen ergibt sich folgende Erklärung. Wenn die Verdunstung an der freien Fläche eines flachen Flüssigkeitstropfens ungleich stark ist, so muss eine Strömung nach den Punkten der stärkeren Verdunstung eintreten, welche nach Umständen zuweilen theilweise durch den hydrostatischen Druck, immer aber und vorzugsweise durch capilläre Anziehung eine Zeit lang unterhalten wird. Durch diese Strömung und stärkere locale Verdunstung erfolgt eine Anhäufung der gelösten Substanzen an den betreffenden Stellen, da die Diffusionsströmung, welche in entgegengesetzter Richtung thätig ist, viel langsamer wirkt.

Wenn der Flüssigkeitstropfen auf einer horizontalen Glastafel nicht bedeckt ist, so ist wegen seiner Form die Verdunstung am Rande für die Einheit der Grundfläche grösser, als in der Mitte. Wäre sie aber auch überall gleich gross, so müsste sie dennoch eine Strömung von der Mitte nach dem Umfange zur Folge haben, weil hier durch die Verminderung der Flüssigkeit fortwährend das Gleichgewicht

zwischen Adhäsion und Cohäsion gestört wird. Die Form des Randes entspricht nämlich genau der Capillaranziehung zwischen Objectträger und Flüssigkeit. Sowie nun die Verdunstung den Querschnitt desselben verändert, so wird er durch nachströmendes Wasser sogleich wieder hergestellt.

Befindet sich der unbedeckte Flüssigkeitstropfen auf einer geneigten Glasplatte, so wird durch die Verdunstung an der obern Seite, wo der Rand der Flüssigkeit flacher ist, das capilläre Gleichgewicht stärker beeinträchtigt, als unten, und es ist daher die Strömung nach dem obern Rande stärker. Ist die Glasplatte stark geneigt, so kann die Strömung nach dem obern Rande so sehr überwiegen, dass dort allein die Folgen der grössern Concentration der Lösung sichtbar werden.

Wenn der Flüssigkeitstropfen zwischen zwei Glastafeln eingeschlossen ist, so kann die Verdunstung selbstverständlich nur an seinem Rande erfolgen, und es muss daher, solange die beiden Gläser sich einander nähern können, eine Strömung von der Mitte nach dem Rande zu stattfinden. Verdunstung und Strömung sind aber viel langsamer als an einem unbedeckten Tropfen, und desswegen kann die Diffusion viel eher eine Ausgleichung der durch jene hervorgerufenen ungleichen Concentration der Lösung herbeiführen.

Geht der Flüssigkeitstropfen bis an den Rand des Deckglases, so ist die Verdunstung immerhin so energisch, dass hier die Folgen einer höhern Concentration sichtbar werden. Berührt die Flüssigkeit nirgends den Rand des Deckglases, so haben auf die Verdunstung, auf die dadurch bewirkte Strömung und auf die aus beiden hervorgehende ungleiche Concentration der Lösung offenbar verschiedene Verhältnisse Einfluss. Dazu gehört die Gestalt des Tropfens, seine Mächtigkeit in jedem Punkt, die Entfernung der einzelnen Stellen seines Randes von dem Rande des Deckglases, der Abstand zwischen den beiden Gläsern auf den verschiedenen

Seiten des Tropfens, der Umstand, ob dieselben überall oder stellenweise sich noch nähern können oder nicht, wenn die zwischenliegende Flüssigkeit sich vermindert. Es ist demnach begreiflich, dass die Vertheilung der ungleichen Concentration sehr mannigfaltig sein muss und dass sie für jeden einzelnen Fall sich etwas anders gestaltet.

Es ist kaum nöthig darauf hinzuweisen, dass die Beschaffenheit der ungleichen Concentration, abgesehen von den äussern Bedingungen des Präparats, wesentlich auch von der Natur der Flüssigkeit und der darin gelösten Stoffe abhängt. Im Vorstehenden wurde, was auch der gewöhnliche Fall ist, immer vorausgesetzt, dass in einer leichter verdunstenden Flüssigkeit (Wasser) entweder eine schwerer verdunstende oder eine fixe Substanz gelöst sei. Dann kann an den Stellen der stärkern Verdunstung eine Zunahme der Concentration erfolgen, entweder bis die lösende Flüssigkeit und die gelöste Substanz in gleichem Maasse sich verflüchtigen, wie diess mit Wasser und Salzsäure oder mit Wasser und Jodwasserstoffsäure der Fall ist, oder bis der gelöste Stoff heraus krystallisirt, wie diess bei Salzen geschieht, oder bis die nicht verdunstungsfähige, gelöste Verbindung die verminderte Menge der lösenden Flüssigkeit mit einer Kraft zurückhält, welche ihrer Neigung zur Verdunstung das Gleichgewicht hält, wie diess mit Wasser und Schwefelsäure oder mit Wasser und Jodzink eintritt.

Die besprochenen Thatsachen sind für die mikroskopischen Beobachtungen in dreifacher Beziehung von Wichtigkeit.

1. Dienen sie dazu, ungleiche Veränderungen zu erklären, die an verschiedenen Stellen des nämlichen Präparates eintreten.

2. Erlauben sie eine Veränderung wiederholt auf dem nämlichen Präparat und in beliebiger Langsamkeit eintreten zu lassen, und dabei Differenzen zur Anschauung zu bringen, welche sonst übersehen werden.

3. Machen sie es möglich die geringsten Mengen einer gelösten Substanz, die sonst auf keine Weise nachgewiesen werden können, wahrzunehmen.

Was den ersten Punkt anbelangt, so trifft der Mikroskopiker, welcher mit Lösungs-, mit Quellungs- oder mit Färbungsmitteln arbeitet, zuweilen auf ganz räthselhafte Erscheinungen. An einzelnen Stellen seines Präparates findet Lösung statt, an andern nicht; — an einzelnen Stellen quellen die Objekte auf, an andern nicht; oder es ist dort das Aufquellen stärker als hier; — an einzelnen Stellen tritt Färbung ein, an andern nicht; oder die erzeugte Farbe ist verschieden: — obgleich in allen diesen Fällen nach der Sorgfalt, mit der das Präparat angefertigt wurde, ein gleiches Verhalten an allen Punkten desselben erwartet werden durfte. Namentlich zeigt sich häufig eine Verschiedenheit zwischen dem Rande und der innerhalb des Randes befindlichen Fläche. Ein Paar Beispiele wurden von mir in den Mittheilungen über die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen angeführt. Ich habe bei den betreffenden Untersuchungen Präparate gehabt, die durch ungleiches Aufquellen und durch die verschiedensten Farben sich auszeichneten, und die erst verständlich wurden, als die Versuche erwiesen, wie ungleich während der Verdunstung die Concentration der Beobachtungsflüssigkeit an verschiedenen Stellen werden kann.

Was den zweiten Punkt betrifft, so liegt es zwar sehr nahe, einen Lösungs-, Quellungs- oder Färbungsprocess dadurch herbeizuführen, dass man unter dem Mikroskop eine Lösung durch Verdunstung concentrirter werden lässt. Allein diese Methode gewinnt erst ihre volle Bedeutung, wenn man den Process, indem man seinen lokalen Verlauf zum Voraus kennt, nach Belieben verfolgen und alle Stadien der Veränderung nicht nur nacheinander, sondern auch nebeneinander beobachten kann.

Ich will ein Beispiel anführen. Für die Kenntniss der

Stärkekörner ist das Studium ihrer Quellungserscheinungen von Wichtigkeit. Dasselbe lässt sich auf verschiedene Weise anstellen. Man kann ein Präparat von unverändertem Stärkemehl in Wasser etwas über der Weingeistflamme erhitzen. Wenn man gehörig verfährt, so wird man wegen der ungleichen Einwirkung der Wärme alle möglichen Zustände von den ganz unveränderten bis zu den vollständig aufgequollenen beisammen haben. Man kann ferner einem Präparat in Wasser Schwefelsäure oder Aetzkali zusetzen und wahrnehmen, wie bei dem Fortschreiten der Säure oder des Kali Korn für Korn aufquillt. Noch mehr empfiehlt sich aber das Verfahren, das sich auf die mitgetheilten Versuche stützt, Stärkemehl in sehr verdünnter Säure oder Aetzkalilösung auf den Objektträger zu bringen. Man weiss, wo das Aufquellen beginnen muss und wohin seine fortschreitende Einwirkung sich wenden wird; man kann ferner, je nach der Lösung, die man anwendet, je nachdem man das Präparat bedeckt oder nicht, und namentlich bei bedecktem Präparat je nach der beobachteten Stelle, den Aufquellungsprocess nach Belieben äusserst langsam oder weniger langsam eintreten lassen. Man hat somit den Vortheil, fortwährend Körner, die im Aufquellen begriffen sind, beobachten und alle Stadien des Processes an nebeneinander liegenden Körnern vergleichen zu können.

Aehnlich, wie mit den Beobachtungen über das Aufquellen, verhält es sich auch mit denjenigen über Lösung und Färbung, überhaupt mit der Untersuchung von Processen, welche durch eine vermehrte Concentration der Beobachtungsflüssigkeit bedingt werden.

Besonders aber empfiehlt sich die besprochene Methode, wo es sich darum handelt, äusserst geringe Verschiedenheiten der Objekte zur Anschauung zu bringen. Die Kartoffelstärkekörner weichen von den Weizenstärkekörnern in der Verwandtschaft zu Jod, in Quellungs- und Lösungsfähigkeit ab; sie zeigen dieses abweichende Verhalten jedoch bloss dann, wenn die Concentration der Flüssigkeit eine unmerkliche Zu-

nahme erfährt. Diese unmerkliche Zunahme lässt sich aber auf praktischem Wege am besten herstellen, wenn durch ungleiche Verdunstung der gelöste Stoff sich an bestimmten Stellen des Präparats langsam anhäuft.

Was endlich den dritten Punkt, die Auffindung von Substanzen, die in äusserst geringen Mengen vorkommen, betrifft, so dürfte hierin die Thatsache, dass der gelöste Stoff in einem flach ausgebreiteten Wassertropfen sich ungleich vertheilt, ihre grösste Bedeutung erlangen. Es ist oft von Wichtigkeit zu wissen, ob in dem mikroskopischen Präparat, das man untersucht, gewisse lösliche Verbindungen enthalten sind. Wenn dieselben durch eine bestimmte Reaction kenntlich, aber nur in Spuren vorhanden sind, so wird man diese Spuren vermittelst des Mikroskops längs des Randes des unbedeckten Tropfens auffinden. Der leicht zu übersehende Umstand, z. B. dass an der Peripherie eines Stärkemehlpräparats einzelne Körner mit Quellungserscheinungen sich befinden, beweist die Anwesenheit einer äusserst geringen Menge von Säuren oder Alkalien.

Durch dieses Mittel wurde es mir möglich nachzuweisen, dass kaltes Wasser entweder für sich oder mit einem geringen Zusatz von Jodwasserstoffsäure oder Jodzink einen kleinen Theil der Flechtenschläuche, sowie auch der Membranen in den Saamenlappen von Hymenaea, Mucuna und im Saameneiweiss von Cyclamen auflöst. Ich habe die betreffenden Beobachtungen in der Mittheilung vom 16. Mai 1863 angeführt. Es ist mir selbst gelungen, aus zerriebener Baumwolle eine geringe Menge Cellulose durch verdünnte Jodwasserstoffsäure oder durch Jodzinklösung auszuziehen. Zusatz von Jod färbte den Rand des Präparats an einzelnen Stellen in gleicher Weise, wie die Baumwollfäden selbst; die gefärbte Zone am Rande war aber äusserst schmal und nur mit etwa 200-maliger linearer Vergrösserung deutlich zu sehen.