

welchen er im Zusatz zu 3<sup>1)</sup> erwähnt. Er nennt die Bezeichnung „indifferentes Gas“ für Wasserstoff, Stickoxydul u. s. w. ungenau, weil diese Gase, zwar weniger direkt giftig wie z. B. Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff (Kohlensäure?), die Pflanzentheile dennoch schädigen durch eventuelle Alkoholbildung und Verhinderung der Oxydation. Diese Schädigung üben ausser Sauerstoff resp. Luft alle Gase gleichmässig aus. Aber ein Theil derselben wirkt ausserdem noch durch direkte chemische Zersetzung oder Umsetzung auf Bestandtheile der Pflanzenzelle schädigend ein und diese nennen wir giftige, im Gegensatz dazu die anderen indifferent. Einer speciellen schädlichen Einwirkung des  $N_2O$  auf die Pflanzen, wie sie Detmer aus zwei seiner Versuche folgert, muss ich auf Grund meiner Versuche widersprechen, denn weder hatte 2 tägiges Verweilen im  $N O$  die Wachstumsfähigkeit bei *Vicia faba*, noch selbst dreitägiges die Keimkraft von Kressensamen beeinträchtigt.

Pflanzenphysiolog. Institut d. Königl.  
landwirthschaftl. Hochschule.

## 9. Fr. von Höhnel: Ueber das Verhalten der vegetabilischen Zellmembran bei der Quellung.

Eingegangen am 21. Februar 1884.

Wenn ein quellungsfähiger Körper in jedem einzelnen Punkte gleichmässig quillt, so muss er nach allen Richtungen hin grösser werden, vorausgesetzt, dass sich jeder einzelne Punkt nach allen drei Richtungen des Raumes vergrössert. Vergrössert er sich durch Quellung nur nach einer oder zwei dieser Richtungen, so wird auch der ganze Körper nach diesen Richtungen hin sich ausdehnen, während er in jener Richtung, in der keine Quellung stattfindet, die ursprüngliche Grösse beibehalten muss.

Bei keinem gleichmässigen, d. h. in jedem einzelnen Punkte in gleicher Weise stattfindenden Quellungs Vorgange kann eine Verkürzung eines quellenden Körpers in irgend einer Richtung stattfinden.

Dies gilt aber nur dann, wenn bei der Quellung nicht Kräfte ausgelöst werden, welche im gequollenen Körper zur Wirksamkeit gelangen und das Quellungsresultat beeinflussen. Wenn z. B. ein Körper im gequollenen Zustande eine ganz andere Elasticität und Dehnbarkeit besitzt als im ungequollenen, so kann derselbe in Folge dieser geänderten

1) p. 223.

Eigenschaften Formveränderungen eingehen, die auch zu einer Verkürzung trotz allseitiger Quellung führen können.

Eine Leinenbastfaser verlängert sich beim Quellen. Wenn man sie aber im nassen Zustande straff spannt und im gespannten Zustande trocknen lässt, so zeigt sie die Eigenthümlichkeit, sich beim Quellen zu verkürzen.

Mit Hilfe eines kleinen Apparates, der mir gestattet, noch 0,005 pCt. der Verlängerung oder Verkürzung eines 10 *cm* langen Fadens mit Sicherheit und direct abzulesen, habe ich eine grosse Anzahl von Versuchen angestellt, welche mir zeigten, dass sich vegetabilische und thierische Zellmembranen, sowie auch Seide beim Quellen in der Längsrichtung höchst verschieden verhalten, je nach dem Zustande, in welchem sie sich befinden, so dass es fast unmöglich ist, im Voraus zu sagen, wie sich eine bestimmte Faser verhalten werde. Einige herausgegriffene Beispiele sollen dies des Näheren illustriren.

#### Aloëhanfaser.

Lufttrocken und im natürlichen Zustande:

- |                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 1. Angehaucht, Verlängerung . . .   | 0,040 pCt. |
| 2. Lufttrocken, Verkürzung . . .    | 0,035 "    |
| 3. Angehaucht, Verlängerung . . .   | 0,050 "    |
| 4. Lufttrocken, Verkürzung . . .    | 0,050 "    |
| 5. Angehaucht, Verlängerung . . .   | 0,065 "    |
| 6. In Wasser, Verlängerung . . .    | 0,035 "    |
| 7. Lufttrocken, Verkürzung . . .    | 0,085 "    |
| 8. Angehaucht, Verlängerung . . .   | 0,075 "    |
| 9. Wieder lufttrocken, Verkürzung . | 0,065 "    |

Also im Ganzen um 0,030 pCt. verlängert.

#### Aloëhanf.

Faserbündel aus dem Blatte einer Aloë (*perfoliata* Thunb.), nass durch zehn Stunden, mit einem möglichst grossen Gewicht gespannt und im gespannten Zustande getrocknet. Faser zu Beginn des Versuches lufttrocken.

- |  |            |
|--|------------|
| 1. Mit Draht ganz getrocknet, Verkürzung . . | 0,120 pCt. |
| 2. Angehaucht, Verkürzung . . . . .          | 0,035 "    |
| 3. Ganz getrocknet, keine Veränderung.       |            |
| 4. In Wasser, Verkürzung . . . . .           | 0,070 "    |
| 5. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .       | 0,045 "    |
| 6. Angehaucht, Verlängerung . . . . .        | 0,020 "    |
| 7. In Wasser, Verkürzung . . . . .           | 0,065 "    |
| 8. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .       | 0,050 "    |
| 9. In Wasser, Verkürzung . . . . .           | 0,050 "    |
| 10. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .      | 0,040 "    |
| 11. In Wasser, Verkürzung . . . . .          | 0,050 "    |
| 12. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .      | 0,090 "    |

Nun ist die Faser um 0,145 pCt. kürzer als sie ursprünglich war. Man sieht, dass sich eine nass gespannt gewesene Faser ganz anders

verhält als eine natürliche. Sie verhält sich ganz ähnlich wie eine natürliche Faser von *Phormium tenax*. Der nass gespannte und gespannt getrocknete Aloëhanf verhält sich vom Stadium No. 6 angefangen genau so wie die natürliche *Phormium*-Faser. Ich stelle mir vor, dass die *Phormium*-Faser bei ihrer Bereitung nass gespannt und getrocknet wurde. Bei dem langen Transporte und der 10jährigen Aufbewahrung hat er sich infolge der mitgemachten Feuchtigkeitsschwankungen allmählig verkürzt und ist in jenem Stadium zur Untersuchung gelangt, welches der Aloëhanf von No. 6 an zeigte. Die schliessliche Verkürzung der Aloëfaser um 0,145 pCt. ist ganz auf Rechnung der Stadien 1—5 zu setzen (welche *Phormium tenax* schon vor dem Versuche mitgemacht hat). In der That beträgt die Verkürzung in den Stadien 1 bis 5 0,180 pCt. Genau so wie sich die natürliche *Phormium*-Faser im Ganzen verlängerte, trat auch eine endliche Gesamt-Verlängerung bei der gespannt getrockneten Aloëfaser von No. 6 des Versuches an ein.

Es ist klar, dass eine straff gespannt getrocknete Faser, welche man nass macht und nun ungespannt wieder trocknen lässt, sei es sofort, sei es nach öfterer Wiederholung der Operation, sich so wie unsere Aloëfaser von No. 6 an verhalten muss.

### *Phormium tenax*.

Lufttrockene natürliche Faser vom neuseeländischen Flachs. Sind flache, bandförmige, meist etwas gedrehte Faserbündel.

1. Angehaucht, Verlängerung . . . . .	0,035 pCt.
2. Nass, Verkürzung . . . . .	0,100 „
3. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .	0,165 „
4. Angehaucht. Keine Veränderung. Nimmt offenbar kein Wasser auf.	
5. In Wasser, Verkürzung . . . . .	0,120 „
6. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .	0,120 „
7. In Wasser, Verkürzung . . . . .	0,130 „
8. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .	0,130 „
9. Angehaucht, wie No. 4.	
10. Ganz trocken <sup>1)</sup> , Verkürzung . . . . .	0,065 „
11. Angehaucht, Verlängert . . . . .	0,010 „
12. In Wasser, Verkürzung . . . . .	0,095 „
13. Nach Wegnahme des Wassers trat während dem allmählichen Trocknen des Fadens (also bei einem bestimmten Wassergehalte) eine Verlängerung ein, um . . . . .	0,145 „
14. Ganz getrocknet, Verkürzung . . . . .	0,075 „
15. In Wasser, Verkürzung . . . . .	0,075 „
16. Lufttrocken, Verlängerung . . . . .	0,160 „
17. Ganz trocken, Verkürzung . . . . .	0,070 „

1) d. h. durch Nähern eines heissen Drahtes ganz getrocknet.

Der Faden ist nun um 0,035 pCt. länger als ursprünglich. Das eigenthümliche Verhalten des neuseeländischen Flachses wird verständlich, wenn man annimmt, dass er bei einem bestimmten, ziemlich grossen Wassergehalt am längsten ist. Ich schätze diesen Wassergehalt auf 20 bis 30 pCt. Die Faser wird sich dann bei Zu- oder Abnahme des Wassergehaltes verkürzen müssen. Dabei muss angenommen werden, dass beim Eintauchen eines Fadens in Wasser oder beim raschen Trocknen die Zu- resp. Abfuhr des Wassers so schnell von Statten geht, dass diese grösste Länge gar nicht zur Geltung kommt. Hingegen ist es sicher, dass beim langsamen Trocknen von gut imbibirten Fäden zuerst eine Verlängerung und dann eine Verkürzung eintritt. Es wurde dieses öfter und auch bei anderen Fasern constatirt. Auch habe ich öfter bemerkt, dass beim Trocknen, wenn dies nicht allzu rasch stattfand, anfänglich keine Längenveränderung der Faser oder ein Hin- und Herschwanken der fixirten Stelle eintrat und erst bei der fortschreitenden Trocknung ein Kürzerwerden.

Die Trocknung findet nicht an allen Stellen mit der gleichen Schnelligkeit statt, und mag oft an einer Stelle ein Kürzerwerden eintreten, während an anderen Stellen Verlängerung stattfindet. Hiermit erklärt sich das Hin- und Herschwanken. Man darf aber nicht glauben, dass durch das Gesagte das ganze Verhalten bis ins Detail erklärt werden kann; denn die Faser erleidet beim öfteren Nassmachen und Wiedertrocknen, ferner besonders durch das scharfe Trocknen mit dem heissen Drahte fortwährende Veränderungen. Durch scharfes Trocknen wird die Quellungsfähigkeit eine geringere. Auch die fortgesetzte, wenn auch nur geringe Spannung übt einen Einfluss auf die Beschaffenheit und das weitere Verhalten der Faser aus.

Mit Bezug auf Späteres sei hier ausdrücklich bemerkt, dass die sehr schwache Drehung der *Phormium*-Faser mit der Verkürzung im Wasser nichts zu thun hat.

### Manilahanffaser.

Von *Musa textilis*. Lufttrockenes Faserbündel.

1. In Wasser, Verlängerung . . . .	0,100 pCt.
2. Lufttrocken, Verkürzung . . . .	0,110 „
3. In Wasser, Verlängerung . . . .	0,090 „
4. Lufttrocken, Verkürzung . . . .	0,075 „
5. Stark angehaucht, Verlängerung .	0,100 „
6. Lufttrocken, Verkürzung . . . .	0,080 „
7. In Wasser, Verlängerung . . . .	0,110 „
8. Lufttrocken, Verkürzung . . . .	0,125 „
9. In Wasser, Verlängerung . . . .	0,090 „ u. s. w.

Im lufttrockenen Zustande No. 8 war die Faser (bis auf die durch die Spannung verursachte Verlängerung von 0,010 pCt.) so lang wie ursprünglich.

**Manilahanfaser.**

Nass gespannt und im gespannten Zustande getrocknet. Lufttrocken.

1. In Wasser, Verkürzung . . . 0,040 pCt.
2. Lufttrocken, Verkürzung . . . 0,125 "
3. In Wasser, Verlängerung . . . 0,100 "
4. Lufttrocken, Verkürzung . . . 0,090 "
5. In Wasser, Verlängerung . . . 0,080 "
6. Lufttrocken, Verkürzung . . . 0,110 "
7. In Wasser, Verlängerung . . . 0,110 " u. s. w.

Man sieht, dass nach Ausgleich der Verlängerung infolge der Spannung sich die Faser so wie eine natürliche verhält, also abweichend von *Aloë* und *Phormium*.

**Chinagrass (*Böhméria tenacissima*).**

Festes, lufttrockenes Bastfaserbündel, das vor dem Versuche nass gespannt und in diesem Zustande getrocknet wurde.

1. Ganz trocken, kürzer um . . . 0,075 pCt.
2. In Wasser, " " . . . 0,045 "
3. Lufttrocken " " . . . 0,360 "
4. Angehaucht, länger " . . . 0,085 "
5. In Wasser, kürzer " . . . 0,110 "
6. Ganz trocken, " " . . . 0,155 "
7. In Wasser, " " . . . 0,040 "
8. Ganz trocken, " " . . . 0,080 "
9. In Wasser, " " . . . 0,040 "

Man sieht, dass sich diese Fasser immer verkürzt; nur beim Anhauchen zeigte sie eine Verlängerung. Diese fortdauernde Verkürzung ist offenbar eine Folge der vorhergegangenen Streckung. Da rohe Chinagrassfaser nass sehr dehnbar ist, so erklärte sich diese Verkürzung bei geringerer Belastung.

**Leinenfaser (*Linum usitatissimum*).**

Natürliche, lufttrockene Faser.

1. In Wasser, länger um . . . . . 0,070 pCt.
2. Lufttrocken, kürzer um . . . . . 0,040 "
3. In Wasser, länger um . . . . . 0,045 "
4. Lufttrocken, kürzer um . . . . . 0,045 "
5. Stark angehaucht, länger um . . . . . 0,065 "
6. In Wasser, kürzer um . . . . . 0,015 "
7. Mit einem heissen Draht ganz getrocknet; zuerst um 0,015 pCt. länger, dann rasch um 0,130 pCt. kürzer.
8. Stark angehaucht, länger um . . . . . 0,105 "
9. In Wasser, kürzer um . . . . . 0,025 "
10. Beim Trocknen zuerst um 0,010 pCt länger, dann rasch kürzer (um?).
11. Stark angehaucht, länger (um?).
12. In Wasser, kürzer um . . . . . 0,035 "
13. Mit Draht getrocknet erst 0,015 pCt. länger, hierauf um 0,075 pCt. kürzer.
14. In Wasser, länger um . . . . . 0,070 "

Man sieht bei dieser Faser auch die eigenthümliche Erscheinung, dass die Faser ihr Maximum der Länge schon erreicht, bevor sie mit Wasser gesättigt ist, so zwar, dass sich die aus dem in mit Wasserdampf gesättigten Raume befindliche Faser in Wasser gebracht um 0,010 bis 0,035 pCt. verkürzt, während sich die lufttrockene Faser im Wasser verlängert.

### Hanfaser (*Cannabis sativa*)

aus einem dünnen Hanfseil, etwas gewellt.

1. Stark angehaucht, länger um . . .	0,615 pCt.	} Ausgleich der Wellung der Faser
2. Nass, länger um . . . . .	0,140 „	
3. Scharf getrocknet, kürzer um . . .	0,165 „	
4. Nass, länger um . . . . .	0,125 „	
5. Scharf getrocknet, kürzer um . . .	0,115 „	
6. Nass, länger um . . . . .	0,065 „	
7. Scharf getrocknet, kürzer um . . .	0,065 „	
8. Nass, länger um . . . . .	0,025 „	

Durch das scharfe Trocknen (mit einem heissen Draht) wird die Imbibitionsfähigkeit vermindert, daher die Abnahme der Verlängerungen im Wasser.

Bei mehreren der gemachten Versuche wurde darauf geachtet, ob mit der Quellung eine Drehung der Faser verbunden ist. In der Regel zeigte sich eine Torsion. In allen Fällen jedoch war diese so gering, dass sich die Verlängerungen und Verkürzungen durch die Torsionen nicht erklären liessen. Dreht man ein 10 cm langes Faserstück um 300—600° um die Axe, so ist die hiermit verbundene Längenveränderung weit geringer als die aus den gegebenen Zahlen ersichtlichen. Es können daher die bei Aenderung des Wassergehaltes eintretenden Längenveränderungen nicht auf Rechnung der Torsionen gesetzt werden.

Dass die Längenveränderungen, welche die Bastfasern bei wechselndem Wassergehalt zeigen nicht unmittelbar und allein von der Art der Wassereinslagerung herrühren, geht aus den angeführten Versuchen mit Sicherheit hervor. Es kommen immer noch andere Momente dazu. Je nach dem Zustande, in welchem sich die Faser befindet, tritt bei derselben Stärke der Quellung Verlängerung oder Verkürzung ein. Complicirter noch wird das Verhältniss wenn die Quellung nicht in jedem Punkte gleich stark ist. Es ist bekannt, dass Seile sich verkürzen, wenn man sie befeuchtet. Dieses Faktum ist ein Beweis dafür, dass ein cylindrischer Körper, der in jedem einzelnen Punkte gleichmässig quillt, sich dennoch verkürzen könne. Die Ursache dieser Verkürzung ist aber eine ganz andere, als jene, welche von Nägeli angegeben wurde. Um sie zu erklären, sei folgende geometrische Erörterung gemacht. Wenn der Radius eines kreisförmigen

Cylinders grösser wird, so wird der Cylinder dicker. Denkt man sich im Innern des Cylinders, oder an seiner Oberfläche eine Linie parallel der Axe, so erleidet diese beim Dickerwerden des Cylinders keine Längenveränderung. Würden sich daher in oder auf einem Cylinder von quellungsfähiger Substanz feste, nicht oder nur wenig dehnbare Fasern, welche auch nicht oder nur wenig quellen, und parallel zur Axe liegen, befinden, so könnte der Cylinder in Folge von Quellung dicker werden, ohne seine Länge zu verändern. Sobald jedoch die supponirten Fasern eine zur Axe geneigte Lage einnehmen, kann der Cylinder nicht dicker werden ohne zugleich kürzer zu werden. Denn beim Dickerwerden des Cylinders müssen alle zur Axe geneigten Fasern länger werden, oder wenn sie dies nicht können, ihre Lage verändern; sie werden gegen die Axe sich stärker neigen müssen. Wenn sie nun mit der quellungsfähigen Masse des Cylinders fest verbunden sind, so muss sich dieser verkürzen. Eine auf der Oberfläche des Cylinders befindliche Spirale muss sich verlängern, wenn der Cylinder dicker wird. Kann sie sich aber nicht verlängern, so muss der ganze Cylinder kürzer werden. Ein fest gedrehtes Seil besteht aus lauter sich nicht oder nur sehr wenig verlängernden Fasern, welche zur Axe geneigt sind. Bei der Quellung in Wasser wird jede einzelne Faser dicker. Diese Dickenzunahme betrug z. B. bei einer Manilahanfaser 15 pCt.; bei 3 Mustern von Neuseeländischem Flachs 19,5, 20 und 22,3 pCt.; bei einer Aloëfaser 25,8 pCt., bei einer anderen Probe 12,7 pCt.; bei 3 Proben Leinenfaser 29, 17,1 und 21 pCt.; bei 3 Proben Hanffaser 21,1, 25,2 und 21,9 pCt. (Mittel 22,7 pCt.); bei einem Baumwollfaden 27,5 pCt. u. s. w. Eine 1,4 mm dicke Hanfreeschnur verdickte sich beim Quellen in Wasser um 0,33 mm = 23,6 pCt., wie man sieht, um fast ganz genau ebensoviel, als die einfache Hanffaser im Mittel. Da nun die Fasern im Seile fixirt sind, so muss sich das Seil im Wasser verkürzen. Kennt man die Dicke des Seiles, den durchschnittlichen Winkel, den die Fasern desselben mit der Axe bilden, und ferner die Dickenzunahme der Einzelfaser und daher auch des ganzen Seiles beim Quellen in Wasser, so lässt sich ohne Weiteres die Verkürzung berechnen, unter der Voraussetzung, dass sich die Fasern nicht verlängern. Diese Voraussetzung trifft bei den vegetabilischen Fasern fast genau zu. Nicht so bei Seide und Wolle, die sehr dehnbar sind, weshalb sich selbst stark gedrehte Seile aus Seide und Thierhaaren nur wenig verkürzen. Am leichtesten lässt sich die Berechnung durch geometrische Construction ausführen. So ergab sich für eine Hanfreeschnur durch Construction eine Verkürzung von 10 pCt., bei einem Spagat von 2,5 pCt., was thatsächlich zutrifft.

Die Thatsache, dass sich Seile verkürzen beim Quellen in Wasser ist längst bekannt. Vollständig erklärt wurde sie bisher meines Wissens nicht. Die Erklärung konnte auch erst dann gegeben werden als das

Verhalten der Einzelfaser genau bekannt war. Man hat bisher die Verkürzung der Seile meist durch die der einzelnen Fasern erklärt, so Nägeli, Pfeffer u. A. Allein selbst stark gedrehte Einzelfasern von Hanf verkürzen sich beim Quellen nur sehr wenig.

Das Wesen der Sache liegt überhaupt in der Richtung der Faser gegen die Axe, und nicht in der Drehung. Aus zwei ungedrehten Faserbündeln von Aloëhanf, welche sich in Wasser um ca. 0,1 bis 0,2 pCt. verlängerten, habe ich mir eine Kette hergestellt, die sich nassgemacht um 4,49 $\frac{1}{2}$ pCt. verkürzte. Ich band zu diesem Behufe die gegen 60 cm langen Faserbündel an 29 gleichweit von einander entfernten Stellen mit Blumendraht fest zusammen, und steckte in die so entstandenen Maschen gut passende viereckige kleine Glasplatten. Hierdurch waren die (straffgespannten) Faserbündel in eine um ca. 40—50° gegen die Axe der ganzen Kette geneigte Lage gebracht.

Da ein Seil ein Cylinder ist, der in allen seinen festen Theilen gleichmässig quillt, so könnte man schliessen, dass jeder in jedem Punkte in gleicher Weise quellende Cylinder sich verkürzen müsse. Dies ist aber nicht so, denn mit einer solchen Quellung wäre eine Verlängerung jeder beliebigen Linie in oder am Cylinder verbunden, während beim Seile sich die Spiralfasern nicht verlängern. Ein Seil verhält sich so wie ein Cylinder, der aus zahlreichen in einander geschachtelten Lamellen besteht, von denen jede aus Spiralstreifen besteht, welche abwechselnd quellen und nicht quellen<sup>1)</sup>. Man erinnert sich sofort daran, dass dieser Bau einigermassen den Bastfasern zukommt, und könnte daraus schliessen, dass die Verkürzung der Zellwände bei der Quellung mit diesem Baue zusammenhängt. Allein schon die obigen Versuche, welche zeigen, dass sich dieselbe Faser je nach dem Zustande, in dem sie sich befindet, bald verlängert bald verkürzt bei der Quellung in Wasser, beweisen, dass die Ursache im Baue allein nicht liegen kann.

Es lässt sich in der That nachweisen, dass der spiralige Aufbau der Fasern nicht die Ursache der Verkürzungen ist, und dass überhaupt die Verkleinerung irgend eines Durchmessers in Folge von Quellung einen tieferliegenden Grund besitzt. Ich habe hier speciell sehr starke Quellungen im Auge.

1. Schneidet man von einem Cylinder, der spiralig aufgebaut ist, eine Querscheibe herab, welche niedriger ist, als eine Spiralwindung, so kann, vorausgesetzt, dass die Spirale sehr steil ist (was bei Bastfasern zutrifft) bei der Quellung keine Verkürzung eintreten, weil sich dann die festen Fasern einfach von einander entfernen werden. Nur dann wenn letztere in Windungen um die Faser herumgehen, kommt ihre volle Wirkung zu Stande.

1) oder stark und schwach quellen.



Der Versuch lehrte aber, das sich kurze Querscheiben gerade so verkürzen, wie ganze Bastfasern.

2. Wenn der seilähnliche Aufbau der Fasern die Ursache der Verkürzung wäre, so könnte ein herausgeschnittenes Stück, oder eine der Länge nach gespaltene oder vielfach zerschlissene Faser sich nicht verkürzen. In allen diesen Fällen tritt aber die Verkürzung genau so ein, wie an ganzen Fasern.

3. Unter keinen Umständen kann in Folge von ungleichmässiger Quellung eine Verkleinerung eines Ringes eintreten. Ein quellender Ring muss einen grösseren äusseren Umfang erhalten. Wenn man aber einen Querschnitt durch ein weites Gefäss von *Quercus*, *Bombax* etc. mit Salpetersäure behandelt um das Lignin herauszulösen und dann in entsprechend verdünnter Schwefelsäure quellen macht, so zieht er sich zusammen, und zwar nimmt der äussere Durchmesser um etwa 50 pCt. an Länge ab, während die Membran dicker wird. Genau dasselbe kann man an Querschnitten von dünnwandigen Parenchymzellen sehen; z. B. am Hollundermark, Holzparenchym von *Bombax* u. s. w.

Sowie eine gedehnte Bastfaser sich bei der Quellung verkürzt, verkleinert sich auch ein künstlich ausgedehnter Kautschukring in Schwefelkohlenstoff.

Die Ursache der Verkürzung quellender pflanzlicher Membranen kann nicht in der Art der Quellung gesucht werden. Sie liegt nur darin, dass die Membranen während und nach ihrer Bildung gedehnt wurden. Diese Dehnung muss, nach der Grösse der Verkürzung zu urtheilen, mindestens 100—200 pCt. betragen.

Nach allem Gesagten halte ich die Quellungserscheinungen für Beweise dafür, dass das Flächen- und Längenwachsthum der Membranen vornehmlich auf Dehnung beruht.

Wenn man eine wenig dehnbare Faser oftmals um ihre Axe dreht, so verhält sie sich so wie ein Seil. Man ersieht dies z. B. aus dem folgenden Versuch.

#### Phormium tenax.

Faserbündel lufttrocken oftmals um die Axe gedreht, so dass es mit der Lupe betrachtet wie ein feines Seil aussieht.

1. In Wasser, Verkürzung . . . .	0,655 pCt.
2. Lufttrocken, Verlängerung . . . .	0,355 „
3. Nass, Verkürzung . . . .	0,390 „
4. Lufttrocken, Verlängerung . . . .	0,365 „
5. In Wasser, Verkürzung . . . .	0,420 „
6. Lufttrocken, Verlängerung . . . .	0,425 „
7. In Wasser, Verkürzung . . . .	0,365 „
8. Lufttrocken, Verlängerung . . . .	0,340 „
9. In Wasser, Verkürzung . . . .	0,360 „

Schliesslich zeigte sich im lufttrockenen Zustande eine Verkürzung gegenüber der Anfangslänge von 0,345 pCt. Bei der Torsion findet eine Dehnung der ganzen Faser statt. Eine ganz locker gespannte Faser wird bei der Tordirung ganz straff und reisst schliesslich, daher sich die Faser im Ganzen verkürzen muss. Man sieht aber sofort, dass die tordirte Faser sich viel stärker verkürzt und verlängert, als eine einfach gespannte Faser. Es ist daher die Torsion (abgesehen von der damit verbundenen Spannung) an und für sich eine Ursache der Verkürzung beim Befeuchten. —

Der Grund hierfür ist genau derselbe wie beim Seile.

Es ist sehr nahe liegend anzunehmen, dass auch thierische Haare und Seide so wie pflanzliche Fasern im gedrehten und ungedrehten Zustande sich verhalten werden. In der That findet man auch in der physikalischen Literatur die Angabe, dass sich gedrehte Thierhaare beim Befeuchten verkürzen und beim Trocknen verlängern, während sich ungedrehte umgekehrt verhalten sollen. Dies ist aber nicht richtig, denn wenn bei einer gedrehten Thierfaser die in Folge der mit der Torsion verbundenen Dehnung auftretende erstmalige Verkürzung eingetreten ist, verhält sie sich genau so wie eine ungedrehte Faser. Der Grund liegt in der grossen Dehnbarkeit der Hornsubstanzen. Während trockene Pflanzenfasern sich bis zum Zerreißen nur um 1—2 pCt. der Länge dehnen lassen, lassen sich trockene Haare um etwa 5 pCt. und Seiden um 7—15 pCt. dehnen, ja nasse Thierhaare lassen sich sogar oft um 25 pCt. und mehr dehnen, ohne zu zerreißen. Ein fernerer Grund liegt darin, dass sich die Thierfasern beim Quellen in Wasser viel stärker verlängern als die Pflanzenfasern, nämlich um 0,5—1,0 pCt.

Aus meinen Untersuchungen geht auch hervor, dass ein ganz einfacher Zusammenhang zwischen der Quellung in Wasser und den optischen Eigenschaften nicht existiren kann, weil eine gedehnte Faser, die also in der Längsrichtung um so mehr optisch negativ sein muss, sich im Wasser ebensogut verlängern als verkürzen kann.

Hingegen sind die von mir zuerst aufgefundenen optischen Beziehungen der Quellungserscheinungen in sehr starken Mitteln (Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak) ganz einfach und soweit meine Beobachtungen reichen stets dieselben.

Ich halte es für einen feststehenden Satz, dass sich alle pflanzlichen Membranen in starken Quellungsmitteln nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen und zwar jenen, in welchen sie bei ihrer Bildung gedehnt wurden, verkürzen. Die Richtung der stärksten Verkürzung entspricht der längsten Axe des reciproken Elasticitätsellipsoides. In der dritten (radialen) Richtung findet in starken Quellungsmitteln immer eine starke Verlängerung statt, ihr entspricht immer die kürzeste Axe des reciproken Elasticitätsellipsoides.

Aus den obigen Versuchen geht hervor, dass Fasern in der Längs-

richtung bei fortschreitender Quellung erst länger und dann kürzer werden können. Dass eine in der Längsrichtung künstlich comprimirte trockene Membran optisch-positiv wird und dann durch Quellung in Wasser sich weiter ausdehnt und wieder negativ wird, kann nach allem Gesagten gegen meine Ansicht nichts beweisen<sup>1)</sup>. Ich habe freie Membranstücke im Auge. Membranen, die Zug- oder Druckwirkungen ausgesetzt sind, müssen, so lange diese dauern, optisch anders reagieren.

Eine etwas ausführlichere Mittheilung über diesen Gegenstand bin ich im Begriffe auszuarbeiten.

---

## 10. F. Schwarz: Der Einfluss der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung von Chlamidomonas und Euglena.

Eingegangen am 20. Februar 1884.

---

Der Einfluss des Lichtes auf die Bewegungsrichtung von schwärmenden Algen und verschiedenen niedrigen Organismen ist so eclatant, dass man die Wirkung anderer Factoren weniger in Betracht ziehen zu müssen glaubte. Die diesbezüglichen Arbeiten verfolgten mehr den Zweck die gegen diese Lichtwirkung geltend gemachten Bedenken zu beseitigen, als den Einfluss anderer äusserer Kräfte auf die Bewegungsrichtung zu untersuchen. Und doch scheint mir die Frage nicht überflüssig zu sein, ob nicht noch andere analog richtende Kräfte vorhanden seien, die hauptsächlich dann den Schwärmern zu Gute kämen, sobald die Lichtwirkung ausgeschlossen ist, da ja nach den Untersuchungen Strasburger's<sup>2)</sup> u. A. die Schwärmer im Dunkeln noch geraume Zeit bewegungsfähig bleiben.

Was mich zu den folgenden Untersuchungen veranlasste, war die Beobachtung, dass von Sand verschüttete und bedeckte *Euglenen* und *Chlamidomonaden* immer wieder an die Oberfläche des Sandes kamen und sich dort ansammelten. Das Licht konnte hier nicht wirksam sein, da (wie ich mich durch Versuche überzeugte) eine 3–4 mm dicke,

---

1) s. Zimmermann, Ber. d. d. bot. Gesellsch. I. p. 533 ff.

2) E. Strasburger, Wirkung des Lichts und der Wärme auf Schwärmsporen. 1878, p. 52–55.

# 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: 1884

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Höhnel Franz Xaver Rudolf Ritter von

Artikel/Article: [Ueber das Verhalten der vegetabilischen Zellmembran bei der Quellung. 41-51](#)