

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1862. Band I.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1862.

In Commission bei G. Franz.

480

D

1860 und fällt 1861 nahezu wieder auf den Stand des Jahres 1858 zurück. Das Grundwasser aber fällt bis zum Jahre 1857, bleibt 1858 nahezu auf gleicher Höhe, steigt aber dann beträchtlich bis 1861, wo es bedeutend höher steht, als 1860, während sich die Mengen der Niederschläge von 1860 und 1861 gerade umgekehrt verhalten.

Woher es komme, dass das Grundwasser eines Ortes sich so ungleich mit den örtlichen Niederschlägen zeigen könne, mag vorläufig unerörtert bleiben. Man kann verschiedene Hypothesen als Ausgangspunkt für Untersuchungen hierüber wählen, aber ich glaube, es sind in dieser Erkenntniss zunächst keine grossen Fortschritte zu machen, ehe man nicht für mehrere Orte, aus verschiedenen Gegenden 14tägige Beobachtungen während einer längeren Reihe von Jahren gesammelt hat. Ich dünke, es sollte von jedem grösseren Orte zu wissen interessant sein, wie hoch die Menschen zu Zeiten über dem Wasser stehen, welches sich unter ihren Füßen und unter ihren Wohnungen befindet. Dieses Interesse liegt uns sicherlich ebenso nahe, als zu wissen, wie hoch man über dem adriatischen Meere und der Nordsee, oder wie tief man unter der Spitze des Chimborasso oder des Mont-blanc sei.

Herr Nägeli sprach über seine

„Beobachtungen über das Verhalten des polarisirten Lichtes gegen pflanzliche Organisation.“

1. Die Anwendung des Polarisationsapparates auf die Untersuchung der vegetabilischen Elementartheile.

Abgesehen von vereinzelt frühern Beobachtungen wurde das Polarisationsmicroscop zuerst von Karl von Erlach

(Müllers Archiv 1847 p. 313), Ehrenberg (Berichte der Verhandlungen der Berliner Akademie 1849, p. 55 und Schacht (Pflanzenzelle 1852 p. 429) systematisch auf die Untersuchung der Pflanzengewebe angewendet. Diese Forscher beschäftigten sich vorzüglich mit der Frage, ob und welche Elementartheile doppelbrechend seien oder nicht.

Erlach kam, gestützt auf eine geringe Zahl genauer Beobachtungen, zu dem Schlusse, dass keine der bis dahin untersuchten organischen Substanzen an sich einfachbrechend sei, dass die Doppelbrechung um so deutlicher werde, je weiter die Substanz in ihrer Entwicklung fortgeschritten, und dass in faserigen Gebilden die eine Schwingungsrichtung parallel zur Längsaxe, in Membranen senkrecht auf die Flächenausdehnung stehe.

Ehrenberg gewann als Resultat einer grossen Menge von Beobachtungen, dass von den pflanzlichen Elementartheilen die einen einfach- die andern doppelbrechend seien, dass der Grund der optischen Wirkung nicht allein in der organischen Structur, sondern zuweilen auch in einer doppelbrechenden Substanz liege, welche die Membranen überziehe und sich durch Säuren entfernen lasse, dass endlich die doppelbrechenden Eigenschaften der organischen Substanzen nicht aus Spannungsverhältnissen, sondern aus einem crystallinischen Zustande abzuleiten seien.

Schacht glaubte ebenfalls, dass manche Zellenmembranen, besonders die jugendlichen, nicht auf das polarisirte Licht wirken, und dass man vermittelst desselben entscheiden könne, ob eine Pflanzenzelle bereits Verdickungsschichten gebildet habe oder nicht. Im Ganzen aber legt er wenig Werth auf den Polarisationsapparat, indem er sagt, derselbe sei am Microscop mehr für ausserordentliche hübsche Spielereien als zur wissenschaftlichen Belehrung geeignet (Microscop 1855 p. 29).

In einer sehr gründlichen Arbeit förderte Hugo von Mohl (bot. Zeit. 1858 p. 1) die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hilfe des polarisirten Lichtes um einen wichtigen Schritt. Indem derselbe eine Verbesserung in der Beleuchtung

anbrachte, gelang es ihm, doppelbrechende Eigenschaften auch an solchen Membranen nachzuweisen, welche seine Vorgänger für einfachbrechend erklärt hatten; und er schloss aus seinen Beobachtungen, dass alle Zellenmembranen und Stärkekörner an sich doppelbrechend seien. Er entdeckte ferner, dass wenn man den polarisirten Lichtstrahl durch ein dünnes Plättchen von Gyps oder Glimmer gehen lässt, die organisirten Elementartheile analoge Verschiedenheiten zeigen wie positive und negative Crystalle. Er fand, dass die Zellenmembranen auf Quer- und Längsschnitten negative, die Stärkekörner, die cuticularisirten Membranen und die Membranen und Fasern von *Caulerpa* und *Bryopsis* positive Farben geben. Er fand ferner, dass die Zellmembranen von der Fläche betrachtet, in der Richtung der Faserung und Streifung ebenfalls optisch negativ sich verhalten. Er schloss endlich aus seinen Beobachtungen, dass der optisch positive oder negative Charakter einer Substanz durch die chemische Zusammensetzung bedingt werde und dass ein optisch verschiedenes Verhalten auch eine chemische Verschiedenheit anzeige. Desswegen behauptete Mohl (bot. Zeit. 1859 p. 225), die Substanz, welche von einem Stärkekorn zurückbleibt, wenn man demselben nach dem von mir angewendeten Verfahren die durch Jod sich bläuende Verbindung (Granulose) entzieht, sei nicht Cellulose sondern eine neue Verbindung, die er Farinose nannte; denn diese Farinose gebe positive, die Cellulose aber negative Farben.

Valentin (Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte. 1861) gab eine durch Litteratur- und Sachkenntniss ausgezeichnete Darstellung der Polarisationserscheinungen und Polarisationsinstrumente. In denjenigen Abschnitten des praktischen Theils, welche von den vegetabilischen Elementarorganen handeln, wiederholte er im Wesentlichen die Angaben Mohl's, übersah aber die von diesem Beobachter hervorgehobene Thatsache, dass die von dem polarisirten Lichte senkrecht auf ihre Fläche durchsetzten Membranen Interferenzfarben zeigen, und kam in Folge dieses Versehens zu dem

Schlusse, dass die vegetabilischen Substanzen einaxig seien, dass die optische Axe der radialen Richtung folge und dass den Stärkekörnern wirklich ein positiver, den Membranen ein negativer optischer Charakter zukomme.

Ich habe in den Jahren 1859 und 1860 mich einlässlicher mit der Anwendung des Polarisationsmicroscops auf die Untersuchung der pflanzlichen Elementartheile beschäftigt, und theile hier vorläufig die Ergebnisse mit, welche die Anordnung und die Natur der optischwirksamen Theilchen in den Zellmembranen und den Stärkekörnern betreffen, indem ich mir die ausführlichere und motivirte Behandlung an einem andern Orte vorbehalte.

Zuerst muss ich eine kurze Auseinandersetzung der innern Structur der genannten Elementartheile vorausgehen lassen. Sie bestehen aus einer imbibitionsfähigen Substanz und sind im befeuchteten Zustande mit mehr oder weniger Wasser durchdrungen. Sie erscheinen in diesem Zustande geschichtet, wobei die Schichten im Allgemeinen mit der Oberfläche parallel laufen. Ist die Schichtung in wasserarmen Körpern zuweilen undeutlich, so kann sie sichtbar gemacht werden, wenn dieselben durch Quellungsmittel mit mehr Flüssigkeit imbibirt werden. Das geschichtete Aussehen rührt daher, dass die Schichten abwechselnd mehr und weniger Wasser enthalten und desswegen ein ungleiches Lichtbrechungsvermögen besitzen. Im trockenen Zustande erscheint die Substanz homogen, weil alle Schichten gleich wenig oder gar kein Wasser enthalten. Dieses homogene Aussehen tritt auch ein, wenn die Substanz von Natur oder durch künstliche Mittel sehr viel Wasser aufgenommen hat, indem nun die dichten Schichten den weichen ähnlich geworden sind. Ich habe diese Verhältnisse in meinen „Stärkekörnern“ auseinander gesetzt.

Betrachtet man die Membranen von der Fläche, so sieht man sie zuweilen gestreift; ich spreche hier nicht von den Fasern, welche einer Verdickung der Membran ihren Ursprung verdanken und auf deren innern oder äussern Fläche vorsprin-

gen, noch von den Falten der äussersten Schicht. Jene Streifung der glatten unverdickten Zellhaut hat zu der unpassenden Annahme verführt, sie bestehe aus sogenannten Primitivfasern. Mit der Streifung hat es nach meinen Untersuchungen gleiche Bewandniss wie mit der Schichtung. Sie rührt daher, dass in einer Schicht schmale Zonen abwechselnd mehr und weniger Wasser enthalten. Wenn wir das Bild der Fasern festhalten wollten, so könnten wir sagen, es bestehe jede Schicht einer Membran aus einer einfachen Lage von Fasern, von denen alternirend je die einen dicht und wasserarm, die andern weich und wasserreich seien.

Die Membranen sind aber in der Regel nicht nur nach einer, sondern nach zwei sich kreuzenden Richtungen gestreift. Die einen gewöhnlich etwas stärkern Streifen laufen in einer cylindrischen oder prismatischen Zelle zuweilen parallel mit der Axe, die andern etwas schwächern senkrecht zu derselben. Häufig haben die Streifen einen schiefen Verlauf, wobei die stärkern bald die steiler, bald die weniger steil aufsteigenden sind, indess die schwächern mit denselben genau oder fast genau einen Winkel von 90° bilden. Doch fand ich, dass bei *Cladophora hospita* der Winkel zwischen beiden Streifensystemen von 78 zu $86\frac{1}{2}^\circ$ variirt.

Diese beiden Streifungen verhalten sich gleich und bestehen beide aus abwechselnd dichten und weichen Zonen. Die Membran oder Membranschicht, von der Fläche betrachtet, zeigt somit ein parketartiges Aussehen. Sie besteht aus kleinen Quadraten oder quadratähnlichen Rhomben, welche durch 3 und vielleicht 4 verschiedene Grade des Wassergehaltes von einander verschieden sind. Die dichtesten (wasserärmsten) Felder entsprechen den Kreuzungsstellen der dichten, die weichsten (wasserreichsten) den Kreuzungsstellen der weichen Streifen, während die Kreuzungen von weichen und dichten Streifen einen oder zwei mittlere Grade des Wassergehaltes darstellen. Ich habe diese Verhältnisse am deutlichsten bei einigen Fadenalgen mit grossen Zellen, namentlich an *Chamaedoris* beobachten können.

Die Zellenmembran besteht also gleichsam aus 3 sich kreuzenden Schichtungen, ähnlich den Blätterdurchgängen der dreifach blättrigen Crystalle. Von denselben überwiegt eine die andern beiden in der Regel so sehr, dass diese neben ihr beinahe verschwinden; jene wird als Schichtung schlechthin, diese als Streifungen bezeichnet. Während aber bei den Crystallen die Blätterdurchgänge bloss die schichtenförmige Anordnung der kleinsten Theilchen anzeigen, so sind die Schichtung und die Streifungen der Membranen nicht bloss der Ausdruck für die Anordnung der Substanztheilchen, sondern wie ich eben zeigte auch für eine ungleiche Wassereinlagerung, indem immer dichte und weiche Zonen mit einander alterniren.

Dieses letztere Verhältniss steht in einer bestimmten Beziehung zum Wachsthum. Ich habe für die Stärkekörner nachgewiesen, dass dieselben sich durch Intussusception vergrössern, indem die dichten Schichten mächtiger werden, und wenn sie eine bestimmte Mächtigkeit erlangt haben, sich in zwei Blätter spalten, zwischen denen eine weiche Schicht eingelagert wird. Ich habe auch für einige Zellmembranen wahrscheinlich gemacht, dass das Dickenwachsthum nicht nach der bisherigen Annahme durch Apposition, sondern durch Intussusception geschehe (Stärkekörner p. 282). Ich kann jetzt beifügen, dass es mir gelungen ist, auch für verschiedene andere Beispiele die thatsächlichen Beweise für die Einlagerung zu gewinnen, und ich kann die allgemeine Giltigkeit des Satzes in Anspruch nehmen, dass auch bei den Zellmembranen die Schichtung durch Differenzirung im Innern erfolgt.

Was das Flächenwachsthum betrifft, so habe ich früher ebenfalls gezeigt, dass es nur durch Intussusception vor sich gehen kann (Stärkekörner p. 279). Die gestreifte Structur, die ich vorhin dargelegt habe und die eine vollkommene Analogie mit der Schichtung aufweist, macht es wahrscheinlich, dass beim Flächenwachsthum ganz analoge Vorgänge stattfinden wie beim Dickenwachsthum. Wie bei dem einen junge weiche Schichten, so werden bei dem andern junge weiche Streifen eingelagert.

Da aber das Flächenwachsthum eine Vergrösserung in 2 Richtungen in sich schliesst, so müssen auch die Streifungen in 2 Richtungen verlaufen, und es ist für die Mechanik des Wachstums bemerkenswerth, dass die beiden Richtungen fast ohne Ausnahme genau oder nahezu rechtwinklig sind.

Es ist nach dem, was ich eben über die Bedeutung der Schichtung und Streifung gesagt habe, begreiflich, dass dieselben um so deutlicher hervortreten, je rascher das ihnen entsprechende Dicken- und Flächenwachsthum erfolgt sind. Die Schichten sind am markirtesten in den grossen Stärkekörnern und den dicken Zellmembranen, die in kürzester Zeit sich gebildet haben. Die Streifen werden am sichersten gesehen an den Membranen grosser und langer Zellen, die binnen kurzer Zeit ihre beträchtliche Ausdehnung erlangten, so namentlich an den Zellen mancher niederer Algen.

Diese Auseinandersetzung über die Structurverhältnisse und deren Beziehung zum Wachsthum war nöthig, weil durch sie die Lagerung der Substanztheilchen bedingt wird und weil von der letztern die optischen Verhältnisse abhängen.

Um die Bedeutung der optischen Erscheinungen an den organischen Körpern würdigen zu können, müssen wir von einem möglichst einfachen Falle ausgehen, der gleichsam als Maass für die übrigen gelten kann. Gewöhnlich beginnt die Optik die Lehre von den doppelbrechenden Körpern mit dem einaxigen Crystall. In gewisser Beziehung dürfte es passend sein, das gepresste Glas mit zum Ausgangspunkt zu wählen, weil man hier die Verwandlung des isotropen Mediums in ein anisotropes verfolgen kann. Diess ist besonders nothwendig für die organischen Körper, weil hier die Analogie mit dem Crystall gar nicht oder nur sehr unvollständig festgestellt werden kann.

Wenn man ein Stück Glas, am besten einen Würfel oder überhaupt ein Prisma in der Richtung seiner Axe zusammenpresst, so wird es doppelbrechend und nimmt die optischen Eigenschaften des einaxigen negativen Crystalls an. Im Glas ist die Dichtigkeit des Aethers vor der Anwendung des Druckes

nach allen Richtungen die gleiche; nachher ist sie in der Richtung der Axe grösser. Wenn wir in dem nicht comprimierten Glas eine Kugel in Gedanken isoliren, so verwandelt sich dieselbe durch den Druck in ein Sphaeroid. Dasselbe kann als Ausdruck für die Aetherdichtigkeit gelten, indem diese sich umgekehrt wie die Radien oder Durchmesser verhält. Dieses Dichtigkeitsellipsoid hat die gleiche Lage wie das Ellipsoid für die Wellenfläche des extraordinären Strahls. — Wenn ein Glasprisma in der Richtung seiner Axe auseinander gezogen wird, so erhält es die Eigenschaften des positiven einaxigen Crystals. Die Aetherdichtigkeit vermindert sich dabei in der Richtung der Axe; sie wird durch ein in dieser Richtung verlängertes Rotationsellipsoid dargestellt, welches zugleich auch im Allgemeinen die Gestalt der Wellenfläche des ausserordentlichen Strahls angibt.

Die Aetherdichtigkeitsellipsoide müssen, da ihre Radien sich umgekehrt wie die Dichtigkeiten verhalten, naturgemäss auch die Elasticitätsellipsoide sein, weil der grössern Verdünnung des Lichtäthers die grössere Elasticität entspricht. Daraus glaube ich schliessen zu können, dass die Strahlen in ihrer Polarisationsebene, der ordentliche im Hauptschnitt, der ausserordentliche senkrecht dazu schwingen; denn die letztere Richtung ist die einzige, welche durch eine verschiedene Aetherdichtigkeit von den übrigen abweicht, und zwar im positiven einaxigen Crystall durch geringere, im negativen durch grössere Dichtigkeit¹. — Nach der gewöhnlichen Annahme stehen Schwingungs- und Polarisationsebene bekanntlich senkrecht auf einander; und das Elasticitätsellipsoid hat im Vergleich zum Ellipsoid der Wellenfläche des extraordinären Strahls die umgekehrte Lage. Diess scheint mir im Widerspruche mit der Thatsache

(1) Holtzmann hat auf anderem Wege bereits bewiesen, dass Polarisationsebene und Schwingungsebene zusammenfallen (Pogg. Ann. 1856. Bd. 99 p. 446).

zu stehen, welche uns die Compression und Expansion eines isotropen Mittels an die Hand gibt. Es versteht sich übrigens von selbst, dass diese theoretische Betrachtung nur insofern von Werth ist, als wir die optischen Erscheinungen mit andern moleculären Verhältnissen in Beziehung bringen; dass aber die ganze Lehre der Optik und ihre mathematische Begründung nicht davon berührt wird².

(2) Die Annahme einer ungleichen Aetherdichtigkeit ist allerdings bloss noch Hypothese, aber nicht mehr Hypothese als die Undulationstheorie selbst, und eine Hypothese für welche die grösste Wahrscheinlichkeit spricht. Wenn dem Aether die in der Materie thätigen repulsiven Kräfte inwohnen, so muss derselbe an Dichtigkeit zunehmen, wenn man eine elastische Substanz zusammendrückt, denn sie hat das Bestreben sich auszudehnen. Ferner muss von zwei Körpern der dichtere auch den dichtern Aether enthalten, weil in ihm die Summe der Attraktivkräfte grösser ist und dieser grössern Anziehung eine entsprechende grössere Repulsion das Gleichgewicht hält. Endlich müssen crystallinische Körper, in welchen die Attraktivkräfte in gewissen Richtungen stärker wirken, aus dem nämlichen Grunde in diesen Richtungen eine grössere Menge von abstossenden Aethertheilchen, also eine grössere Aetherdichtigkeit haben als in andern — Wenn nun das Licht durch die Schwingungen der Aethertheilchen fortgepflanzt wird, so muss die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch einen gegebenen Raum von der Menge der in diesem Raum befindlichen Theilchen, also von der Dichtigkeit des Aethers bedingt werden. Damit stimmt die Thatsache überein, dass in gasförmigen Substanzen die optische Dichtigkeit in gleichem Maasse zunimmt wie die gewöhnliche, und dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtstrahlen im umgekehrten Verhältnisse dazu steht; so wie ferner, dass auch in den flüssigen und festen Körpern die Lichtstrahlen sich beträchtlich langsamer bewegen als in den gasförmigen. — Nun ist zwar Neumann (Abhandlungen der Berliner Akademie aus dem Jahre 1841) bei seinen Beobachtungen an comprimirtem Glas zu dem mit den bisherigen Thatsachen im Widerspruche stehenden Schluss gekommen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Körper wachse, wenn durch mechanische Operation seine Dichtigkeit vermehrt werde. Diese Folgerung gilt für die Annahme, dass Schwingungsebene und Polarisationsebene rechtwinklich aufeinanderstehen. Lässt man aber beide zusammenfallen, so entspricht sowohl für diesen sowie für alle andern

Wenn eine geschmolzene Glaskugel rasch abgekühlt wurde, so befindet sich die äussere (Rinden-) Substanz in einem Zustande der Verdichtung, die innere in einem Zustande der Verdünnung. Demgemäss zeigt die Masse in den tangentialen mit der Oberfläche parallelen Richtungen positive, in den radialen Richtungen negative Spannung. Die Glaskugel, und mit ihr stimmt ein eingetrockneter Gummitropfen überein, verhält sich optisch gerade so, als ob sie aus unendlich vielen Keilen von optisch positiven einaxigen Crystallen bestände, deren Axen die Stellung von Radien haben. Die isotrope Glaskugel dagegen, die gleichmässig erhitzt und dann vom Umfange aus abgekühlt wird, verhält sich vor erfolgter gänzlicher Erkaltung rücksichtlich ihrer Spannungs- und Aetherdichtigkeitsverhältnisse umgekehrt. Sie ist aus radial gestellten Elementen zusammengesetzt, die wie negative einaxige Crystalle wirken. — Glaskörper die von der Kugelgestalt abweichen, und die erhitzt oder abgekühlt werden, bestehen ebenfalls aus zahllosen Elementen, die in ihrer Axenstellung unter einander nicht parallel sind; aber diese Elemente sind nicht einaxigen sondern zweiaxigen Crystallen zu vergleichen, wie man deutlich schon am Glascylinder sieht. Sie haben 3 verschiedene Elasticitäts- oder Dichtigkeitsachsen.

Der Polarisationsapparat zeigt die Richtung der Schwingungsebenen in den organisirten Körpern an; die Vergleichung mit comprimirtem oder expandirtem Glas oder mit einaxigen Crystallen aber weist nach, welche Richtung der grössern oder geringern Aetherdichtigkeit entspreche. Wenn nämlich das comprimirte Glas so auf ein Gypsplättchen gelegt und unter das Polarisationsmicroscop gebracht wird, dass die Schwingungsebenen im Glas und im Gyps zusammenfallen, aber mit denen

Fälle der Compression, Expansion, Erwärmung und Abkühlung die geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der grössern Aetherdichtigkeit oder, was das Nämliche ist, einer positiven Spannung, und umgekehrt, — wie ich anderswo ausführlicher zeigen werde.

der Polarisationsprismen einen Winkel von 45° bilden, so werden die Gangunterschiede der Strahlen und somit die Farbe des Gypsplättchens in der Farbenskala erhöht, wenn die gleichnamigen Aetherdichtigkeitsaxen (d. h. der grössern Dichtigkeit einerseits sowie der geringern andererseits) im Glas und im Gyps sich decken. Sie werden in entsprechendem Maasse vermindert, wenn die ungleichnamigen Axen (die der grössern und die der geringern Aetherdichtigkeit) zusammentreffen. Lässt man dem Gypsplättchen die nämliche constante Lage, so erhält man durch jeden zu untersuchenden Körper, vorausgesetzt dass dessen Schwingungsebenen in die diagonale Stellung wie im Gypsplättchen gebracht wurden, entweder Additions- oder Subtraktionsfarben, und man kann daraus unmittelbar entnehmen, in welcher Ebene die Axe der grössern und in welcher die der geringern Aetherdichtigkeit sich befindet.

In den durchdringbaren geschichteten Körpern (Membranen und Stärkekörnern) sind die optisch wirksamen Elemente ohne Ausnahme so angeordnet, dass die eine Elasticitäts- oder Dichtigkeitsaxe senkrecht zur Schichtung steht, die beiden andern aber in der Ebene jeder einzelnen Schicht liegen. Zeigen die Schichten, von der Fläche angesehen, zwei Systeme von Streifen, die sich rechtwinklig kreuzen, so entsprechen denselben die beiden andern Aetherdichtigkeitsaxen. Wenn aber die Streifen sich nicht unter einem Winkel von 90° schneiden, so fallen die Dichtigkeitsaxen weder mit den einen noch mit den andern zusammen. — Daraus folgt natürlich, dass in einer cylindrischen Zelle und in einer soliden cylindrischen Faser (wie bei *Caulerpa*) die optisch wirksamen Elemente mit der einen Dichtigkeitsaxe wie Radian um die Cylinderaxe, in kugeligen oder ellipsoidischen Zellen und Stärkekörnern wie Radian um den Mittelpunkt angeordnet sind. Desswegen zeigen die kugeligen und ellipsoidischen Körper sowie die Querschnitte durch die cylindrischen Körper analog den Glaskugeln und den Glascylindern das bekannte

Kreuz, welches die gleiche Natur und Farbe hat wie das Gesichtsfeld.

Die optisch wirksamen Elemente, aus denen die Membranen und wahrscheinlich auch die Stärkekörner bestehen, haben drei verschiedene Elasticitäts- oder Dichtigkeitsaxen, wie man aus den Interferenzfarben sieht, die sie geben, wenn die eine oder andere Axe senkrecht steht. Sie haben demnach die Natur von zweiaxigen Crystallen. Dabei gilt fast als ausnahmslose Regel, dass die kleinste oder die grösste Dichtigkeitsaxe senkrecht zur Schichtung steht. In den unveränderten Stärkekörnern, in den cuticularisirten Zellmembranen (Cuticula und Kork), in wenigen einzelligen Algen befindet sich die geringste Aetherdichtigkeit (grösste Elasticität) in der zur Schichtung senkrechten Richtung. Bei den gewöhnlichen Zellmembranen dagegen ist es die Axe der grössten Aetherdichtigkeit (geringsten Elasticität), welche die Schichten rechtwinklig durchbricht. Unter den erstern haben die Stärkekörner die Axe der geringsten Dichtigkeit in der transversalen, die Algenzellen in der longitudinalen Tangentialrichtung. Bei den zweiten ist die Axe der grössten Dichtigkeit häufiger longitudinal, seltener transversal gestellt.

H. v. Mohl drückt diese Verhältnisse anders aus; er sagt, die Stärkekörner und die cuticularisirten Membranen geben im Durchschnitt angesehen positive, die übrigen Zellmembranen negative Farben; ebenso sagt er, die Membranen seien, von der Fläche angesehen, in der Richtung der stärkern Streifung negativ-gefärbt. Er hat diese Terminologie von Brewster entlehnt, welcher sie für das anisotrop gewordene Glas anwendete. Für Glaskugeln, die aus einaxigen positiven oder negativen Elementen bestehen, ist sie gewiss vollkommen richtig. Allein schon für Cylinder, Ellipsoide, Tafeln von Glas scheint es mir nicht gerechtfertigt³ und für die organischen Körper halte ich es

(3) Als Brewster seine Versuche mit gepresstem, erhitztem und abgekühltem Glas anstellte, so verglich er dasselbe mit einaxigen Krystallen.

[1862. I.]

gleichfalls für unstatthaft, von positiver und negativer Färbung zu sprechen. Jene Gläser und diese Körper sind aus zwei-axigen Elementen zusammengesetzt und wir wissen von denselben meistens bloss, in welcher Richtung die Axen der grössten, der mittlern und der kleinsten Aetherdichtigkeit gestellt sind; wir wissen aber nichts über das Grössenverhältniss dieser Axen⁴. Es mangelt also, mit Ausnahme weniger Beispiele, Alles, was nöthig wäre, um zu entscheiden, ob die optisch wirksamen Elemente jener Glasstücke und jener organischen Körper sich wie positive oder wie negative zwei-axige Crystalle verhalten. — Es ist zwar sicher, dass man auch an zwei-axigen Körpern positive und negative Färbung unterscheiden kann. Die Verschiedenheit stellt sich ganz sicher heraus, wenn die optischen Axen in einer horizontalen Ebene liegen. Aber praktischen Werth wie bei den ein-axigen Körpern, wird die Terminologie bei den zwei-axigen nicht gewinnen können, da die Kenntniss der Crystallform, der Lage der optischen Axen und somit des positiven oder negativen Charakters vorausgehen muss, ehe man die Bedeutung der Färbung beurtheilen kann.

Es fragt sich ferner, ob die Unterscheidung positiver und

Dabei brachte es theils das Objekt mit sich, theils begnügte er sich sonst damit, dass er nur den Effekt der in einer Fläche wirksamen zwei Aetherdichtigkeiten in Betracht zog. Ueberdem waren die zwei-axigen Mittel zwar wohl bekannt, aber doch noch weniger studirt und namentlich noch nicht in positive und negative unterschieden. — Ein von mir untersuchter cylindrischer Glasstab von $3\frac{1}{4}$ M. M. Durchmesser verhält sich in Folge seiner Spannungen so, als ob er aus zwei-axigen, optisch-positiven Elementen zusammengesetzt wäre, in denen der Winkel zwischen der optischen Axe und der längsten Elasticitätsaxe 36° beträgt.

(4) Ich kann unter allen Elementarorganen bloss für einen Fall auf indirektem Wege die Lage der optischen Axen approximativ schätzen. Bei *Chaetomorpha aerea* nämlich sind die optisch wirksamen Elemente der Membran zwei-axig und positiv (sie haben also den entgegengesetzten Charakter von dem, den ihnen Mohl zuschreibt); der Winkel zwischen der optischen Axe und der grössern Elasticitätsaxe ist sicher kleiner als 40° , aber sein Werth weiter nicht genau zu bestimmen.

negativer Färbung, wenn auch in strenger crystallographisch-optischer Bedeutung unrichtig, nicht dennoch zweckmässig angewendet werden könnte, indem man die 2 Elasticitätsaxen des zweiaxigen Objekts, die in einer bestimmten Lage zur Wirksamkeit gelangen, mit denen der einaxigen Crystalle vergleicht. Diess scheint mir indess nicht der Fall zu sein, weil die Anwendung willkürlich ist und daher leicht zu Verwirrung und Missverständniss führen kann. Mohl sagt von der Zellmembran, sie gebe im Querschnitt, im Längsschnitt und von der Fläche angesehen negative Farben. Das ist das Nämliche, als ob man von einem zweiaxigen Crystall sagte, er sei, wenn man nacheinander jede der 3 Elasticitätsaxen in eine senkrechte Lage bringt, negativ gefärbt. Man könnte mit gleichem Rechte ihn positiv gefärbt nennen, da in diesen Stellungen zwischen negativen und positiven zweiaxigen Körpern keine Verschiedenheit besteht. Mohl setzt voraus, die Interferenzfarben eines Körpers müssen in allen 3 Richtungen des Raumes den gleichen (positiven oder negativen) Charakter besitzen. Desswegen nennt er die verschiedenen Zellmembranen (z. B. *Cladophora* und *Chara*), obgleich dieselben von der Fläche betrachtet sich rücksichtlich der Interferenzfarben entgegengesetzt verhalten, doch alle negativ gefärbt; aber er sagt, die Farbe werde bei den einen durch die Längsstreifen, bei den andern durch die Querstreifen bestimmt⁵. Auch diese Voraussetzung ist willkürlich; man

(5) Dieser Ausdruck Mohl's ist mir überhaupt nicht recht verständlich, weil mir die anatomische und optische Begründung entgeht. Wie ich oben ausführte, zeigen die Membranen, von der Fläche angesehen, zwei Systeme von Streifen, die sich rechtwinklig kreuzen. Nun, sagt Mohl (*bot. Zeit.* 1858 p. 13) „war hier zu untersuchen, ob ein einziges von diesen zwei Systemen den optischen Charakter der Membran bestimme, oder ob beide eine gleichstarke und entgegengesetzte Wirkung ausüben und ihre Wirkung gegenseitig neutralisiren, wie dieses bei zwei gekreuzten Glimmerplättchen von gleicher Dicke stattfindet.“ Die Beobachtung habe gezeigt, dass das Erstere der Fall sei, dass aber bei den einen Zellen die Längs-, bei den andern die Querstreifen maass-

könnte mit gleichem Rechte und wohl mit mehr Consequenz die Interferenzfarbe in allen Fällen nach dem gleichen Streifensystem bestimmen, und sie daher bei *Chara* positiv nennen, wenn man sie bei *Cladophora* als negativ bezeichnet.

Da die Anwendung dieser Terminologie so sehr von dem subjektiven Ermessen abhängt, so ist nicht zu vermeiden, dass zwei Beobachter die nämliche Erscheinung mit entgegengesetzten Ausdrücken bezeichnen. Diess ist in der That geschehen. Brücke untersuchte die Muskelfaser (*sarcous element*) von *Hydrophilus* und nannte sie optisch positiv (Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu Wien 1858. XV. p. 69). Mohl fand dagegen im Gegensatz zu Brücke, dass die Muskelfasern mit einer aus Cellulose bestehenden Faser übereinstimmen und deshalb negativ seien; er machte auf diesen Widerspruch aufmerksam, ohne ihn zu lösen (Bot. Zeit. 1858 p. 375). Brücke bestimmte in seiner Arbeit zuerst die einaxige Natur der Muskelfasern, indem er zeigte, dass sie sich in der Richtung der Längsaxe einfach brechend verhalten. Dann fand er, indem er sie auf einen Bergcrystallkeil legte, dass sie optisch positiv sind. Das Verfahren ist vollkommen überzeugend und lässt über die Richtigkeit des Schlusses keinen Zweifel. Wegen der abweichenden

gehend seien. Diese Anschauung scheint vorauszusetzen, dass die zweierlei Streifen Fasern seien, die selbstständig nebeneinander und wohl selbst auch neben den Schichten bestehen: denn auf Durchschnitten sind es nach Mohl die Schichten, in der Flächenansicht die beiden Streifen- oder Fasersysteme, welche ihre optische Wirkung ausüben. — Nach meiner Anschauung dagegen begreifen sowohl die Schichten, als jedes Streifensystem für sich die ganze Substanz der Membran, mit andern Worten jedes Molecül ist zugleich ein Theil sowohl einer Schicht, als eines Längsstreifens und eines Querstreifens. Schichtung und Streifungen sind an der Membran nichts anders als die Blätterdurchgänge im Crystall, und die Theorie, dass bei der einen Membran die Längsstreifen, bei der andern die Querstreifen den negativen Charakter bedingen, ist nach meiner Vorstellung ebenso unstatthaft als wenn man sagen wollte, bei dem einen Crystall sei es der eine, bei dem andern ein anderer Blätterdurchgang, welcher die Interferenzfarben hervorrufe.

Angabe von Mohl wiederholte ich die Untersuchung an Muskelfasern von grössern Carabusarten. Das Resultat war das nämliche, wie es Brücke schon angegeben: Die Querschnitte erscheinen, wenn man sie um ihre Axe dreht, dunkel oder zeigen auf einem Gypsplättchen die Farbe desselben. Zur Bestimmung des optischen Charakters bediente ich mich nicht eines Bergcrystallkeils, sondern eines Gypsplättchens, an welchem die Axe der grössern und geringern Aetherdichtigkeit zuvor durch Vergleichung mit einem Kalkspathprisma sowie mit mehreren microscopischen Crystallen, die ich aus Lösungen auscrystallisiren liess (phosphorsaures Kali, Cyanquecksilber, salpetersaures Natron) festgestellt worden war. Die Muskelfasern verhielten sich umgekehrt wie die eben genannten negativen Crystalle. Wenn sie also wirklich einaxig sind, so muss man sie sicher positiv nennen. Die Vergleichung mit Cellulosefasern z. B. mit Bastfasern ist jedoch unstatthaft; beide gleichen einander bloss in der äussern Form, weichen aber in der Anordnung der optisch wirksamen Elemente gänzlich ab; bei der Cellulosefaser sind die letztern zweiaxig und stehen auf Querschnitten in radialen Reihen⁶.

(6) Es ist mir übrigens einigermaassen zweifelhaft, ob die Substanz der Muskelfaser wirklich einaxig sei, wie es Brücke annimmt. Der Mangel an Interferenzfarben bei aufrechter Stellung wäre entscheidend, wenn man annehmen dürfte, die optisch wirksamen Elemente stimmen in der Stellung der Elasticitätsachsen so mit einander überein, dass ihre Wirksamkeit bemerkbar werden muss. Es wäre denkbar und mit Rücksicht auf den Bau der Muskelfaser vielleicht nicht unwahrscheinlich, dass die auf dem Querschnitt nebeneinander liegenden optisch wirksamen Elemente schon innerhalb sehr geringer Entfernungen sich mit ihren Axen nach verschiedenen Seiten kehrten, und dass im Zusammenhange hiermit die parallel der Axe der Muskelfaser hintereinander liegenden in ihren Stellungen ebenfalls sich ungleich verhielten, so dass die widersprechenden Effekte sich grösstentheils aufhoben. Zu diesen Bemerkungen veranlasst mich die Thatsache, dass, soweit meine Beobachtungen im Pflanzenreiche gehen, die organisirten Körper (aus Kohlenhydraten und aus Proteinkörpern bestehend) optisch zweiaxig sind. Ueberall, wo es der Bau und die Form der Elementarorgane mit sich bringt, dass die

Offenbar war es Mohl darum zu thun, die Elementarorgane in zwei Kategorien, die er optisch positiv und negativ nannte, zu scheiden, um damit eine Basis für anderweitige Trennungen zu erhalten. Die Aufgabe scheint mir dagegen vorerst keine andere als die Lage und die relative Grösse der Aetherdichtigkeitsaxen zu bestimmen, und schon jetzt zeigt es sich unmöglich die Vorkommnisse in dieser Beziehung durch zwei oder auch durch vier Kategorien zu erschöpfen, denn die Lage der mittlern und der einen extremen Elasticitätsaxe kann bei verschiedenen Zellen und sogar neben einander an verschiedenen Stellen der nämlichen Zelle (blattartige Zweige von *Caulerpa*) alle möglichen Richtungen zeigen.

Damit ist, wie ich glaube, auch über die Theorie Mohl's entschieden, nach welcher die optischen Verhältnisse über die chemische Zusammensetzung Aufschluss zu geben im Stande wären; und nach welcher positive und negative Färbung an zwei Körpern, die sonst keine Differenz zeigen, als Beweis ihrer chemischen Verschiedenheit gelten müssen. Denn in der That wäre es einerseits möglich, dass von 2 Membranen, die beide in den nämlichen Lagen Additionsfarben geben, die also in der Stellung der 3 Aetherdichtigkeitsaxen unter einander übereinstimmen, die eine aus negativen, die andere aus positiven zwei-axigen Elementen bestände. Es könnte diess ja von geringen Verschiedenheiten in der Länge der mittlern Dichtigkeitsaxe

optisch wirksamen Elemente in grössern Partien rücksichtlich der räumlichen Verhältnisse übereinstimmen, lässt die Untersuchung keinen Zweifel. Die scheinbare einaxige Natur tritt nur da auf, wo eine verschiedene Axenstellung der nahe beisammen liegenden Elemente wahrscheinlich ist, z. B. an kugeligen Körnern und Zellen. Es ist nicht anzunehmen, dass eine kugelige Zelle aus einaxigen, die längliche aus zwei-axigen Cellulosemoleculen bestehe; aber es ist sehr probabel, dass in der kugeligen Zelle die zwei-axigen Elemente um jeden Punkt der Kugeloberfläche symmetrisch angeordnet sind, und dass daher das unsern Sinnen wahrnehmbare Flächenelement keine oder wenigstens keine bestimmte und in die Augen fallende optische Wirkung gibt.

abhängen. Andererseits wäre es ebenso wohl denkbar, dass zwei Elementarorgane (z. B. Zellmembran und Stärkekorn) von denen das eine die geringste, das andere die grösste Aetherdichtigkeit senkrecht zur Schichtung haben, beide aus positiven oder beide aus negativen Elementen zusammengesetzt wären.

Die Mohl'sche Theorie wurde allerdings dadurch plausibel gemacht, dass einmal Stärkekörner und Zellmembranen in der Stellung ihrer Aetherdichtigkeitsaxen einen Gegensatz bilden, dass ferner Membranen, welche von Natur cuticularisirt oder durch die Kunst in Schiessbaumwolle umgewandelt werden, ihre Dichtigkeitsellipsoide wechseln. Allein ihr widersprechen mehrere Thatsachen: 1) dass es Zellmembranen gibt (*Bryopsis*, *Udotea*, *Halimeda*), welche in allen übrigen Reactionen sich wie gewöhnliche Cellulose verhalten, nur in der Stellung des Dichtigkeitsellipsoides abweichen; 2) dass an den Zellmembranen dieser Algen (*Bryopsis*, *Caulerpa*), welche optisch sonst der Cuticula gleichen, zuweilen eine äussere Schicht mit den gewöhnlichen Zellmembranen in den Interferenzfarben übereinstimmt; 3) dass es Membranen gibt (*Caulerpa*, *Acetabularia*), welche von der Fläche betrachtet, stellenweise positive, stellenweise negative Farben geben; 4) dass es Pflanzen gibt, bei denen die ganzen Zellen die gleiche Verschiedenheit zeigen (bei *Nitella syncarpa* die Glieder der Wurzelhaare und das unterste Stammglied einerseits, die Glieder der Stämmchen, Aeste und Zweige andererseits); 5) dass das alte Fichten- und Tannenholz (von *Abies excelsa* und *pectinata*) auf Querschnitten positiv gefärbt ist wie die Stärkekörner, indess die äusserste Schicht (die sog. primäre Membran) die gewöhnliche Reaction der Membranen behalten hat, und während der Längsdurchschnitt aller Schichten ebenfalls negative Farben erzeugt, endlich 6) dass die Cellulosekörner, welche nach Entfernung der Granulose aus den Stärkekörnern zurückbleiben und in ihrem übrigen Verhalten durchaus mit manchen Cellulosemembranen übereinstimmen, auf das polarisirte Licht die entgegengesetzte Reaction geben. Es scheint mir daher, dass die ungleichen optischen Eigenschaften der geschichteten pflanz-

lichen Elementartheile ihr Dasein nicht chemischen, sondern morphologischen (physikalischen) Verschiedenheiten verdanken.

Als ich an die Untersuchungen mit dem Polarisationsmicroscop ging, war es mein erster Gedanke, es möchten die doppelbrechenden Eigenschaften von Spannungen herrühren, die denjenigen im erhitzten Glas nicht denjenigen im Crystalle analog seien, also von Spannungen, die in dem einen Theil positiv in dem andern Theile negativ sind und sich so das Gleichgewicht halten. Dieser Gedanke musste aber nach den ersten Versuchen aufgegeben werden. In den Stärkekörnern bestehen zwar, wie ich früher nachgewiesen habe, solche Spannungen, und gerade in der Art, wie sie durch die optischen Erscheinungen gefordert werden. Allein in der Cuticula bestehen die entgegengesetzten Spannungen und doch hat das Ellipsoid der Aetherdichtigkeit die gleiche Lage wie im Stärkekorn. Wenn ferner die Spannungsverhältnisse zwischen den Schichten (so dass die einen positiv die anderen negativ gespannt wären, oder dass in einer ganzen Zelle die eine Spannung in den tangentialen Richtungen die andere in den radialen Richtungen der Membran wirkte) die optischen Erscheinungen hervorbrächten, so müssten diese ganz oder grösstentheils vernichtet werden, wenn man ein Stärkekorn oder eine Zellmembran in kleine Stücke schneidet, weil ja dann die Spannungen sich geltend machen und sich ausgleichen könnten. Diess ist nun aber keineswegs der Fall; die kleinsten Stücke von Membranen haben die nämlichen optischen Eigenschaften, die sie im Zusammenhang mit der ganzen Zelle hatten. — Ich bemerke noch, dass bereits auch Mohl (Bot. Zeit. 1859. p. 227) sich die nämliche Frage gestellt und verneint hat. Allein seine Gründe, von ganzen Stärkekörnern hergenommen, scheinen mir weniger zutreffend, da die Spannungsverhältnisse unter den angeführten Umständen voraussichtlich nicht sehr geändert werden dürften.

Dass die Spannungen zwischen den Schichten die Ursache der Doppelbrechung seien, ist von Schultze angenommen worden. Derselbe stützt sich für die Stärkekörner auf die von

mir nachgewiesenen Spannungsverhältnisse, und für die Zellmembranen glaubt er sie aus einer Theorie über die Entstehungsweise derselben folgern zu können. Allein ausser den Gründen, welche ich eben angegeben habe, muss hiegegen ferner noch eingewendet werden, dass die Pflanzenzellmembranen anders wachsen als es von Schultze angenommen wird, und dass, wie ich glaube, auch aus jener Annahme nicht die gefolgerte Spannung hervorgehen könnte.

Die Unstatthaftigkeit der Annahme, dass die Doppelbrechung von solchen Spannungen herrühre, wie ich sie eben besprochen habe, ergibt sich aber vorzüglich aus den merkwürdigen Erscheinungen, welche bei mechanischen Einwirkungen auftreten und welche der optischen Analyse erst den Hebel darbieten und ihr gestatten, bestimmte Schlüsse auf die Natur der optisch wirksamen Elemente zu ziehen.

Wenn man einen Glasfaden biegt, so genügt eine sehr geringe Ausdehnung oder Zusammenziehung, um deutliche optische Veränderungen hervorzurufen. Eine approximative Berechnung gibt folgendes Resultat. Hat das Glas eine Dicke von 20 Mik. (0,020 M. M.) und wird dasselbe um 0,012 seiner ursprünglichen Länge auseinander gezogen oder zusammen gepresst, so erscheint es auf dem dunkeln Gesichtsfeld des Polarisationsmicroscops hellbläulich und das Roth erster Ordnung eines Gypsplättchens wird in Gelb I erniedrigt oder Blau II erhöht. Die gleiche Wirkung gibt ein Gypsplättchen von 20 Mik. Dicke; an diesem verhalten sich die Elasticitätsaxen wie 1,520 : 1,529 oder wie 1 : 1,006. Die geringe Verschiedenheit, welche sich zwischen dem Dilatationscoefficienten des Glases und dem Elasticitätscoefficienten des Gypses herausstellt, lässt sich theils aus den Veränderungen im Aether eines isotropen Mediums, auf welches Druck oder Zug einwirkt, theils aus Beobachtungsfehlern hinreichend erklären. Es zeigt die Vergleichung immerhin, dass das Glas sich ähnlich wie die Crystalle verhält, dass dasselbe nur äusserst wenig seine Dimensionen verändern muss, um deutliche doppelbrechende

Eigenschaften zu erlangen. Wie das Glas verhält sich offenbar auch das eingetrocknete spröde gewordene Gummi und Dextrin.

Ganz abweichende Erscheinungen ergeben die durchdringbaren organisirten Substanzen. Man kann die Schichten einer mit Wasser durchdrungenen Caulerpamembran durch Biegen und Falten auseinander ziehen und verkürzen, so dass die Differenz zwischen den beiden Extremen einer Verlängerung von 42 Proc. oder einer Verkürzung von 30 Proc. gleichkommt, ohne eine dem Auge bemerkbare Aenderung in den Interferenzfarben hervorzubringen, während beim anisotrop gewordenen Glasfaden eine Dilatation von 0,001 (also $\frac{1}{10}$ Proc.) genügt, um die Farbe merklich zu modificiren. Verschiedene Zellmembranen verhalten sich ganz analog wie Caulerpa und man muss als charakteristisches Merkmal der durchdringbaren organisirten Körper anführen, dass sie verhältnissmässig ganz enorme mechanische Veränderungen erfahren können, ohne dass die denselben entsprechenden optischen Reactionen eintreten. Diese Eigenthümlichkeit wird nicht etwa durch die chemische Natur bedingt, denn Verbindungen, die der Cellulose verwandt sind und eine analoge Zusammensetzung haben, wie Gummi, Dextrin, Zucker verhalten sich wie Glas und wie die Crystalle. Ueberdem ist einleuchtend, dass bei solchen Erscheinungen nur die physikalische Beschaffenheit maassgebend sein kann.

Wenn man eine gerade Zellmembran bis auf einen gewissen Grad biegt oder eine gebogene Membran gerade streckt, so kehrt sie in ihre frühere Gestalt und Lage zurück; sie ist also innerhalb dieser Grenzen vollkommen elastisch; es finden keine dauernden Verschiebungen der kleinsten Theilchen statt. Die gebogene Membran, die ursprünglich gerade war, zeigt, wie ich eben erwähnte, die gleichen Interferenzfarben; nur sind jetzt die einen Aetherdichtigkeitsaxen, statt unter einander parallel, wie die Krümmungshalbmesser gestellt. Es beweist diess, dass innerhalb der Elasticitätsgrenzen keine andern Verschiebungen der optisch wirksamen Elemente vorkommen, als dass sie eine

der stattfindenden Biegung entsprechende äusserst geringe Drehung erfahren.

Die organisirten Körper besitzen also eine Elasticität, welche zum grössten Theil unabhängig ist von der Elasticität oder Aetherdichtigkeit in den optisch wirksamen Elementen. Wir könnten eine Membran künstlich nachbilden, wenn es gelänge, unendlich viele kleine Crystalle mit gleichlaufender Axenstellung durch elastische aus einer isotrop bleibenden Substanz bestehende Bänder oder Charniere zu vereinigen. Eine solche Membran könnte man biegen, auseinander ziehen und zusammen drücken, ohne ihre Interferenzfarbe zu ändern. In gleicher Weise müssen in der wirklichen Membran die optisch wirksamen Elemente untereinander frei sein, etwa wie die Körner in einem Sandhaufen. Denn, wären sie in irgend einer Weise verbunden, etwa wie ein Gefüge von Balken oder wie die Wände der Bienenwaben, so würde Druck und Zug nothwendig die optischen Eigenschaften ändern.

Die optischen Erscheinungen führen also zu dem gleichen Schlusse, den ich bereits früher aus andern physikalischen Erscheinungen gezogen habe (Stärkekörner p. 332). Die organisirten Substanzen bestehen aus crystallinischen, doppelbrechenden (aus zahlreichen Atomen zusammengesetzten) Molecülen, die lose aber in bestimmter regelmässiger Anordnung nebeneinander liegen. Im befeuchteten Zustande ist, in Folge überwiegender Anziehung, jedes mit einer Hülle von Wasser umgeben; im trockenen Zustande berühren sie sich gegenseitig. In der organisirten Substanz ist demnach eine doppelte Cohäsion vorhanden; die eine verbindet die Atome zu Molecülen, in gleicher Weise wie dieselben sonst zusammentreten, um einen Crystall zu bilden; die andere vereinigt die Molecüle. Bei vollkommener Trockenheit wirkt die letztere ziemlich wie die erstere; die organisirte Substanz ist dann spröde und bricht bei geringer Biegung; sie vermindert auch bei mechani-

scher Einwirkung ihre optischen Eigenschaften. Je mehr Wasser dagegen der imbibitionsfähige Körper enthält, desto weniger brüchig ist er (unter übrigens gleichen Verhältnissen) und desto grössere mechanische Veränderungen kann er erleiden, ohne eine Modification in seinen ursprünglichen doppelbrechenden Eigenschaften zu zeigen. — Eine langgestreckte imbibirte Zelle oder eine Faser biegt sich, indem das bewegliche zwischen den Molecülen befindliche Wasser von der comprimierten nach der expandierten Seite hin strömt. Eine andere Veränderung geht dabei nicht vor, als dass die Molecüle hier etwas zusammen, dort etwas auseinander rücken; die Spannung des Aethers in denselben bleibt die gleiche und demgemäss auch die Interferenzfarbe der ganzen Zelle oder Faser.

- Dieses allgemeine Resultat, welches aus der Anwendung des Polarisationsapparates auf die vegetabilischen Elementartheile hervorgeht, scheint mir vor der Hand das wichtigste zu sein, das man bei dem Standpunkte der optischen und physikalischen Physiologie erlangen kann. In seinem Gefolge kommen vor-
- züglich zwei Fragen, deren Beantwortung weiteres Licht über die Molecularbeschaffenheit der organisirten Körper zu verbreiten versprechen: 1) Wie verhalten sich die optischen Eigenschaften bei ungleichem Gehalt an Imbibitionsflüssigkeit? 2) Welche ursächlichen Beziehungen bestehen zwischen der Stellung der Aetherdichtigkeitsaxen der Molecüle und den eingangserwähnten Strukturverhältnissen (Schichtung und doppelte Streifung), und womit hängt es zusammen, dass bei den einen Elementartheilen die Axe der grössten, bei den andern die der kleinsten Aetherdichtigkeit senkrecht zur Schichtung gestellt ist?

Was diese letztere Frage betrifft, so gestehe ich, bis jetzt nicht mehr als einzelne unsichere Andeutungen erlangt zu haben. Mit Rücksicht auf die erstere dagegen glaube ich als allgemeines Resultat aussprechen zu können, dass eine organisirte Substanz, welche Imbibitionsflüssigkeit aufnimmt, ihre doppelbrechenden Eigenschaften nie vermehrt sondern in der Regel in stärkerem Maasse vermindert als

es die Zunahme des Querschnitts bedingt. Ich schliesse daraus, dass das zwischen die Molecüle eintretende Wasser zugleich geringe Lage- und Richtungs-Veränderungen derselben hervorruft. Stärkekörner und Zellmembranen, welche durch Säuren, Alkalien, Hitze stärker aufquellen, verlieren mit der Volumenzunahme bald vollständig ihre doppelbrechenden Eigenschaften. Diess harmonirt mit der Annahme, welche ich früher aus andern Gründen gemacht habe, dass wenn eine Substanz in einen bleibenden Zustand stärkerer Quellung übergeführt wird, diess durch ein Zerfallen der Molecüle geschehe. Wenn ein Molecül in eine grössere oder geringere Zahl von Stücken sich spaltet, welche durch zwischen-eintretende und umhüllende Flüssigkeit von einander getrieben werden, so finden natürlich Richtungsveränderungen statt, und wenn diese sehr beträchtlich und zahlreich sind, so muss auch das anisotrope Vermögen der Substanz vernichtet werden.

Brücke hat für die Muskelfasern als wahrscheinlich ausgesprochen, dass die Anisotropie derselben von kleinen festen Körpern herrühre, die stärker lichtbrechend als die isotrope Grundsubstanz, in welcher sie eingebettet liegen, und von unveränderlicher Grösse und Gestalt seien; er nennt sie Disdiaklasten. Im Pflanzenreiche kommen ganz ähnliche Erscheinungen vor wie sie die Muskelfasern zeigen, indem z. B. die Schichten einer Zellmembran abwechselnd Interferenzfarben geben und nicht, und indem man selbst einen gleichen Wechsel zwischen den Partien der gleichen Schicht beobachtet. Allein die chemische Analyse und die Entwicklungsgeschichte erlauben nicht, zwei verschiedene Substanzen zu unterscheiden; sondern es muss angenommen werden, dass die ganze Substanz anisotrop sei, dass aber die optische Reaction mehr oder weniger deutlich hervortrete je nach der Grösse und regelmässigen Anordnung der Molecüle. Eine anfänglich scheinbar einfachbrechende Membranschicht kann daher bei weiterer Ausbildung doppelbrechend werden, wenn die Molecüle sich vergrössern und der Wassergehalt abnimmt.

2. Sphaerocrystalle in Acetabularia.

(Hiezu eine Tafel.)

Bei der Untersuchung von *Acetabularia mediterranea* vermittelst des Polarisationsmicroscops wurden grosse Körper entdeckt, welche sich durch ihre doppelbrechenden Eigenschaften auszeichneten und bei genauerer Beobachtung sich als eine bisher bei den Pflanzen noch unbekannte Gattung von Elementargebilden auswiesen. Ich will sie ihrer physikalischen Eigenschaften wegen als Sphaerocrystalle bezeichnen.

Die Pflanzen waren im Jahre 1842 in Neapel gesammelt worden, hatten seit jener Zeit in verdünntem Weingeist gelegen und wurden im März 1860 untersucht. In den Strahlen des Schirms, in der Kuppel und in den warzenförmigen Auswüchsen der letztern fanden sich die genannten Sphaerocrystalle bald in grösserer bald in geringerer Menge. In den einen Pflanzen zeigten sie sich ziemlich gleichmässig vertheilt, in den andern waren sie an bestimmten Stellen angehäuft, so namentlich in dem innern, die Kuppel umgebenden Theile des Schirms oder auch in einzelnen Strahlen desselben (Fig. 1).

Die kleinsten (bis etwa 40 Mik. grossen) Sphaerocrystalle sind genau kugelig (Fig. 1, a); die grössern stellen Kugeln dar, von denen ein oder mehrere Stücke abgeschnitten wurden. Besonders häufig sieht man Kugeln, denen ein oder zwei gegenüber liegende Segmente mangeln (b, c), ferner Halbkugeln (d), Kugelsegmente und Sektoren (Fig. 3).

Diese verschiedenen Formen werden sogleich erklärt, wenn man die Entwicklungsgeschichte berücksichtigt. Das Wachsthum geschieht, wie die Schichtung zeigt, durch Auflagerung. Anfänglich sind die Körper kugelig; sie liegen an einer Stelle der Zellwand an und werden hier, da keine Schichten aufgelagert werden, abgeplattet. Desswegen findet man so viele Kugeln von mittlerer Grösse, denen ein Segment mangelt, und grössere von fast halbkugeliger Gestalt. Die Strahlen des Schirms von *Acetabularia*, in denen sie liegen, sind rectanguläre Prismen und

auf der an die Kuppel grenzenden Seite ziemlich schmal. Ein ursprünglich kugeligter Körper stösst daher zuweilen an die beiden Seitenwände der Zelle an und plattet sich an zwei gegenüberliegenden Stellen ab (Fig. 1, c). Liegt er in einer Kante, so bekommt er zwei ebene, unter einem rechten Winkel sich berührende Flächen und gleicht einem Kugelsektor. Ein grosser Körper kann auch an 3 Zellwände anstossen und auf der einen Seite ziemlich rechteckig erscheinen (Fig. 1, e). So richtet sich also die Form immer nach dem Zellenlumen. Der Radius erreicht bis auf 200 Mik.

Es kommen auch zusammengesetzte Körper vor; diess sind aus 2 und 3 Theilkörpern bestehende Zwillinge und Drillinge (Fig. 2), zuweilen aus mehrern zusammengesetzte, traubenförmige Anhäufungen (Fig. 1, f). Die Theilkörper haben je die Gestalt, welche Kugeln durch gegenseitige Abplattung oder noch eher durch Abschneiden von Segmenten und Aufeinanderpassen erhalten.

Durch Zerreißen der Zellen können die Sphaerocrystalle frei gemacht werden. Im unveränderten Zustande, d. h. wie sie in den Weingeistexemplaren vorkommen oder wenn der Kalk durch verdünnte Salzsäure ausgezogen wurde, erscheinen sie fast wie Oeltropfen oder Stärkekörner, doch mit etwas mehr glasartigem Aussehen. Zuweilen zeigen sie undeutliche, oft aber sehr deutliche Schichtung. Die Schichten haben einen sehr regelmässigen und genau concentrischen, mit der Oberfläche parallelen Verlauf. Das Schichtencentrum liegt in den kleinen kugeligen Körpern im mathematischen Mittelpunkt. In den grössern Kugeln, denen ein oder mehrere Abschnitte fehlen, hat es dem entsprechend eine scheinbar excentrische Lage (Fig. 1, c, e); an solchen Körpern sind nur die innersten Schichten vollständig kreisförmig (resp. hohlkugelig), die äusseren sind unvollständig. Ebenso verhält es sich mit den Theilkörnern eines zusammengesetzten Kornes (Fig. 2).

Dieser Schichtenverlauf beweist, dass die Sphaerocrystalle durch Auflagerung an der Oberfläche sich vergrössern. So lange sie frei liegen, wachsen sie überall; sie haben eine kugelige

Gestalt und bestehen aus hohlkugelförmigen Schichten. So wie sie aber an die Zellwand oder aneinander anstossen, so hört die Auflagerung an dieser Stelle auf; es bilden sich fortan bloss unvollständige Schichten und es entsteht eine Abplattung. — Ein wichtiger Grund für die Annahme, dass die Stärkekörner durch Intussusception wachsen, wurde in dem Verlauf der Schichten in den Theilkörnern gefunden (Stärkekörner p. 222); dort liegt das Schichtencentrum bei den centrisch-geschichteten Formen in der Mitte des Theilkorns, bei den excentrisch-geschichteten Formen auf der äussern, den übrigen Theilkörnern abgewendeten Seite, und es rückt um so mehr nach aussen, je grösser das Theilkorn wird. Die Sphaerocrystalle verhalten sich gerade umgekehrt; das Schichtencentrum ist dem andern Theilkorn genähert und es entfernt sich um so mehr von der Oberfläche, je länger das Wachsthum dauert (Fig. 3). — Wenn sich zwischen zwei Theilkörnern ein einspringender Winkel befindet, so ist die trennende Linie zwischen denselben fortwährend deutlich. Wird dieser Winkel äusserst stumpf, so erscheinen die später sich auflagernden Schichten dort nicht unterbrochen und die Theilkörner sind von gemeinsamen Schichten umschlossen.

Die Schichten sind in der Regel vollkommen glatt wie Kreislinien (Fig. 1, 2, 3), seltener etwas verbogen (Fig. 4). Sie erscheinen als helle Streifen, welche meist in genau gleichen Abständen voneinander entfernt sind. In den einen Sphaerocrystallen gehen 10, in den andern bloss 5 Schichten auf 25 Mik. — Ausser der concentrischen Schichtung beobachtet man häufig radiale Streifung, welche das nämliche Aussehen zeigt, nur etwas zarter und undeutlicher ist. Dadurch zerfällt die Substanz in Maschen von mehr oder weniger quadratischer Form, wobei die radialen Streifen in den successiven concentrischen Zonen häufig nicht aufeinandertreffen (Fig. 6, wo a-a die Richtung des Radius, b-b der Tangente bezeichnet).

Diess ist die regelmässige Bildung. Ausserdem wurden an Splintern, vielleicht durch Druck hervorgebracht, folgende Abweichungen beobachtet: 1) Die concentrischen Streifen sind

zickzackförmig und das Netz besteht aus ziemlich regelmässigen sechseckigen Maschen. 2) Die Maschen sind in radialer Richtung zu Rhomben verlängert und die concentrische Streifung ist etwas weniger deutlich als die radiale. 3) Die Maschen sind in der Richtung des Radius sehr stark verlängert; von den concentrischen Schichten ist nichts mehr zu sehen. 4) Die radialen Streifen laufen regelmässig oder unregelmässig parallel und sind meistens mehr oder weniger geschlängelt.

Wenn man den Focus auf die Oberfläche einstellt, so zeigt dieselbe ein poröses Aussehen. Man bemerkt zahlreiche kleine röthliche Punkte in gedrängter Stellung und regelmässiger oder unregelmässiger Anordnung. Auch tiefere Einstellungen scheinen das Nämliche zu zeigen, als ob feine radiale Kanälchen (zwischen den radialen Streifen) die Substanz durchzögen.

Die geschichtete Structur der Sphaerocrystalle ist derjenigen der Stärkekörner und der Zellmembranen sehr ähnlich und legt die Vermuthung nahe, dass man es mit einer von Wasser durchdrungenen Substanz zu thun habe, welche abwechselnde dichtere und weichere Schichten bilde. Das Verhalten beim Austrocknen und Wiederbefeuchten beweist indess, dass sie nicht imbibitionsfähig wie organisirte Körper, wohl aber porös wie Tufstein sind. Lässt man sie austrocknen (bei gewöhnlicher Temperatur oder bei 100°), so behalten sie genau die gleiche Grösse und Gestalt. Dagegen werden sie dunkel, indem alle ihre kleinen Maschen sich mit Luft füllen und sind alsdann sowohl bei auffallendem als bei durchfallendem Lichte einer Luftblase nicht unähnlich. Die Schichtung und radiale Streifung werden in dem dunkeln Körper oft noch deutlich gesehen und zuweilen treten sie sogar viel markirter hervor als früher. Ganz anders verhalten sich bekanntlich die Stärkekörner; beim Austrocknen ziehen sie sich zusammen, ihre Schichtung verschwindet und ihre Substanz erscheint hell und weisslich. — Bringt man trockene Sphaerocrystalle in Wasser oder ätherisches Oel, so werden sie plötzlich von demselben durchdrungen, indem sie wieder sowohl ihre Gestalt als ihre Grösse behalten. In Citro-

nenöl erscheinen sie sehr durchsichtig und fast homogen. — Dass die Structur der Sphaerocrystalle im trockenen Zustande am grellsten hervortritt, im Wasser zarter aber bestimmter und im ätherischen Oel undeutlich wird, ergibt sich als natürliche Folge aus dem verschiedenen Lichtbrechungsvermögen zwischen ihrer Masse und dem eingedrungenen Medium.

Was die chemische Zusammensetzung der Sphaerocrystalle betrifft, so kann ich bloss sagen, dass sie aus einer organischen Verbindung bestehen, da sie bei erhöhter Temperatur verkohlen. Im Uebrigen aber zeigt die microscopische Chemie auch hier nur an, was sie Alles nicht sein können, nicht aber was sie wirklich sind. Die Körper werden durch kochenden Alkohol und kochenden Aether nicht aufgelöst, noch überhaupt verändert; ebenfalls nicht durch Essigsäure. Sie verschwinden in Schwefelsäure, Salpetersäure und in verdünnter Aetzkalilösung, wobei sie zuerst in eine homogene gallertartige Masse zerfliessen. In Salzsäure werden sie erst nach einiger Zeit aufgelöst. Wenn man sie in Wasser, das mit Salzsäure angesäuert wurde, einige Tage liegen lässt, so wird die Schichtung zuerst deutlicher und nachher verschwinden sie ebenfalls.

Das Verhalten zu Jod ist in der microscopischen Chemie ein sehr wichtiges Merkmal. Es bezieht sich aber nur auf imbibitionsfähige Substanzen, welche mit dem zwischen ihre Molecüle eingelagerten Jod eigenthümliche Färbungen zeigen. Die Erscheinungen, welche die Sphaerocrystalle darbieten, weichen von den bisher bekannten ab, sind aber solche, wie man sie von einem porösen nicht imbibitionsfähigen Körper erwarten konnte. Uebergiesst man die von Wasser durchdrungenen Körper mit Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, so bleiben sie darin vollkommen ungefärbt; bei längerem Liegen nehmen sie eine gelbliche Farbe an, indem die Lösung durch Diffusion eindringt. Bringt man dagegen trockene Sphaerocrystalle in Jodtinctur, so nehmen sie genau die Farbe derselben an, und zeigen sich, wenn man sie mit einem farblosen Medium umgibt, durch und durch intensiv rothbraun. Alkohol zieht die Jodtinctur ziemlich

rasch aus; die Entfärbung beginnt am Umfange und schreitet nach innen hin fort, woraus hervorgeht dass der ganze Körper mit Jodtinctur durchdrungen war. Wenn man Jod und Schwefelsäure gleichzeitig einwirken lässt, so zerfliesst der Sphaerocrystall, bevor er aufgelöst wird, zu einer farblosen gallertartigen Masse, als ob das Jod nicht vorhanden wäre. Auf gleiche Weise verhalten sich auch die von Jodtinctur durchdrungenen Körper, die man mit Schwefelsäure zusammen bringt. Daraus geht hervor, dass die Jodlösung nur in die Poren eindringt, nicht aber die Substanz selbst färbt. Es ist überflüssig hinzuzufügen, dass Uebergiessen mit Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, Eintrocknenlassen und Wiederbefeuchten keine neuen Erscheinungen hervorruft.

Das Verhalten zu Jod lässt sich demnach so zusammenfassen, dass die Sphaerocrystalle nur durch die in die Poren eindringende Lösung gefärbt werden und den unveränderten Farbenton der letztern wiedergeben.

Die Substanz der Sphaerocrystalle ist sehr brüchig. Schon das Auflegen eines dünnen Deckgläschens reicht hin, um sie in Stücke zu brechen, wobei sich theils radiale theils tangentiale (mit den Schichten parallele) Risse bilden. Die Bruchflächen zeigen häufig aus- und einspringende scharfe mehr oder weniger rechtwinklige Kanten. Bei fortgesetztem Druck geht die Zerklüftung und Zerspaltung immer weiter, bis die Masse in kleine Körperchen zerfallen ist, welche bald eine regelmässige (kurz-stäbchenförmige oder rechteckige) bald eine unregelmässige Form haben.

Unter dem Polarisationsmicroscop zeigen die kugeligen und die auf ihrer flachen Seite liegenden Halbkugeln ein schwarzes orthogonales Kreuz und 4 durch Interferenzfarben erhellte Quadranten wie eine geschmolzene und rasch abgekühlte Glaskugel oder ein Stärkekorn. Wird ein Gypsplättchen (z. B. Roth erster Ordnung) eingeschoben, so findet die Erniedrigung und die Erhöhung der Interferenzfarben in den nämlichen Quadranten statt, wie diess beim Stärkekorn der Fall ist (Fig. 1, d). Die Abschnitte und Ausschnitte von Kugeln verhalten sich wie die

Theile von Kugeln, die in gleicher Lage sich befinden. — Das Kreuz durchbricht die Schichten rechtwinklig und seine Mitte trifft mit dem Schichtencentrum zusammen. Von den Schwingungsebenen geht also die eine parallel der Tangente, die andern zwei parallel dem Radius, und die Axe der geringsten Aetherdichtigkeit (oder der grössten Aetherelasticität) ist radial gestellt. Es bleibt fraglich, ob die concentrischen und die radialen Streifen die gleiche optische Wirkung äussern, oder ob bei entgegengesetztem Verhalten der Ausschlag von den einen oder andern gegeben werde?

Zuweilen gelingt es bei vorsichtigem Zerdrücken der Sphaerocrystalle Stücke in Gestalt von Kugelausschnitten zu erhalten. Wenn man ein solches Stück unter dem Polarisationsmicroscop senkrecht stellt, so dass also der Radius mit den durchgehenden Strahlen parallel läuft, und die beiden zur Tangentialebene der concentrischen Schichten rechtwinkligen Schwingungsebenen wirksam werden, so hat man ein orthogonales Kreuz und 4 erhellte Quadranten. Bei Anwendung eines Gypsplättchens ist die Vertheilung der Additions- und Subtractionsfarben die nämliche wie an der ganzen Kugel. Es ist demnach möglich, dass die optisch wirksamen Elemente, aus denen die Sphaerocrystalle bestehen, einaxig und zwar positiv sind, wobei die optische Axe radial gestellt wäre. Der Kugelsektor gibt in der Mitte, wo der Radius senkrecht steht und die Schichten horizontal liegen, keine Farben. Die Interferenzfarben in den Quadranten rühren von der schiefen Stellung her, welche hier die Schichtung hat; sie

(7) Es ist nämlich zu beachten, dass die Sphaerocrystalle sich rücksichtlich ihres Baues ganz anders verhalten als die Stärkekörner und Zellmembranen. Bei den letztern ist es nur die Abstraktion, welche zwischen Schichtung und den beiden Streifensystemen unterscheidet, indem die Schichtung sowie jedes Streifensystem für sich die ganze Substanz in Anspruch nimmt. Bei den erstern herrscht zwischen den concentrischen und den radialen Streifen eine materielle Verschiedenheit; nur an den Kreuzungsstellen bestehen sie aus gemeinsamer Substanz.

sind beträchtlich weniger intensiv als z. B. in einer Halbkugel, wo die Schichten zum Theil mit den durchgehenden Lichtstrahlen parallel laufen. — Doch bleibt, wie bei kugeligen Zellen und Stärkekörnern immer auch die Möglichkeit, dass die Elemente der Sphaerocrystalle zweiaxig sind, und dass sie rücksichtlich ihrer tangentialen Dichtigkeitsachsen um jeden Punkt der Kugeloberfläche eine symmetrische Lage haben.

Zum Schlusse füge ich noch zwei Bemerkungen bei, eine über die chemische Zusammensetzung und eine über das crystallinische Gefüge der Sphaerocrystalle von *Acetabularia*. Was den ersten Punkt betrifft, so wird der einzig sichere Aufschluss durch die macrochemische Untersuchung wohl nie erhältlich sein, da diese microscopischen Körper nur in geringer Menge vorkommen und beim Zerreißen der Zellen nur theilweise mit viel anderm Zelleninhalte frei werden. Es ist nicht wahrscheinlich, dass sie aus einem unlöslichen Kohlenhydrat oder einem Proteinstoffe bestehen, da diese nur im imbibitionsfähigen (nicht im crystallinischen) Zustande bekannt sind. Die Reaction auf Alkohol und Aether schliesst die Möglichkeit aus, dass sie der Gruppe von Fetten und Wachsen angehören. Sie dürften daher aus einem jener nicht wenig zahlreichen Stoffe bestehen, deren microchemische Eigenschaften noch so gut als unbekannt sind.

Mit Rücksicht auf das crystallinische Gefüge scheint aus der microscopischen Untersuchung hervorzugehen, dass die Sphaerocrystalle aus winzigen höchstens 1 Mik. (0,001 M. M.) dicken Nadeln oder Stäbchen zusammengesetzt sind, welche theils eine radiale theils eine zum Radius rechtwinklige Stellung haben und welche, wie Balken zu einem Bau vereinigt, eine sehr poröse Masse bilden. Es ist nicht sicher, ob dieses Gefüge schon mit dem ersten Entstehen einer Schicht an der Oberfläche im fertigen Zustande auftritt, oder ob es durch eine nachträgliche Crystallisation im Innern seine Vollendung erhält. Letzteres dürfte desswegen wahrscheinlich sein, weil kleinere Kugeln in der Regel die concentrische und radiale Streifung weniger deutlich zeigen als grössere und somit ältere.

3. Doppelbrechende Kugeln in der Schale des Apfels.

(Fig. 7 und 8.)

Bei der Untersuchung der Epidermis einer Apfelsorte im April 1860 zeigte das polarisirte Licht die Anwesenheit von doppelbrechenden Kugeln an (Fig. 7, a). Es sind meist genau kreisrunde Körper von 9 — 13 Mik. Durchmesser, die ähnlich wie Oeltropfen und Stärkekörner aussehen. Von Oeltropfen, die daneben in der Epidermis sich befinden (Fig. 7, b), sind sie kaum zu unterscheiden. Sie brechen jedoch das Licht etwas weniger, und wenn sie ganz von Oel umschlossen sind, so erscheinen sie fast wie ein Hohlraum.

Wenn man Alkohol auf das Präparat einwirken lässt, so werden die Kugeln grösser, bis auf das Doppelte ihres ursprünglichen Durchmessers und mehr, und verschwinden hernach. Lässt man zu einem Präparat verdünnte Aetzkalilösung zutreten, so kann man ihr Fortschreiten leicht aus der Färbung der Zellen erkennen; man sieht nun, dass die Körper verschwinden, so wie sie in die Zelle eindringt. Salzsäure löst dieselben nicht auf, färbt sie aber nach einiger Zeit bräunlich-gelb; auch die Oeltropfen nehmen die gleiche Färbung an. Aus diesen Erscheinungen glaubte ich während der Untersuchung entnehmen zu können, dass die Kugeln aus einem Fette bestehen, und es wurden keine weiteren Reactionen vorgenommen. Diess ist mir seither zweifelhaft geworden, aber die Gelegenheit, die Untersuchung zu vervollständigen, mangelte.

Auf dem schwarzen Gesichtsfelde des Polarisationsmicroscops zeigen die Kugeln ein schwarzes Kreuz und 4 weisse Quadranten. Wird ein Gypsplättchen, das Roth der ersten Ordnung gibt, eingelegt, so erscheinen 2 Quadranten gelb oder gelbweiss, und 2 blau oder bläulichgrün; aber die Stellung der Additions- und Subtraktionsfarben verhält sich umgekehrt wie beim Stärkekorn und bei den Sphaerocrystallen von Acetabularia. Die Axe der grössten Aetherdichtigkeit hat daher eine radiale

Stellung. Wenn die Kugeln durch die Einwirkung von Alkohol sich vergrössern, so vermindert sich ihre doppelbrechende Kraft und geht zuletzt verloren. Die bläulichgrünen Additionsquadranten werden blau, indigo, violett und endlich, wenn der Körper sich fast auf das Doppelte seines Durchmessers ausgedehnt hat, roth. Die durch Salzsäure bräunlichgelb gefärbten Kugeln erweisen sich anfänglich noch als doppelbrechend aber in vermindertem Grade; die Interferenzfarben sind natürlich modificirt durch die Farbe des Körpers. Zwei Quadranten erscheinen schmutzig orange (bräunlichgelb und orange), zwei fast schwarz (bräunlichgelb und violett). Nachher verschwindet auch hier die doppelbrechende Kraft. — Wenn man das Präparat einmal eintrocknen lässt und nachher wieder befeuchtet, so wirken nur noch wenige Kugeln undeutlich auf das polarisirte Licht. Das Gleiche ist der Fall, wenn man ein Präparat mehrere Stunden mit Wasser befeuchtet stehen lässt.

Die beschriebenen anisotropen Kugeln wurden nur bei einer Aepfelsorte und nur bei einzelnen Früchten gefunden. Es gab Stellen, wo fast alle Zellen je einen derselben, entweder zugleich mit fettem Oel oder ohne solches, enthielten; Zellen mit zwei oder mehreren dieser Körper wurden nicht beobachtet. An andern Stellen befand sich einer nur je in der zweiten bis vierten Zelle; und noch andere Parteen zeigten sie sehr spärlich.

Die mitgetheilten Beobachtungen lassen die Frage über den innern Bau der doppelbrechenden Kugeln im Apfel noch unentschieden; doch spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass es Sphaerocrystalle wie in *Acetabularia* sind, d. h. nicht imbibitionsfähige Körper von crystallinischem Gefüge und mit radial und tangential gestellten Aetherdichtigkeitsaxen.

Erklärung der Tafel.

1—6. Sphaerocrystalle von *Acetabularia mediterranea*.

1 (100). Ein Theil des Schirms neben der Kuppel mit Sphaerocrystallen. a Kugeln. b, c Kugeln, denen Segmente fehlen.

e Körper, deren Kugelfläche nur auf einer Seite ausgebildet ist.
f zusammengesetzte Körper. d Sphaerocrystalle unter dem Polarisationsmicroscop auf einem Gypsplättchen Roth I liegend.

2 (180). Aus 3 Sphaerocrystallen zusammengesetzter Körper.

3 (200). Sphaerocrystall von der Gestalt eines Kugelsektors.

4 (2000). Kleiner Sphaerocrystall mit sehr zarten radialen Streifen.

5 (370). Bruchstück eines grössern Sphaerocrystalls.

6 (1000). Kleine Partie aus einem trockenen Sphaerocrystall; die in Fig. 1—5 gezeichneten liegen in Wasser. a—a Richtung der radialen, b—b der concentrischen Streifen.

7, 8 (500) Doppelbrechende Kugeln aus der Epidermis des Apfels, a in Fig. 7. (b—b sind Oeltropfen). In Fig. 8 liegen sie im Polarisationsmicroscop auf einem Gypsplättchen Roth I.

Historische Classe.

Sitzung vom 14. März 1862.

Herr von Aretin machte eine Mittheilung über eine neu aufgefundene gestickte bischöfliche Infula aus dem 12. Jahrhunderte, welche, das Martyrium des heil. Thomas, Erzbischof von Canterbury darstellend, von geschichtlicher Bedeutung ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München](#)

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: [1862-1](#)

Autor(en)/Author(s): Nägeli Carl Wilhelm von

Artikel/Article: [Beobachtungen über das Verhalten des polarisirten Lichtes gegen pflanzliche Organisation 290-324](#)