

von denen die bei einer Anzahl fleischverdauenden Pflanzen vorkommenden bekannt sind. Ohne Zweifel ist auch in manchen Fällen der einseitige Angriff eines chemischen Agens die äussere Ursache für zweckentsprechende Krümmungsbewegung. Solches dürfte wohl der Fall sein bei der Ablenkung der Antheridien bildenden Nebenäste nach dem Oogonium von *Saprolegnia*<sup>1)</sup> und der Krümmung der Keimschläuche von *Isaria farinosa* nach der Spore von *Melanospora parasitica*<sup>2)</sup>, sowie in andern Fällen, die bisher einer Untersuchung in dieser Richtung nicht unterzogen wurden.

### 73. A. Zimmermann: Molecular-physicalische Untersuchungen (I).

Eingegangen am 23. Dezember 1883.

#### 1. Ueber den Zusammenhang zwischen Quellungsfähigkeit und Doppelbrechung.

Um die verschiedenen Erscheinungen, die man an pflanzlichen und thierischen Membranen mit Hülfe des Polarisationsmikroskopes beobachten kann, zu erklären, wurde bekanntlich von Naegeli<sup>3)</sup> die Theorie aufgestellt, dass diese organischen Gebilde aus Molecülcomplexen, sog. Micellen, aufgebaut seien, die ebenso wie nicht reguläre Krystalle doppelbrechend wirken. Diese Theorie, die durch viele Thatsachen wahrscheinlich gemacht war, wurde bis vor Kurzem fast allgemein anerkannt. Nur wenige Anhänger hatte dagegen die zuerst von Schulze<sup>4)</sup> aufgestellte Theorie, die alle Erscheinungen im polarisirten Lichte auf moleculare Spannungen, wie man sie an erhitzten oder gezogenen Glasfäden, Gelatinestreifen oder dergl. beobachtet, zurückzuführen sucht. Nur N. I. C. Müller<sup>5)</sup> ist bereits 1875 entschieden für dieselbe eingetreten, in

1) De Bary, Beiträge zur Physiologie und Morphol. d. Pilze 1881, IV. Reihe, p. 85 und 90.

2) Kihlmann, Zur Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten 1883, p. 12 (Separatabzug aus Acta Soc. Scient. Fenn. Bd. XIII).

3) cf. Naegeli und Schwendener, das Mikroskop. 2 Aufl., p. 354 ff.

4) Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1861, p. 204.

5) Botan. Untersuchungen I. p. 134.

neuerer Zeit haben dagegen auch von Höhnel<sup>1)</sup>, Wiesner<sup>2)</sup> und Strasburger<sup>3)</sup> sich für dieselbe erklärt.

Ohne mich nun vorläufig weder der einen noch der anderen Theorie anschliessen zu wollen, möchte ich mir erlauben, im Folgenden eine Reihe von Thatsachen anzuführen, die schon an und für sich einiges Interessante bieten dürften, deren theoretische Verwerthung ich mir aber vorbehalten muss, bis ich noch verschiedene andere Fragen, über die in der Literatur die widersprechendsten Angaben vorliegen, genau geprüft habe.

In der Nomenclatur werde ich mich der grösseren Anschaulichkeit halber N. I. C. Müller anschliessen und alle Zellen mit expandirten oder comprimierten Glasröhren oder Gelatinestreifen von gleicher optischer Reaction vergleichen. Um diese Vergleichung durchführen zu können, verfuhr ich ganz nach den Angaben des genannten Autors. Bei gekreuzten Nicols und mit Gypsplättchen Roth I<sup>4)</sup> in Diagonalstellung wurde ein noch nicht vollkommen ausgetrockneter Gelatinestreifen in der Längsrichtung unter dem Polarisations-Mikroskop gezogen und dann das Fadenkreuz des Oculars auf die beiden Richtungen eingestellt, welche die höchsten Additions- resp. Subtractionsfarben gaben. Indem ich die zu untersuchenden Objecte in die Richtung der beiden Arme des Fadenkreuzes brachte, konnte ich nun, je nachdem dieselben in derselben Richtung wie der Gelatinestreifen Additionsfarbe gaben oder in einer senkrecht darauf stehenden, leicht constatiren, ob die Orientirung der Elasticitätsellipse in denselben einem in der Längsrichtung expandirten oder comprimierten Gelatinestreifen entspricht.

Dass keine Verschiebungen am Apparate stattgefunden hatten, wurde, wenn dies nöthig erschien, durch Vergleichung mit einem Gelatinestreifen, der im gezogenen Zustande vollständig ausgetrocknet war, die Interferenzfarben aber noch vollkommen erhalten hatte, constatirt. Uebrigens können auch dünne Kautschukstreifen oder Glasröhren mit demselben Erfolge zu diesem Zwecke verwandt werden.

Um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, bemerke ich jedoch ausdrücklich noch einmal, dass ich diese Vergleichung nur der grösseren Anschaulichkeit wegen gewählt habe, und dass ich es unentschieden lassen möchte, ob wir bei den organischen Membranen wirklich Druck- und Zugspannungen als die Ursache ihres optischen Verhaltens anzusehen haben, oder ob das Zusammentreffen der optischen Reaction nicht ein rein zufälliges ist.

1) Bot. Zeit. 1882, No. 36 u. 37.

2) Elemente der Anatomie und Phys. 1881, p. 260, Anm. zu 17.

3) Ueber Bau und Wachsthum der Zellhäute, 1882, p. 208 ff.

4) Nur in wenigen Fällen, wo mir die Farben bei dieser Combination unsicher erschienen, benutzte ich das Gypsplättchen Roth II oder Glimmerplättchen von  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{2}$   $\lambda$ .

Die Frage, welche ich in dieser Mittheilung entscheiden möchte, bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen Quellungsfähigkeit und Doppelbrechung; ich glaube nach meinen Untersuchungen den Satz aufstellen zu können, dass alle nicht cuticularisirten Zellmembranen eine solche optische Reaction geben, wie wenn sie in der Richtung der stärksten Quellungsfähigkeit, die natürlich auch mit der Richtung der stärksten Schrumpfung beim Austrocknen zusammenfällt, comprimirt wären.

In der Literatur liegt eine Untersuchung über diese Frage nicht vor. Nur von Höhnel wäre hier zu nennen; dieser Autor macht nämlich in seiner als vorläufige Mittheilung betitelten Arbeit<sup>1)</sup>, in der er Quellung und Doppelbrechung auf dieselben molecularen Spannungen zurückführt, vollkommen dieselbe Annahme, ohne jedoch andere Beweise dafür zu bringen, als dass die Zellmembranen in der Radialrichtung am stärksten quellen und dass sie in dieser Richtung zusammengedrückt erscheinen, während in der Longitudinalrichtung das Umgekehrte der Fall ist. Ich werde jedoch im Folgenden zeigen, dass längsgestreckte Zellen auch in der Longitudinalrichtung comprimirt erscheinen können, ja dass selbst die beiden Seiten ein und derselben Zelle entgegengesetzte Reaction geben können. Diese Zellen zeigen dann aber auch stets ein abweichendes Verhalten bezüglich ihrer Quellungsfähigkeit und zwar in der Weise, dass sie insgesamt den oben aufgestellten Satz bestätigen.

Das Material zu meinen Untersuchungen lieferten mir verschiedene hygroskopische Objecte, deren Mechanik, da sie mit der Ausstreuerung und Verbreitung der Samen im Zusammenhang steht, schon mehrfach beschrieben wurde. Es stand zu erwarten, dass, wenn überhaupt ein Zusammenhang zwischen Quellungsfähigkeit und Doppelbrechung besteht, derselbe sich bei diesen am besten würde auffinden lassen; und in der That wurden meine Erwartungen nicht getäuscht. Ich gehe nun zur Besprechung meiner Untersuchungen über.

### 1. *Geranium sanguineum*.

Die Theilfruchtschnäbel oder Grannen dieser Pflanze krümmen sich bekanntlich beim Austrocknen in Folge einer stärkeren Schrumpfung der im ganzen Fruchtschnabel nach Aussen gelegenen Zellen; und zwar wird diese Krümmung nicht etwa durch Kreuzung der beiden verschieden stark quellbaren Zellcomplexe bewirkt, wie dies so häufig bei aufspringenden Früchten der Fall ist<sup>2)</sup>, vielmehr laufen alle in Betracht kommenden Zellen parallel, und es wird die Krümmung durch ungleiche

1) Bot. Zeit. 1882, p. 597 ff.

2) cf. Steinbrink: Untersuchungen über die anatom. Ursachen des Aufspringens der Früchte, Bonn 1873 und Bot. Zeit. 1878, Nr. 36—39.

Contraction der äusseren und inneren Zellen in longitudinaler Richtung herbeigeführt. Diese ungleiche Quellungs-fähigkeit geht nun nicht nur mit anatomischen Differenzen Hand in Hand, wie dies schon früher constatirt wurde<sup>1)</sup>, sondern es zeigen diese Zellen auch ein ganz verschiedenes optisches Verhalten.

Betrachtet man nämlich zunächst isolirte Zellen aus der Granne unter dem Polarisations-Mikroskope, an dem die einzelnen Theile in der oben angegebenen Weise orientirt sind, so findet man, dass in der Richtung, wo ein gezogener Glasfaden Additionsfarbe geben würde — diese Richtung soll in Folgendem der Kürze wegen als Zugrichtung bezeichnet werden —, die Zellen sowohl in der Profilsicht als auch in der Flächenansicht theils Subtractions-, theils Additionsfarben geben. Die Zellen erscheinen mithin in longitudinaler Richtung theils comprimirt, theils expandirt. Die gleiche Erscheinung beobachtet man auch an Längsschnitten, die parallel dem kürzeren Durchmesser der im Querschnitte etwa wurstförmigen Granne geführt sind. Diese Schnitte krümmen sich beim Austrocknen in der Schnittebene und müssen folglich auf der einen Hälfte die stark contractionsfähigen Zellen enthalten, während die andere Hälfte von den weniger stark contractionsfähigen Zellen eingenommen wird. Ganz dem entsprechend zeigt nun auch in der That in der Zugrichtung unter dem Polarisations-Mikroskop die eine Hälfte des Schnittes Additions-, die andere Subtractions-Farben, die sich natürlich je nach der Dicke des Schnittes mehr oder weniger weit von dem Roth der ersten Ordnung in der Newton'schen Skala entfernen. Es liess sich nun aber ferner auch leicht constatiren, dass die Zellen, welche bei der Krümmung durch Schrumpfung die concave Seite einnehmen — diese Zellen sind übrigens auf angefeuchteten Schnitten an den quergestellten Poren leicht zu erkennen — in der Zugrichtung Subtractionsfarben geben. Hieraus geht nun hervor, dass diese Zellen in longitudinaler Richtung comprimirt erscheinen, während die anderen Zellen, wie die meisten übrigen, die Reaction von in longitudinaler Richtung gedehnten Glasfäden geben. Es reagirt eine solche ausgetrocknete Granne also ganz wie ein gekrümmter Cylinder, den die durch die Biegung hervorgerufenen elastischen Kräfte wieder gerade zu strecken streben.

Mit Bezugnahme auf den oben ausgesprochenen Satz, lässt sich das gewonnene Resultat auch so ausdrücken, dass die den Mechanismus der Krümmung bewirkende stärkere Contraction der äusseren Zellen der Granne in der Weise mit der optischen Reaction dieser Zellen im Zusammenhang steht, dass diese Zellen in der Richtung, in der diese Contraction stattfindet, zusammengedrückt erscheinen.

---

1) cf. Steinbrinck, Bot. Zeit. 1878, p. 577 u. Zimmermann, Pringsh. Jahrb. Bd. 12, p. 568 ff.

Bevor ich *Geranium* verlasse, bemerke ich noch, dass diese Reactionen sowohl an angefeuchteten, als auch an ausgetrockneten Schnitten hervortreten — letztere wurden in Oel beobachtet. Ich muss mir jedoch ausführlichere Mittheilungen über den Einfluss der Quellung auf die Doppelbrechung vorbehalten.

## 2. *Erodium gruinum*.

Die Grannen von *Erodium gruinum* werden bekanntlich beim Austrocknen schraubenförmig aufgedreht. Ohne mich nun auf den Mechanismus dieser Formveränderungen<sup>1)</sup> weiter einzulassen, bemerke ich nur, dass hier die optische Reaction der parallel laufenden stark verdickten Zellen vollkommen der von *Geranium* entspricht. Auch hier geben die bei der Krümmung die concave Seite einnehmenden Zellen, die also in der Längsrichtung stark contractionsfähig sind, in der Zugrichtung des Polarisationsmikroskopes eine Subtractionsfarbe. Sie erscheinen folglich in dieser Richtung zusammengedrückt. Die anderen weniger stark contractionsfähigen Zellen geben hingegen auch hier die umgekehrte Reaction: sie erscheinen longitudinal gedehnt.

## 3. *Caragana arborescens*.

Die meisten Schoten der Papilionaceen zeigen bekanntlich beim Aufspringen ein schraubenförmiges Aufdrehen. Bewirkt wird dieser Mechanismus<sup>2)</sup> zum Theil dadurch, dass die Zellen der meist sehr dickwandigen Epidermis, die auch häufig, wie z. B. gerade bei *Caragana* noch mechanische Verstärkungen besitzen kann, und die Zellen der Hartschicht in zwei senkrecht aufeinander verlaufenden Richtungen gestreckt sind. Diese Richtungen bilden ferner mit der Längsaxe der Hülsenklappen einen schiefen Winkel, aber so, dass die Zellen der Hartschicht der Drehungsaxe der aufgesprungenen Hülsenklappen parallel laufen. Daraus jedoch, dass auch die isolirte Hartschicht noch starke schraubenförmige Krümmungen zeigt, geht aber hervor, dass auch in dieser Verschiedenheiten in der Contractionsfähigkeit vorhanden sein müssen. Und zwar wird diese Krümmung nicht wie bei *Geranium* und *Erodium* durch ungleiche Contraction in der Längsrichtung der Zellen bewirkt, sondern es findet hier vielmehr eine Krümmung in der Querschnittsebene der Hartschnitt statt. Wir sind also gezwungen, eine ungleiche Quellungsfähigkeit der inneren und äusseren Zellen der Hartschicht in der Querrichtung anzunehmen, und es war zu untersuchen, ob sich auch hier optische Differenzen zeigen würden. In der That war dies der Fall, und zwar in der Weise, dass die bei der

1) cf. Steinbrinck, l. c. p. 595; Zimmermann, l. c. p. 570 f.

2) cf. Steinbrinck, Diss. p. 11 ff., Zimmermann, l. c. p. 562 ff. und Steinbrinck, Diese Berichte, Bd. I, p. 270 ff.

Krümmung die concave Seite einnehmenden Zellen, die also die stärkere Contractionsfähigkeit in der Querrichtung besitzen in dieser Richtung comprimirt erscheinen, während die in dieser Richtung weniger contractionsfähigen äussersten Zellen der Hartschicht die Reaction auf longitudinale Compression geben.

Es lässt sich diese Thatsache sowohl an isolirten Zellen der Hartschicht als auch auf Schichten, die parallel zu dieser geführt sind leicht constatiren. Bei letzteren erhielt man in der Zugrichtung unter dem Polarisationsmikroskop an den innersten Schichten Additionsfarben; nur die beiden äussersten oder auch stellenweise nur die äusserste Zellschicht der Hartschicht, die unmittelbar an das dünnwandige Parenchym grenzt, das den Raum zwischen der Hartschicht und der äusseren Epidermis einnimmt, zeigte Subtractionsfarbe.

Dass hier in der Zugrichtung die stärker contractionsfähigen Zellen Additionsfarben geben, während bei *Geranium* und *Erodium* das umgekehrte der Fall war, kann natürlich nicht auffallen, denn bei diesen ist es ja die stärkere Contraction in der Längsrichtung, welche die Krümmung bewirkt, während bei *Caragana* hingegen die Stärke der Schrumpfung in der Querrichtung der Zellen in Betracht kommt.

Ebenso wie *Caragana* verhält sich auch *Lotus corniculatus*.

Ich gehe nun zur Besprechung der hygroscopischen Einrichtungen über, die sich an verschiedenen Samenhaaren befinden und die alle den Zweck haben, diese Haare, die in der geschlossenen Frucht dicht aneinander liegen, von einander abzubiegen um so dem Winde eine grössere Angriffsfläche zu liefern. Der erste der auf diese Erscheinungen aufmerksam gemacht hat, ist Hildebrand<sup>1)</sup>. Der genannte Autor hat nicht nur den Mechanismus dieser Krümmungen bereits richtig beschrieben, sondern auch bereits die Entwicklungsgeschichte einer Anzahl dieser Haare untersucht. Ich kann mich daher unter Verweisung auf die Arbeiten Hildebrand's darauf beschränken, die optischen Eigenschaften dieser Gebilde eingehender zu besprechen, über die bis jetzt in der Literatur — soviel mir bekannt — keine Angaben vorliegen. Leider war es mir jedoch zur Zeit noch nicht möglich alle von Hildebrand angeführten Species zu untersuchen, doch stimmen die an den wenigen (6) Arten gewonnenen Resultate sowohl unter sich, als auch mit den bereits mitgetheilten so vollkommen überein, dass mir die daraus gezogenen Schlüsse nicht voreilig erscheinen.

#### 4. *Tillandsia fasciculata*.

Die Samenhaare dieser Pflanze bestehen aus zwei Zellreihen, von denen die Zellen der einen Reihe bedeutend schmaler sind als die der anderen. Am unteren Theile des Haares findet beim Austrocknen eine

1) Bot Zeit. 1872, p. 233.

derartige Krümmung statt, dass die weiteren Zellen auf die concave Seite zu liegen kommen. Mit Hülfe des Polarisationsmikroskopes lassen sich nun folgende Thatsachen constatiren: Die schmälere Zellen reagiren sämmtlich wie in der Längsrichtung gezogene Gelatinestreifen, während die weiteren Zellen im unteren Theile des Haares sowohl in der Profil- wie in der Flächenansicht Subtractionsfarben geben. Rücken wir jedoch das Haar unter dem Polarisationsmikroskop von der Ansatzstelle weiter nach der Spitze zu, so geht zuerst in der Profilansicht die Subtractionsfarbe in die Additionsfarbe über, erst weiter nach der Spitze zu verschwindet jedoch auch in der Flächenansicht die Subtractionsfarbe, um einer allerdings immer sehr niedrigen Additionsfarbe Platz zu machen. Wir haben also auch hier, wie bei *Geranium* eine ungleiche Contraction in der Längsrichtung der Zellen, und es geben hier ebenfalls die in der Längsrichtung sich stärker contrahirenden Zellen dieselbe Reaction wie comprimirtes Glas.

### 5. *Epilobium parviflorum*.

Die Samenhaare von *Epilobium* unterscheiden sich von den soeben betrachteten nur dadurch, dass sie anstatt aus zwei Zellreihen aus einer einzigen Zelle bestehen. Der Mechanismus ist sonst vollkommen derselbe; denn auch hier krümmt sich der untere Theil des Haares ganz bedeutend, so dass er mindestens eine ganze Kreiswindung im völlig ausgetrockneten Zustande beschreibt. Hier sind also die bezüglich ihrer Quellungsfähigkeit resp. Schrumpfung verschiedenen Theile auf die beiden Seiten ein und derselben Zelle vertheilt. Dasselbe ist nun auch mit den optischen Eigenschaften der Fall. Und zwar reagirt auch hier die bei dem durch Austrocknen gekrümmten Haare nach innen zu gebogene Seite, die also auch stärker quellungsfähig ist, wie in der Längsrichtung comprimirtes, die äussere wie expandirtes Glas, so dass diese Haare unter dem Polarisationsmikroskop vollkommen das Bild von einer gebogenen Glas-Capillare gewähren.

### 6. *Asclepias Douglasii*.

Die Haare der untersuchten *Asclepias* unterscheiden sich nur durch etwas bedeutendere Grösse von denen von *Epilobium* und stimmen auch in ihren hygroscopischen und optischen Eigenschaften mit denen von der genannten Species vollkommen überein.

### 7—9. *Cirsium oleraceum*. *Cirsium acaule*. *Carlina vulgaris*.

Die drei untersuchten Species verhalten sich bezüglich der hier zu besprechenden Punkte vollkommen gleich, so dass sie hier zusammen besprochen werden können.

Es findet sich bei allen Species am Grunde der einzelligen Fieder-

haare, an der Stelle, wo sie von der Hauptfieder des Pappus abbiegen, eine hygroscopische Stelle, die bewirkt, dass sich die Fiederhaare beim Austrocknen senkrecht abbiegen. Man sieht nun leicht unter dem Polarisationsmikroskop dass diese Stelle dieselbe optische Reaction giebt, wie der unterste Theil der Samenhaare von *Epilobium*. Auch hier giebt der untere Theil des Fiederhaares auf der bei der Krümmung die concave Seite einnehmenden Wand die Reaction wie in der Längsrichtung comprimirtes Glas, während die concave Seite ebenso wie der ganze obere Theil der Fiederhaare die Reaction auf longitudinale Expansion giebt.

Das Gesagte lässt sich kurz in folgender Weise zusammenfassen:

Die Untersuchungen an verschiedenen hygroscopischen Gebilden haben allgemein den Satz bestätigt, dass eine Zellmembran in derjenigen Richtung, in der sie die stärkste Schrumpfung resp. Quellung zeigt, comprimirt erscheint. Ob jedoch diese Compression wirklich in den genannten Gebilden vorhanden ist, oder ob die optische Reaction nicht durch ganz andere Umstände bewirkt wird, lasse ich unentschieden und bemerke nur noch, dass der constatirte Zusammenhang zwischen Quellungsfähigkeit und Doppelbrechung ebenso gut wie in molecularen Spannungen auch in der Gestalt und Lagerung der Micellen seine Ursachen haben kann.

Botan. Institut der königl. landwirthschaftl.  
Hochschule in Berlin.

---

## 74. Oskar Kirchner: Zum Wachsthum decapitirter Wurzeln.

Eingegangen am 23. Dezember 1883.

---

Zu der Mittheilung von H. Molisch im 8. Heft der Ber. d. deutschen bot. Ges. (S. 362—366), welche den Zweck hat, die von mir<sup>1)</sup> angefochtene Ansicht Wiesner's (Bewegungsvermögen der Pflanzen. S. 101—105) aufrecht zu erhalten, dass nämlich ihres Vegetationspunktes beraubte Wurzeln weniger in die Länge wachsen, als intact gebliebene unter den gleichen Vegetationsbedingungen, möchte ich im Folgenden einige berichtigende Bemerkungen machen, die sich zunächst auf den

---

1) Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze für die Einwirkung der Schwerkraft. Stuttgart 1882. S. 15—23.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Zimmermann Albrecht

Artikel/Article: [Molecular-physicalische Untersuchungen \(I\). 533-540](#)