Ueber Reactionen der Characeen auf äussere Einflüsse.

Von

Johannes Richter.

Einleitung.

Es ist hinreichend bekannt, dass pflanzliche Organismen in verschiedener Weise auf äussere Einflüsse reagiren, und zwar sowohl in Bezug auf die Wachsthumsschnelligkeit als auch Gestaltung und Neubildung von Organen. Aufgabe und Zweck der vorliegenden Arbeit war es, die Wirkungen dieser Einflüsse auf die Characeen genauer zu prüfen. Gerade diese Pflanzen mussten als ein sehr geeignetes Object zu derartigen Versuchen erscheinen, da sie einestheils in Folge ihrer reichen morphologischen Gliederung in Wurzel, Stengel, Aeste und Blätter den höheren Gewächsen gleichen, sich aber andererseits durch einen einfachen anatomischen Bau auszeichnen.

Ich benutzte zu meinen Untersuchungen die Species Chara fragilis Desv., die ich dem Bassin des hiesigen botanischen Gartens entnahm, ferner führte ich Controlversuche mit Chara hispida L. und Nitella flexilis Ag. aus.

Zu den Kulturen wurden circa 30—50 cm hohe und 12—15 cm im Durchmesser haltende Glascylinder benutzt, deren Boden einige Centimeter hoch mit gut ausgefaulter Sumpferde bedeckt wurde.

Dann füllte ich die Cylinder mit Wasser an, liess absetzen und drückte einige Charensprosse in den Erdboden.

Schon nach ungefähr 14 Tagen erhielt ich bei mässiger Beleuchtung und Zimmertemperatur kräftige, brauchbare Kulturen.

Für die Kultur von Nitella empfiehlt sich eine schwächere Beleuchtung als bei Chara.

Zweckmässig ist es auch, die Cylinder stets mit Glasplatten bedeckt zu halten.

Universitätsbibliothek Regensburg

urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0405-3

Geotropische und heliotropische Reactionen der Charensprosse.

Setzt man eine Charenkultur der einseitigen Beleuchtung aus, so zeigen die Sprosse schon nach kurzer Zeit eine sehr energische Reaction, indem sie sich dem Lichte zukrümmen. Befestigt man einen abgeschnittenen Charenspross unter Wasser an seinem unteren Ende so zwischen 2 Korken, dass er eine horizontale Lage einnimmt, oder legt man besser eine ganze Charenkultur horizontal und verdunkelt sie dann, so zeigen die Sprosse in kurzer Zeit eine Aufwärtskrümmung.

Ebenso richtet sich bei Charensprossen, die man an einem Korkschwimmer frei im Wasser invers aufgefangen hat, sehr bald die Spitze nach oben.

Es ergibt sich also hieraus, dass die Sprosse von Chara fragilis negativ geotropisch und positiv heliotropisch reagiren, was schon Hofmeister[1]) für Characeen nachgewiesen hat.

Betrachtet man die Stellen des Stengels, an welchen diese Krümmungen stattfinden, so zeigt es sich, dass hierbei allein die Internodien betheiligt sind, während sich die Knoten völlig passiv verhalten.

Verfolgt man näher, welche Internodien sich krümmen, so ergibt sich, dass nicht alle die Fähigkeit dazu besitzen.

Die ältesten Internodien verhalten sich völlig indifferent, während sich die jüngeren und hier namentlich das 2. und 3. Internodium von der Spitze aus gerechnet, lebhaft krümmen. Ich muss hierbei bemerken, dass ich bei der Zählung der Internodien dasjenige als das erste bezeichne, welches mit freiem Auge deutlich erkennbar ist, dass ich dagegen die ganz jungen von Blättern umhüllten Internodien unberücksichtigt lasse.

Wie zumeist vermögen also nur die noch wachsenden Theile geotropische und heliotropische Krümmungen auszuführen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass das Verhalten von Chara hispida L. in allen bisher besprochenen Punkten demjenigen von Chara fragilis völlig analog ist.

Wachsthumsverhältnisse.

Unter günstigen Verhältnissen verlängert sich ein Charenspross in 8 Tagen um 3—4 cm. Dieser Zuwachs wird bewirkt durch die Streckung der schon sichtbaren und die Entwickelung der neu sich entfaltenden Internodien. Indem zugleich die alten Internodien ihre

1) Wilhelm Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, pag. 286 u. 289.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0406-9

definitive Länge erreichen, befinden sich jeweils 3—5 der jüngeren Internodien im Längenwachsthum. Es ergibt sich dies aus nebenstehender Tabelle, in welcher von 10 Charensprossen je unter a die Länge bei Beginn, unter b die Länge bei Schluss des Versuches nach 8 Tagen angeführt ist. Das mit I bezeichnete Internodium war in der Versuchszeit hinzugekommen.

Object		Internodien				
		I	II	III	IV	V
1.	a	—	0,3	1,9	2,7	—
	b	0,4	1,2	2,6	2,7	—
2.	a	—	0,4	1,0	2,3	4,0
	b	0,3	1,0	2,0	2,5	4,0
3.	a	—	0,2	0,9	2,3	3,1
	b	0,2	0,7	1,9	2,4	3,4
4.	a	—	0,1	0,7	2,0	4,0
	b	0,2	0,4	1,5	2,2	4,0
5.	a	—	0,3	1,0	2,2	—
	b	0,3	1,0	1,8	2,2	—
6.	a	—	0,3	1,0	2,4	—
	b	0,3	0,7	1,8	2,4	—
7.	a	—	0,5	1,8	3,0	—
	b	0,5	1,5	2,8	3,3	—
8.	a	—	0,2	0,5	1,5	1,9
	b	0,2	0,5	1,5	1,7	1,9
9.	a	—	0,1	0,5	2,0	3,5
	b	0,2	0,5	1,4	2,5	3,7
10.	a	—	0,2	0,7	2,1	3,0
	b	0,3	1,0	2,0	2,8	3,0

Misst man die Gesammtlänge von kräftig wachsenden Sprossen, constatiert dann nach einer bestimmten Zeit den Zuwachs, schneidet nun die Sprosse ab und hängt sie in normaler Lage frei im Wasser auf, so zeigt sich, wenn man nach derselben Zeit wiederum den Gesammtzuwachs misst, dass eine bedeutende Verlangsamung des Wachsthums in Folge des Abschneidens unter sonst gleichen äusseren Bedingungen stattgefunden hat. Beifolgende Zahlentabelle mag das Gesagte bestätigen.

Es ergibt sich daraus, dass die Sprosse in ihrer Gesammtlänge im unverletzten Zustande innerhalb 8 Tagen um 76,7 % zugenommen hatten, während nach dem Abschneiden nur ein Zuwachs von 11 % zu constatiren war.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0407-4

Object	Länge der Sprosse beim Beginn des Versuches	Länge der Sprosse nach 8 Tagen	Länge der Sprosse 8 Tage nach dem Abschneiden	Zuwachs im unverletzten Zustande	Zuwachs nach dem Abschneiden	Procentischer Zuwachs im unverletzten Zustande	Procentischer Zuwachs nach dem Abschneiden
I	3,8	7,3	7,8	3,5	0,5		
II	3,5	7,5	8,5	4,0	1,0		
III	5,5	8,3	8,8	2,8	0,5		
IV	6,6	9,8	10,5	3,2	0,7	76,7	11
V	3,5	5,5	6,2	2,0	0,7		
VI	4,5	9,8	11,1	5,3	1,3		
VII	5,0	10,0	11,2	5,0	1,2		
VIII	4,1	6,3	7,5	2.2	1,2		
gesammt	36,5	64,5	71,6	28,0	7,1		

Die Verlangsamung des Wachsthums nach dem Abschneiden ist, wie hieraus hervorgeht, eine ganz beträchtliche.

Wollte man sie aus dem in Folge des Schnittes entstandenen Verluste assimilirender Theile und dadurch bedingten Nahrungsmangel erklären, so wäre dem entgegen zu halten, dass, da die Schnitte ziemlich an der Basis des Stengels geführt wurden, ein derartiger Verlust kaum eingetreten sein dürfte.

Es handelt sich hierbei vielmehr um die Wirkung des durch das Abschneiden hervorgebrachten Reizes.

Denn ganz analog kann man an Sprossen anderer Pflanzen eine Retardierung des Wachsthums durch Verletzung veranlassen, oder es genügt z. B. bei Keimpflanzen eine Verletzung der Wurzel, um die Wachsthumsschnelligkeit des Stengels zu vermindern. Von einem Mangel an Nährstoffen kann in diesem letzteren Falle wohl nicht die Rede sein, da ja die Cotyledonen voll von Reservestoffen sind.

Hängt man eine Anzahl abgeschnittener Sprosse so in Wasser auf, dass die eine Hälfte sich in normaler, die andere in umgekehrter Verticalstellung sich befindet, so ergibt sich für die invers gestellten Sprosse eine erhebliche Verlangsamung des Wachsens.

Die invers gehangenen Sprosse zeigten an ihren Spitzen eine geotropische Aufwärtskrümmung.

Ich hing 8 Sprosse invers auf, deren Gesammtlänge 75,1 cm betrug, ebenso 8 Sprosse in normaler Stellung von 74,1 cm Gesammtlänge.

Bei den Ersteren betrug der mittlere Zuwachs 3,99 % der Länge, während er bei den Letzteren 6,34 % derselben ausmachte.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0408-0

Object	Länge	Nach 8 Tagen	Zuwachs	Procentzahl	Object	Länge	Nach 8 Tagen	Zuwachs	Procentzahl
I	11,0	11,8	0,8		I	11,2	11,5	0,3	
II	8,2	8,7	0,5		II	9,5	10,0	0,5	
III	7,2	7,8	0,6		III	9,0	9,3	0,3	
IV	13,2	13,8	0,6	6,34	IV	9,1	9,3	0,2	3,99
V	8,8	9,5	0,7		V	10,0	10,6	0,6	
VI	9,0	9,6	0,6		VI	8,5	8,8	0,3	
VII	8,3	8,8	0,5		VII	9,6	10,1	0,5	
VIII	8,4	8,8	0,4		VIII	8,2	8,5	0,3	
gesammt	74,1	78,8	4,7		gesammt	75,1	78,1	3,0	
	Normal					Invers.			

Es hatten also die normal aufgehangenen Sprosse vor dem invers gestellten einen Vorsprung von 2,35 % im Längenwachsthum erlangt.

Man ersieht also, dass das ohnehin ziemlich langsame Wachsthum abgeschnittener Sprosse durch Inversstellung derselben noch wesentlich verzögert wird, eine Erscheinung, die auch schon an anderen Objecten beobachtet wurde.

So von Elfving[1]) an Phycomyces nitens und durch Voechting[2]) an den abwärts wachsenden Sprossen der Trauerbäume.

Bildungsbedingungen der Rhizoiden.

Die zuletzt aufgeführten Wachsthumserscheinungen stehen, wie unten gezeigt werden soll, im engsten Zusammenhange mit der Rhizoidenbildung, weshalb gleich an dieser Stelle die Untersuchungen, die über die Bildungsursachen der Rhizoiden angestellt wurden, besprochen werden sollen.

Die Rhizoiden der zu den Versuchen verwendeten Charen sind dünne hyaline Zellen, mit lebhafter Protoplasmaströmung, die sich mittelst einer eigenthümlich gestalteten, von A. Braun mit zwei mit den Sohlen gegeneinander gestellten Füssen verglichenen Anschwellung verzweigen und ihren Ausgang in den Blattknoten nehmen.

---

1) Elfving, Beiträge zur Kenntniss der physiologischen Einwirkung der Schwerkraft auf die Pflanzen. Act. Soc. scient. Fenn. 1880 pag. 5—17.

2) Voechting, Bot. Zeitung 1880 pag. 599. Vergl. auch Frank-Schwarz, Der Einfluss der Schwerkraft auf das Längenwachsthum der Pflanzen. Untersuch. aus d. bot. Instit. Tübingen I. pag. 84.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0409-9

In diesen sind es dicht oberhalb der Blätter stehende und theilweise von oben her zwischen die Ursprungsstellen derselben sich hineinschiebende Zellen, die in Folge ihres äusserst geringen Chlorophyllgehaltes gegenüber den reich mit Chlorophyll ausgestatteten Berindungszellen hyalin erscheinen, welche sich zu den Rhizoiden ausstülpen. Legt man abgeschnittene Sprosse von Charen unter Wasser auf Erde oder hängt sie auch frei im Wasser auf, so erscheinen schon nach wenigen Tagen die Rhizoiden, die sich dem unbewaffneten Auge als dünne Fädchen präsentiren.

Die Fähigkeit Rhizoiden zu erzeugen wohnt jedem, selbst dem kleinsten und jüngsten Wirtel inne, denn auch diese treiben, wenn man sie isolirt in Wasser kultivirt, Rhizoiden [1]).

Wir begegnen hier analogen Verhältnissen wie sie bei den Rhizoiden der Brutknospen von Marchantia obwalten [2]).

Auch bei den Charen sind, ebenso wie bei den Brutknospen, die Austrittsstellen der Rhizoiden, die hyalinen Zellen vorgebildet, und es bedarf nur des äusseren Anstosses, um sie zum Auswachsen zu veranlassen.

Dieser Anstoss nun ist bei den Charen ganz analog denjenigen Reizwirkungen, welche das Austreiben von Reserveknospen an Stämmen nach deren Entblätterung hervorrufen.

Hier wie dort ist die eigentliche Ursache des Austreibens vorgebildeter Anlagen in dem Umstande zu suchen, dass schon vorhandene Organe durch einen äusseren Eingriff verloren gegangen sind und dass deshalb die Neubildung dieser Organe erfolgt.

Dass es in unserem Falle nicht die Verwundung als solche ist, die das Austreiben der Rhizoiden veranlasst, sondern dass der Verlust der bereits gebildeten Rhizoiden die Hauptbedingung dabei darstellt, geht zur Genüge aus der Thatsache hervor, dass man angewurzelte Charen decapitiren, ihrer Aeste und Blätter berauben, kurz verletzen kann wie man will, ohne dadurch an den Sprossen die Bildung von Rhizoiden zu veranlassen.

Die Rhizoiden erscheinen an fast allen Wirteln längerer, isolirter, in irgend einer Lage im Wasser befindlicher Sprosse gleichzeitig, jedoch bilden die allerjüngsten Wirtel hiervon eine Ausnahme. An

1) Vergl. Zacharias, Ueber Entstehung und Wachsthum der Zellhaut. — Pringsheim's Jahrbücher f. w. Bot. XX, 1889, pag. 107. — Derselbe. Ueber Kern- und Zelltheilung. Botanische Zeitung, 1888, pag. 51.

2) W. Pfeffer, Symmetrie und spec. Wachsthumsursachen. Arbeiten des bot. Instituts Würzburg, Band I, pag. 79.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0410-0

ihnen konnte ich, wenn sie den Sprossgipfel eines längeren Stengels bildeten, niemals Rhizoiden beobachten, während sie, wenn man sie isolirt, wie oben erwähnt, wohl im Stande sind, sich anzuwurzeln.

Wir begegnen hier einem gewissen Gegensatze zwischen Spitze und Basis, einer Thatsache, welcher Voechting seine besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat.

Wollte man an den Charensprossen keine Verticibasilität annehmen, so wäre diese Erscheinung vielleicht dadurch zu erklären, dass man annimmt, dass hier das Alter der einzelnen Wirtel in Betracht käme und dass bei der Concurrenz verschieden alter Wirtel an denjenigen die Rhizoiden erscheinen, an welchen die grösste Neigung dazu vorhanden ist, also an den älteren.

Hängt man Charensprosse in normaler und inverser Stellung in demselben Gefässe und unter denselben äusseren Bedingungen frei im Wasser auf und vergleicht sie dann in Bezug auf ihre Rhizoidenbildung miteinander, so erhält man ein interessantes Resultat.

Es zeigt sich nämlich, dass die invers gestellten Sprosse viel früher Rhizoiden treiben, als diejenigen, die sich in normaler Lage befinden.

Ja ich konnte sogar an einigen Sprossen, die ich in normaler Stellung frei im Wasser aufgehangen hatte und die aus irgend einem Grunde nach zehn Tagen noch keine Rhizoiden gebildet hatten, schon nach wenigen Tagen Rhizoiden erkennen, nachdem ich sie invers aufgehangen hatte. Inzwischen hatten die zur Controle in normaler Lage gebliebenen Sprosse noch keine Rhizoiden gebildet.

Es sei gleich hier bemerkt, dass alle eben geschilderten, die Rhizoiden betreffenden Vorgänge sich in genau derselben Weise auch bei Chara hispida abspielen.

Die Erscheinung, dass die Rhizoiden bei inverser Stellung des Sprosses früher erscheinen, ist jedenfalls im engsten Zusammenhang mit der Thatsache zu bringen, dass in inverser Lage frei aufgehangene Sprosse langsamer in die Länge wachsen, als in normaler Stellung.

Wir haben hier also eine Correlation zwischen Längenwachsthum und Rhizoidenbildung anzunehmen. Die Ursache freilich, warum diese beiden Erscheinungen eintreten, dürfte wohl vorläufig eine offene Frage bleiben.

Während wir bisher nur die Bildung von Rhizoiden an Sprossstücken zu beobachten Gelegenheit hatten, drängt sich nun die Frage auf, ob es nicht möglich ist durch irgend einen Einfluss auch an intacten Charensprossen Rhizoiden hervortreiben zu lassen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0411-5

Zu den bezüglichen Versuchen dienten die in etwa 4—5 cm weiten und circa 30—40 cm hohen Cylindern erzogenen Sprosse. Um z. B. den oberen Theil dieser Sprosse in Erde zu bergen, während der untere Theil in Wasser verblieb, wurden die Charensprosse durch einen durchbohrten und mit Paraffin getränkten Kork geführt. Es gelingt dies bekanntlich leicht, indem man von einem durchbohrten und dann halbirten Korke zuerst die eine Hälfte, dann die andere in entsprechender Weise einsetzt.

Da in schlammiger Erde die bedeckten Sprosse leicht absterben und faulen, so wurde die obere Cylinderhälfte mit einem Gemisch aus Sand und Erde gefüllt.

Nach ungefähr 3 Wochen wurde die Erde von den Sprossen entfernt, und es zeigte sich nun, dass an den von der Erde berührten, also den apicalen Wirteln reichlich Rhizoiden gebildet waren, während die unter normalen Verhältnissen in Wasser gebliebenen unteren Wirtel dieselben nicht zeigten.

Dieser Versuch wurde noch in folgender Weise modificirt. In einem weiten, flachen nur etwa 20 cm hohen Glasgefässe wurden Charen kultivirt und, nachdem sie kräftig gewachsen waren, vorsichtig mit ihrem Spitzentheile in die Erde gedrückt, so dass der in Wasser sichtbare Sprosstheil einen Bogen bildete.

Die Seitenäste an frei gebliebenen Wirteln krümmten sich negativ geotropisch, auch erschien bald wieder der mit seiner Spitze in die Erde gedrückte Hauptspross über derselben, und nach einiger Zeit zeigte es sich, dass die in die Erde gedrückten Wirtel reichlich Rhizoiden gebildet und sich im Boden befestigt hatten.

Diese Versuche ergaben nun, dass es möglich ist, auch bei angewurzelten Charensprossen durch Umgebung eines Theiles derselben mit Erde an den bedeckten Wirteln Rhizoiden zu erzeugen.

Es kommen aber bei dem Umgeben mit Erde hauptsächlich 2 Factoren, Dunkelheit und Contact, in Betracht. Die Wirkung derselben einzeln zu prüfen war die nächste Aufgabe. Ich präparirte zunächst in der oben angegebenen Weise eine Reihe Cylinder und verdunkelte den oberen Theil derselben durch mehrfaches Umwickeln und Zubinden mit schwarzem Tuche. Nach 4 Wochen wurden die Umhüllungen abgenommen und es zeigte sich, dass an den jetzt etiolirten Sprossen an allen Wirteln mit Ausnahme der allerjüngsten reichlich Rhizoiden entstanden waren.

Es werden also durch die Dunkelheit allein die Charen veranlasst, Rhizoiden zu erzeugen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0412-1

Es handelte sich nun darum, zu untersuchen, in wie weit der Contactreiz allein dieselbe Wirkung hervorzubringen im Stande ist. Es wurden zu diesem Zwecke wiederum einige enge Cylinder präparirt und im oberen Theile mit durchsichtigen Glasperlen aufgefüllt.

Ich verwendete dazu 2 Sorten, von denen die eine circa 2,5—3 mm, die andere nur 1—1,5 mm im Durchmesser hatte. Die letzteren Perlen benutzte ich um einen innigen Contact an möglichst vielen Punkten zu erzielen.

Die Sprosse wuchsen zwischen den Glasperlen ziemlich kräftig weiter, einige brachten es sogar bis zur Bildung von Sexualorganen, und alle zeigten keine Spur von Etiolement, das heisst also Licht fand in genügender Weise Zutritt.

Nach 4 Wochen wurden die Perlen entfernt und es zeigte sich nun, dass an keinem Wirtel Rhizoiden entstanden waren.

Es folgt daraus, dass der Contactreiz allein nicht im Stande ist, Rhizoiden an angewurzelten Charen zu erzeugen.

Fassen wir nun kurz die Resultate, die sich bei den Versuchen über die Entstehungsbedingungen der Rhizoiden ergaben, zusammen, so ergibt sich Folgendes:

I. Rhizoiden werden an abgeschnittenen Sprossen von Chara fragilis und hispida auch im Licht gebildet, wenn die Verwundung die Wegnahme der schon vorhandenen Rhizoiden zur Folge hatte.

Selbst ganz junge Wirtel sind, wenn man sie isolirt, im Stande Rhizoiden zu bilden.

II. Ferner entstehen Rhizoiden an angewurzelten Charen durch Umgebung mit Erde und durch Verdunkelung.

Letztere Erscheinung bildet ein Analogon zu der von Voechting[1]) beobachteten Bildung von Wurzeln an verdunkelten Theilen des Stengels von Lepismium radicans.

III. Contactreiz allein ist nicht im Stande, an angewurzelten Charensprossen Rhizoiden zu erzeugen.

Einfluss äusserer Factoren auf die Wachsthumsrichtung der Rhizoiden.

Hatten wir bisher die Entstehungsbedingungen der Rhizoiden kennen gelernt, so wenden wir uns nun der Frage zu, wie die Rhizoiden in Bezug auf ihre Wachsthumsrichtung durch äussere Factoren beeinflusst werden.

---

1) Hermann Voechting, Ueber Organbildung im Pflanzenreiche, Bonn 1878, pag. 148.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0413-7

Legt man abgeschnittene Charensprosse unter Wasser auf Erde, so dringen die entstehenden Rhizoiden alsbald in den Boden ein, hängt man die Sprosse normal, invers oder horizontal frei im Wasser auf, so gehen die Rhizoiden stets nach unten. Es ist nöthig, hier einige Worte über die Richtung der Rhizoiden gegenüber dem Stengel an frei im Wasser schwebenden Sprossen zu sagen. An einem senkrecht stehenden Stengel bilden die Rhizoiden rings um denselben herum einen Wirtel, indem sie sich nicht senkrecht nach unten wenden, sondern in einem spitzen Winkel von dem Stengel abstehen.

An horizontal im Wasser hängenden Sprossen wenden sie sich, zu Zöpfchen vereinigt, direct nach unten.

Es besitzen also die Rhizoiden der zum Versuche verwendeten Charen eine positiv geotropische Wachsthumsrichtung.

Immerhin könnte daneben noch ein von Nährsalzen oder von Erde herrührender, ablenkender Reiz für die Wachsthumsrichtung mit in Betracht kommen.

Um die etwaige Wirkung dieses Reizes zu ermitteln, wurde folgender Versuch angestellt.

Ich nagelte auf ein circa 5 cm breites und etwa 20 cm langes, flaches Holzgestell Stramin auf, befestigte auf diesem mittelst der Blätter und Aeste eine Reihe Charensprosse, füllte dann das Gestell mit Erde und hing es horizontal im Wasser auf.

Es wirkte also auf diese Weise der etwa von der Erde herrührende Reiz nicht von unten, sondern von oben her auf die Sprosse ein. Bei der bald beginnenden Rhizoidenbildung ergab sich nun, dass dieselben auch hier nach unten in das Wasser hinein wuchsen.

In der Natur dürfte sich auch die positiv geotropische Richtung der Rhizoiden in den meisten Fällen als die zweckmässigste zur Erlangung der nöthigen Nährsalze erweisen. Ausserdem ist sie sicher die vortheilhafteste, um die Pflanze selbst im Boden zu befestigen.

Ein einseitiges, vielleicht durch die Wirkung der Schwerkraft bedingtes Austreiben der Rhizoiden an horizontal im Wasser liegenden Sprossen, wie solches für manche Wurzeln, z. B. die an horinzontal liegenden Weidenzweigen entstehenden bekannt ist[1]), konnte ich niemals beobachten.

Die Rhizoiden erschienen vielmehr gleichmässig um den ganzen Stamm herum.

---

1) H. Voechting, Ueber Organbildung im Pflanzenreiche, Bonn 1878, pag. 177 u. 182.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0414-3

Um nun den directen Beweis zu liefern, dass die Rhizoiden wirklich durch die Schwerkraft in ihrer Wachsthumsrichtung beeinflusst werden, bediente ich mich des Klinostaten.

Ich befestigte in einer grossen flachen Glascuvette an den beiden schmalen Seiten derselben mittelst Baumwachses je zwei gekreuzte Glasstäbe, deren Kreuzungspunkte als Lager für eine Glaswelle dienten.

Parallel zu dieser Welle wurden 4 lange Charensprosse an Spitze und Basis befestigt und also in horizontaler Lage in langsame Drehung um die Achse versetzt.

Zur Befestigung dienten 2 auf die Glaswelle geschobene Korke, gegen welche die mit Watte umhüllten Sprosstheile durch ein angestecktes Korkstück schwach angedrückt wurden. Ueber dem Wasserbassin befand sich die horizontale Achse des Klinostaten.

Ein auf diese aufgeschobenes ausgekehltes Rad wurde mit einem gleichgrossen auf der Glaswelle im Wasser befestigten Rade durch eine Seiltransmission verbunden und auf diese Weise letztere in eine langsame Umdrehung versetzt.

Durch 2 Kieselsteine, welche an 2 auf der Glaswelle gleitenden Schlingen hingen, wurde ausserdem die Glasachse gegen ihre Lager angepresst erhalten.

An den so in horizontaler Lage rotirenden Sprossen war also die einseitige Wirkung der Schwerkraft eliminirt.

Nachdem zuerst mehrere Versuche durch Abfaulen der Sprosse misslungen waren, erhielt ich endlich, nachdem der Klinostat die Sprosse fast 14 Tage gedreht hatte, ein positives Resultat. Die Rhizoiden gingen nicht, wie das normaler Weise bei horizontal liegenden Sprossen der Fall ist, nach unten, sondern sie standen in der oben für senkrecht stehende Sprosse angegebenen Weise um den Stamm herum, jedoch in Anbetracht der Aufhebung der einseitigen Wirkung der Schwerkraft in einem weniger spitzen Winkel.

Um die Wirkung des Lichtes auf die Rhizoiden kennen zu lernen, setzte ich normal, invers und horizontal frei im Wasser aufgehangene Sprosse der einseitigen Beleuchtung aus und zwar sehr gedämpftem, diffusem und directem Sonnenlichte.

Der Erfolg war in allen Fällen der, dass eine merkliche Abweichung der Rhizoiden von der normalen Lage nicht zu constatiren war. Versuche mit Chara hispida ergaben dasselbe Resultat.

Die Rhizoiden der zum Versuche verwendeten Charen reagieren also nicht merklich heliotropisch.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0415-9

Um die Untersuchungen über die Wachsthumsrichtung der Rhizoiden zu vervollständigen, wendete ich mich der Frage zu, ob vielleicht ein Mehr- oder Mindergehalt des umgebenden Mediums an Sauerstoff einen Einfluss ausüben könnte.

Ich bediente mich dazu folgenden Apparates:

In einen circa 5 cm weiten, an beiden Seiten offenen Glascylinder wurde in der Mitte ein circa 1 cm weites, rundes Loch gebohrt. Nun wurden 2 genau passende Korkringe, die mit Pergamentpapier überspannt waren, von den beiden Seiten her in den Cylinder hineingeschoben und einander bis auf circa 2 cm genähert, so dass sich das erwähnte Loch in der Mitte der so gebildeten Abtheilung befand.

Die beiden Öffnungen des Cylinders wurden jetzt vorn mit je einem doppelt durchbohrten Korke geschlossen, in welchem je ein Gaszuleitungs- und ein Ableitungsrohr eingeführt waren.

Jetzt wurde der Cylinder horizontal in Wasser gelegt, so dass sich das schon erwähnte Loch oben befand, und durch dasselbe ein Charenspross mit jungen Rhizoiden hineingebracht und die Rhizoiden möglichst senkrecht in der Mitte eingestellt.

Nun wurde von der einen Seite mittelst eines Gasometers Luft und von der anderen Seite Wasserstoff, der, um ihn von Verunreinigungen zu befreien, durch Kaliumpermanganatlösung gegangen war, eingeleitet.

Die Pergamentwände gestatteten den Gasen die Diffusion bis zu den Rhizoiden, und es wurde auf diese Weise erzielt, dass denselben von der einen Seite ein sauerstoffhaltiges, von der anderen Seite ein sauerstofffreies Gas geboten wurde.

Bei dem ersten Versuche schien nach längerer Zeit eine geringe Abweichung nach dem Luftstrome zu stattgefunden zu haben, während sich die Rhizoiden bei 2 weiteren Versuchen völlig indifferent verhielten.

Wenn auch hiernach ein sicherer Schluss auf die aërotropische Reizbarkeit nicht gezogen werden kann, so ergibt das Experiment doch, dass, wenn bei den Rhizoiden eine Reactionsfähigkeit gegen Sauerstoff vorhanden ist, dieselbe nicht sehr bedeutend sein kann.

Untersuchungen über die Entstehungsbedingungen der nacktfüssigen Zweige und Zweigvorkeime.

Durch Pringsheim[1]) ist bekannt, dass sich an Chara fragilis unter gewissen Bedingungen 2 abnorme Sprossarten vorfinden.

1) Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik, III, 1863, pag. 294.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0416-4

Es sind das die von ihm als nacktfüssige Zweige und Zweigvorkeime unterschiedenen Bildungen.

Die nacktfüssigen Zweige weichen von den gewöhnlichen Zweigen dadurch ab, dass ihr erstes Internodium, also gewissermassen ihr Fuss, nackt ist, d. h. nicht die für die Charen charakteristischen Berindungszellen oder diese wenigstens nur unvollständig und verkümmert besitzt.

Dieses Fehlen der Berindungszellen erstreckt sich bisweilen auch bis auf die Blätter des ersten Wirtels, jedoch findet man hierin die mannigfachsten Modificationen.

Bald sind sämmtliche Glieder der Blätter völlig unberindet, bald nur mangelhaft berindet, oder alle Glieder sind bis auf eines völlig berindet, oder alle zeigen mehr oder weniger grosse Defecte in der Berindung.

Das letzte Glied der Blätter ist, wie hier bemerkt werden soll, immer unberindet, auch an normalen Zweigen.

Das nackte Glied der Zweige besitzt reichlich Chlorophyllkörner und lebhafte Protoplasmaströmung. Jedoch findet man an den untersten, im Schlamm steckenden Wirteln der Chara fragilis sehr häufig auch nacktfüssige Zweige, deren nacktes Internodium durch das Wachsen im Schlamm und die dadurch bedingte Abwesenheit von Licht nicht grün ist.

Setzt man aber derartige Zweige dem Lichte aus, so entsteht sehr bald reichlich Chlorophyll, und sie gleichen dann, abgesehen von der in Folge des Etiolements meist etwas grösseren Länge des nackten Gliedes, völlig den normalen nacktfüssigen Zweigen.

Man erhält diese etiolirten nacktfüssigen Zweige auch sehr leicht, wenn man lange Charensprosse mit Ausnahme ihrer vorderen Theile in horizontaler Lage flach in ein Gemisch von Erde und Sand vergräbt. An den bedeckten Wirteln entwickeln sich dann diese Zweige ziemlich reichlich.

Die Zweigvorkeime weichen in ihrer äusseren Gestaltung noch viel weiter von den gewöhnlichen Seitenzweigen ab.

Sie sind erstens in ihren ganzen Dimensionen viel kleiner und zarter gebaut, als die normalen Zweige.

Ebenso wie diese entstehen sie in den Blattknoten, beginnen aber mit einem chlorophylllosen nackten Internodium, an welchem ein ziemlich mangelhaft ausgebildeter, stets blattloser Knoten sitzt, der meist einige Rhizoiden trägt. An diesen Knoten schliesst sich ein chlorophyllhaltiges nacktes Glied an, welches in einem Blattwirtel seinen Abschluss findet.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0417-0

Die Blätter dieses Wirtels sind ungleich ausgebildet. Eines nämlich zeichnet sich vor den anderen durch seine Grösse aus und in der Achsel dieses Blattes, welches als Protonema der Charen angesprochen werden kann, da es sich ebenso auch bei keimenden Charen findet, entwickelt sich nun der normale Spross mit berindeten Gliedern.

Die Länge der einzelnen Glieder der Zweigvorkeime ist nun je nach der Varietät von Chara fragilis eine sehr verschiedene, namentlich ist die Länge des ersten blassen Internodiums grossen Schwankungen unterworfen.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den nacktfüssigen Zweigen und den Zweigvorkeimen ist wohl darin zu suchen, dass die ersteren direct in den eigentlichen normalen Seitenspross übergehen, dass dagegen dieser normale Spross nur als Seitenbildung der Zweigvorkeime anzusehen ist, dass uns also in den Zweigvorkeimen dieselbe Erscheinung, wie bei der Keimung der Sporen selbst, entgegen tritt.

Ueber die Entstehungsbedingungen dieser Bildungen sagt Pringsheim, dass dieselben von selbst an überwinterten Stengeln erscheinen, dass man sie aber auch sonst leicht erhalten könne, wenn man isolirte Wirtel von Chara fragilis cultivire.

Ich erhielt bei dem in dieser Weise angestellten Versuche ziemlich reichlich nacktfüssige Zweige, jedoch in etwas längerer, als der von Pringsheim angegebenen Zeit von 8—14 Tagen.

Jedoch ist es nicht nöthig, die Wirtel durch Abschneiden zu isoliren, sondern man erhält, wenn man die einem Wirtel benachbarten Wirtel durch Eingypsen zwischen 2 Glasplatten[1]) im Wachsthum hemmt, auch sehr exact an dem freien Wirtel nacktfüssige Zweige.

Sie entstehen ebenso, wenn man an langen, abgeschnittenen Sprossen die Spitze wie sämmtliche Aeste und Blätter zwischen Glasplatten eingypst.

Entfernte ich einfach von abgeschnittenen Sprossen die Spitze und sämmtliche Seitenbildungen, so erhielt ich ebenfalls nacktfüssige Zweige.

Auch an Chara hispida konnte ich charakteristische nacktfüssige Zweige beobachten.

Sehr häufig findet sich bei dieser Species die auch bei Chara fragilis zuweilen vorkommende Erscheinung, dass sich die schon fertigen Berindungszellen in ihrer Gesammtheit loslösen und so sehr leicht zu falschen Deutungen die Veranlassung werden können.

1) Ueber Technik etc. vergl. W. Pfeffer, Druck- und Arbeitsleistung der wachsenden Pflanzen, Leipzig 1893, pag. 240.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0418-6

Es war oben erwähnt worden, dass man bei theilweise flach in Erde vergrabenen Sprossen an den bedeckten Wirteln die etiolirten nacktfüssigen Zweige beobachten kann und es drängt sich die Frage auf, ob jeder der hierbei in Betracht kommenden Factoren, Dunkelheit und Contact, für sich allein im Stande ist, dieselbe Erscheinung hervorzurufen.

Auf folgende Weise wurde das zu ermitteln gesucht:

Ich umwand circa 5 cm weite und etwa 15 cm lange Glasröhren mit schwarzem Wachspapiere, schloss sie an den beiden Seiten mit einem flachen Korke und brachte in einem derselben in der Mitte ein circa 1 cm weites rundes Loch an.

Nun wurden die Cylinder horizontal in Wasser gelegt und Charensprosse bis ungefähr zur Hälfte in dieselben eingeführt, so dass sich der Spitzentheil frei im Wasser befand.

Ich erreichte auf diese Weise die Wirkung der Dunkelheit auf einen Theil der Sprosse unter Ausschluss des Contactes.

Um diesen letzteren für sich allein wirken zu lassen, bettete ich lange Sprosse zwischen die schon oben erwähnten Glasperlen ein.

Es liess sich jedoch in beiden Fällen keine Bildung nacktfüssiger Zweige beobachten.

Von Interesse musste es sein, zu ermitteln, wie sich die nackten Internodien der Zweige betreffs ihrer Berindung verhalten, wenn sie älter werden und die Zweige selbst zu langen Sprossen ausgewachsen sind.

Aus einer grossen Anzahl ausnahmslos übereinstimmender Versuche geht nun hervor, dass eine nachträgliche Berindung der Internodien niemals eintritt, dass sie also für immer nackt bleiben.

Schabt man von berindeten Internodien mittelst des Rasiermessers die Berindungszellen theilweise ab, ohne die Hauptzelle selbst zu verletzen, eine Manipulation, die bei einiger Vorsicht sehr leicht gelingt, und überlässt nun die Sprosse einige Zeit sich selbst, so ergibt die Untersuchung Folgendes.

Es hat keine vollständige Neubildung der entfernten Theile der Berindungszellen stattgefunden, sondern diese haben sich höchstens an den geöffneten Stellen durch Bildung von Zellhaut abgeschlossen.

Die Entstehung von Zweigvorkeimen konnte ich, obgleich ich eine grosse Anzahl von Versuchen anstellte, nur an wenigen Wirteln von Chara fragilis beobachten, deren Nachbarwirtel ich eingegypst hatte, und zwar erschienen sie hier erst nach ungefähr 3 Monaten.

Pringsheim hat versucht, auch an Nitella syncarpa Zweigvorkeime zu erzielen, aber mit negativem Erfolge.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0419-4

Die isolirten Wirtel gingen sehr bald Grunde.

Wirtel von Nitella flexilis, mit denen ich in derselben Weise operirte, dauerten zwar gut aus, aber ich konnte an ihnen selbst nach 4 Monaten noch keine Zweigvorkeime beobachten.

Ich muss daher von Nitella flexilis, wie es Pringsheim mit Nitella syncarpa gethan hat, annehmen, dass sie die Fähigkeit, Zweigvorkeime zu bilden, nicht besitzt.

Fasst man die Resultate vorstehender Untersuchungen über die Entstehungsbedingungen der nacktfüssigen Zweige und Zweigvorkeime zusammen, so ergibt sich, dass die letzteren offenbar viel seltener entstehen, als die ersteren, und zu ihrer Entstehung einer längeren Zeit bedürfen.

Das Erscheinen der nacktfüssigen Zweige geschieht unter einer Reihe verschiedener Umstände.

Zuerst, wenn man einzelne Wirtel durch Zerschneiden der Internodien isolirt oder durch Eingypsen verschiedener Knoten erzielt, dass nur noch einzelne Wirtel Spielraum zum Wachsen haben.

Ferner erscheinen die nacktfüssigen Zweige, wenn man an langen Sprossstücken sämmtliche Seitenbildungen und die Spitze des Hauptsprosses abschneidet oder eingypst, an den in Erde liegenden Wirteln.

Alle diese Umstände unter denen die nacktfüssigen Zweige und Zweigvorkeime gebildet werden, haben nun das Gemeinsame, dass die normalen Vegetationspunkte verloren gegangen sind.

Dass diese Thatsache von Bedeutung für die Entstehung nacktfüssiger Zweige ist, geht schon daraus hervor, dass an isolirten Wirteln ein schon vorhandener normaler berindeter Zweig weiter wächst und dass erst nach seiner Entfernung nacktfüssige Zweige producirt werden.

Es soll gleich an dieser Stelle des Umstandes Erwähnung gethan werden, dass sich zwar normaler Weise immer nur ein Seitenzweig in einem Wirtel findet, dass aber die abnormen Sprossbildungen in grösserer Zahl auftreten.

Betrachtet man die Umstände, unter denen die abnormen Seitenbildungen in der Natur selbst entstehen, nämlich an abgewinterten Sprossen, so treten uns hier dieselben Verhältnisse entgegen, denn solchen Sprossen sind wohl in den allermeisten Fällen die normalen Vegetationspunkte, sei es durch Thierfrass, Absterben oder irgend eine andere Ursache, verloren gegangen.

Aber es gibt auch noch eine andere Ursache, welche auf die Entstehung, wenigstens der nacktfüssigen Zweige, von Einfluss ist, nämlich eine Umgebung der Wirtel mit Erde.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0420-5

Sowohl in der freien Natur, als auch beim Experiment ruft dieser Umstand, wie wir sahen, die Bildung nacktfüssiger Zweige hervor.

Wir kommen nun auf Grund der oben erwähnten Thatsache, dass die abnormen Sprossbildungen im Gegensatz zu den normalen in Mehrzahl in einem Knoten entstehen, zu der Annahme, dass jedem Wirtel die Fähigkeit inne wohnt, nicht nur, wie gewöhnlich einen Seitenspross zu produciren, sondern unter gewissen Umständen in der Weise auf einen Reiz zu reagiren, dass diese Bildungsfähigkeit an mehreren Stellen des Wirtels zur Auslösung gelangt und eben eine grössere Anzahl von Seitensprossen, die in der Anlage nicht vorhanden waren, hervorgetrieben wird.

Die Anzahl der an einem Wirtel auftretenden nacktfüssigen Zweige schwankt zwischen zwei und vier, während die Zweigvorkeime in noch grösserer Zahl entstehen.

Dass das Produciren einer grösseren Anzahl von Seitensprossen für die Pflanze von hoher biologischer Bedeutung ist, unterliegt keinem Zweifel. Denn wenn durch den Mangel an Vegetationspunkten die Existenz eines ganzen Sprosses oder einzelner Wirtel in Frage gestellt erscheint, ist es sicherlich für die Erhaltung des Individuums und der Art von grossem Vortheile, wenn an Stelle eines einzigen Seitensprosses, der ja leicht wiederum durch irgend einen Eingriff verloren gehen kann, deren eine grössere Anzahl gebildet werden.

Die Frage, warum wohl in diesen Fällen die Berindung ganz wegfällt oder wenigstens ziemliche Defecte aufweist, muss allerdings vorläufig offen bleiben. Ein Mangel an Nährstoffen dürfte kaum die Veranlassung dazu bilden.

Biologische Untersuchungen.

Es folgt jetzt eine Reihe von Versuchen, welche angestellt wurden, um das Verhalten der Chara fragilis in biologischer Hinsicht genauer kennen zu lernen.

Ersatz des Sprossgipfels.

Zunächst handelte es sich darum, festzustellen, wie die Pflanze auf eine Wegnahme des Hauptsprossgipfels reagiren würde.

Ein solcher Verlust der Sprossspitze kann in der Natur sehr leicht eintreten, und ich selbst konnte ihn in meinen Kulturen häufig beobachten, da gewisse kleine Wasserthierchen hauptsächlich von den Vegetationspunkten der Charen zu leben scheinen.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass bei einer Fichte, deren Gipfelspross man abschneidet, der nächste oder einer der nächsten

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0421-1

Seitensprosse die Rolle des Hauptsprosses übernimmt, sein Wachsthum beschleunigt und negativ geotropisch weiter wächst[1]).

Dass wir auch bei einer so niedrig stehenden Pflanze, wie Chara es ist, demselben Verhalten begegnen, hat ein gewisses Interesse.

Decapitirt man einen angewurzelten Charenspross, so ersetzt ihn meist sehr bald der nächste, manchmal auch ein entfernter stehender Seitenast.

Er verändert seine schräg gegen den Hauptstamm gewendete Richtung, wächst sehr energisch und hat in kurzer Zeit den Gipfelspross völlig ersetzt.

Das stehen gebliebene Stück des angeschnittenen Internodiums fault in der Regel sehr bald ab. Es muss hierbei bemerkt werden, dass bei den Charen für gewöhnlich die Entwickelung der Seitensprosse an den unteren Wirteln beginnt, dass also normaler Weise der unterste älteste Seitenzweig auch der grösste ist.

Nach dem Decapitiren überholt derjenige der Seitensprosse, der die Führung übernimmt, also meist der jüngste und kleinste, die anderen Zweige bald ganz bedeutend im Wachsthum.

Ist vor dem Decapitiren die Existenz eines Seitenzweiges in den nächstfolgenden Wirteln makroskopisch noch nicht zu erkennen, so entwickelt sich doch sehr bald, meist in dem obersten Wirtel, ein Seitentrieb, der zum Hauptspross wird.

Gypst man den Gipfelspross einer angewurzelten Chara vorsichtig, ohne ihn irgendwie zu verletzen, zwischen zwei Objectträgern, die durch einen Gummiring zusammengehalten werden, ein und hält dann den Spross durch Aufhängen der Glasplatten in unveränderter Lage aufrecht, so zeigen sich auch hier, wenn auch nach etwas längerer Zeit, dieselben Erscheinungen wie oben.

Es hat also die Wachsthumshemmung des Gipfelsprosses den gleichen Erfolg wie die Entfernung desselben durch Abschneiden.

Zum Beweise dafür, dass wir es hier in der That nur mit einer Wachsthumshemmung zu thun haben, kann der Umstand dienen, dass die eingegypsten Sprosstheile noch nach 4 Wochen und länger lebendig sind, und dass sie, wenn man sie vorsichtig von dem Gypse befreit, auch ihr Wachsthum wieder aufnehmen[2]).

---

1) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Leipzig 1882, XXX. Vorlesung, pag. 612.

2) Vergl. auch Pfeffer, Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen, Leipzig 1893, pag. 351.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0422-7

Regenerationsversuche.

Es war oben erwähnt worden, dass jedem, selbst dem kleinsten und jüngsten Wirtel, wenn man ihn isolirt hat, die Fähigkeit inne wohnt, sich zu einem neuen Sprosse zu regeneriren.

Ich versuchte nun, zu ermitteln, in wie weit auch anderen Theilen der Charen, die ja in der Natur durch irgend einen Umstand aus dem Zusammenhange der Pflanze gerissen werden können, diese Regenerationsfähigkeit zukommt.

Ich isolirte zu diesem Zwecke Blätter, Internodien und Rhizoiden durch Abschneiden, konnte aber in keinem Falle, trotzdem ich die Versuche wiederholt ausführte, eine Regenerationserscheinung beobachten.

Die Rhizoiden und Internodien starben sehr bald ab, die Blätter blieben etwas länger lebendig, gingen dann aber auch ohne zu regeneriren zu Grunde.

Ich glaubte nun eher zum Ziele zu gelangen, wenn ich die Knoten eingypste und nur theils Rhizoiden, theils Blätter, theils Internodien ausserhalb des Gypses liess, da auf diese Weise das Oeffnen und Tödten von Zellen vermieden wurde.

Aber auch hiermit erreichte ich nichts.

Die einzelnen nicht mit Gyps umgebenen Theile blieben lange Zeit lebendig, aber das Auftreten irgend eines regenerativen Processes an demselben liess sich nicht constatiren.

Es muss nach dem Ausfall dieser Versuche geschlossen werden, dass nur den Knoten der Chara fragilis die Fähigkeit inne wohnt, zu neuen, vollständigen Individuen auszuwachsen, eine Thatsache, die schon von vornherein ziemlich klar erscheint, wenn man bedenkt, dass die Knoten die Ausgangspunkte aller seitlichen Bildungen der Pflanzen sind.

Zugversuche.

Ich wendete mich jetzt der Frage zu, in wie weit die Zellwände der Charen eine Verstärkung erleiden, wenn sie einem gewissen Zuge ausgesetzt werden.

In der Natur kann gelegentlich durch Wasserströmungen eine Zugspannung herbeigeführt werden. Bei den in dieser Richtung angestellten Versuchen wurde folgendermassen verfahren:

Ich zog über 2 gut abgeschliffene kleinere Objectträger einen festen Gummiring, befestigte an diesem eine Schlinge aus gewachstem Bindfaden und verband diese Schlinge mittelst eines eisernen Häckchens mit einem Bindfaden, der über eine in circa 30 cm Höhe an einem

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0423-3

Stabe angebrachte Rolle lief und an der anderen Seite wiederum mit einem Häckchen versehen war, in welches ein mit einer Bindfadenschlinge versehenes genau tarirtes Reagensglas eingehangen werden konnte.

Da ich zuerst Versuche machen wollte, bei denen die Sprosse allein und nicht auch die Rhizoiden dem Zuge ausgesetzt wurden, so hatte ich bei 2 Kulturen den Boden einige Centimeter hoch mit einer Gypsdecke begossen.

Ich erreichte auf diese Weise, dass die Sprosse fest in der Gypsdecke sassen und die unter dieser befindlichen Rhizoiden von dem Zuge nicht getroffen wurden.

Ich brachte jetzt etwas angerührten Gyps zwischen die beiden Objectträger und fing mit den gesperrten Gläsern die Spitze des Charensprosses, die bald in dem erhärteten Gypse fest sass. Jetzt wurde das Reagensglas eingehangen und der Charenspross stand unter einem gewissen Zuge.

Um die absolute Grösse dieses Zuges in Grammen kennen zu lernen, ist es nöthig, von dem Bruttogewichte des Reagensglases mit Inhalt im Durchschnitt bei allen Versuchen, 4,5 Gramm abzuziehen, denn die beiden Deckgläser sammt Gypsschicht wogen durchschnittlich unter Wasser 4,5 Gramm und dieses Gewicht muss natürlich, da es als Gegengewicht wirkte, von dem Zuggewichte abgezogen werden. Die Reibungswiderstände an der Rolle, sowie die verschiedene Länge der Bindfaden bleiben unberücksichtigt, da eine genaue Messung des absoluten Zuges nicht in meiner Absicht lag.

Es wurden nun zuerst Probeversuche angestellt, indem ich die Reagensgläser mittelst einer Pipette so weit mit Wasser anfüllte, dass das Gesammtgewicht des Zuges je 24, 18 und 16 Gramm betrug.

In allen Fällen rissen die Sprosse meist sehr bald ab und zwar direct unter der Gypsschicht zwischen den beiden Objectträgern.

Ich verfuhr jetzt in der Weise, dass ich zunächst die leeren Reagensgläser als Gegengewicht benutzte und nun zuerst täglich, dann alle 2 Tage ein Gramm Wasser mittelst einer Pipette hineinbrachte.

Ich konnte auf diese Weise den Zug nach und nach steigern, ohne eine plötzliche Vermehrung des Gewichtes und dadurch bedingtes Abreissen zu veranlassen.

Es gelang mir so, die oben angegebenen zunächst Zerreissung bewirkenden Gewichte zu überschreiten und das Ertragen eines Zuges von 26 Gramm zu erzielen.

Benutzte ich an Stelle der mit einer Gypsdecke versehenen Kulturen solche ohne dieselbe, so ergab sich das Resultat, dass sie

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0424-8

denselben Zug auszuhalten im Stande waren, wie die eingegypsten Sprosse.

Erfolgte ein Abreissen, so geschah es auch hier nahe dem Gypse, während die Rhizoiden zwar etwas nachgeben, aber doch genügende Festigkeit entwickelten, um dem Zuge widerstehen zu können.

Nachdem einige Sprosse gegen 4 Wochen lang so gezogen worden waren, untersuchte ich sie mikroskopisch.

Es ist nun eine Thatsache, dass sich bei gewissen Pflanzen die Wirkung des Zuges in einer Verdickung der Zellmembranen und Vergrösserung der mechanischen Gewebe äussert[1]).

Ich konnte aber bei der mikroskopischen Untersuchung der gezogenen Charensprosse weder eine merkbare Verdickung der Zellen des Stengels noch auch der Wände der Rhizoiden constatiren.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass die Chara fragilis sehr wohl im Stande ist, einem allmählich sich vergrössernden Zuge bis zu einem gewissen Grade Widerstand zu leisten, und dass auch die Rhizoiden genügend fest im Boden eingewurzelt sind, um in solchen Fällen die Pflanze vor dem Herausreissen zu bewahren.

Im Innern der Zellmembranen muss nun unbedingt auch eine Veränderung vor sich gehen, da man ja Charen allmählich an Lasten gewöhnen kann, die bei unvermittelter Einwirkung ein baldiges Reissen der Sprosse veranlassen.

Es scheint demnach, dass sich hier die Wirkung anhaltenden Zuges nicht in einer auffälligen Verdickung der Zellenwände äussert, sondern dass im Innern der Zellmembran eine nicht sichtbare Veränderung vor sich geht.

Kulturversuche in Kochsalzlösungen.

Dass Charen sich nicht nur im Süsswasser aufhalten, sondern dass sie sich auch bisweilen im Brackwasser finden, ist eine bekannte Erscheinung.

Es lag nun in meiner Absicht zu ermitteln, in wie weit Chara fragilis einen Salzgehalt des Wassers auszuhalten vermag. Ich benutzte dazu zwei gleichaltrige kräftige Kulturen, heberte von ihnen das Wasser sorgfältig ab und brachte in die eine von ihnen eine Kochsalzlösung von 0,5 %, in die andere eine solche von 1 % Ge-

1) W. Pfeffer, Berichte der kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften math.-physic. Klasse 7. Dec. 1891 über Hegler's Untersuchungen über den Einfluss von Zugkräften auf die Festigkeit und Ausbildung mechanischer Gewebe in den Pflanzen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0425-4

halt. Diese Lösungen wurden mit gewöhnlichem Leitungswasser hergestellt.

Während die Sprosse in der letzteren Lösung sehr bald völlig todt und farblos waren, zeigten sie sich in der anderen noch frisch und gesund.

Nach Verlauf von 8 Tagen wurde der Gehalt des Mediums an Chlornatrium durch Zutröpfeln einer sehr concentrirten Lösung und sofortiges vorsichtiges Umrühren auf 0,75 % gebracht, je nach weiteren 8 Tagen in derselben Weise auf 1 %, dann 1,25 bis zu 1,5 %. Erst bei dieser Concentration begannen die Pflanzen zu kränkeln und abzusterben.

A. Richter[1]) konnte Charen in 0,5 procentiger Kochsalzlösung ein Jahr lang frisch erhalten, während sie in einer 1 procentigen Lösung nach 4—5 Monaten zu Grunde gingen.

Es war mir also gelungen, durch allmähliche Verstärkung der Concentration die Charensprosse in einer Salzlösung lebendig zu erhalten, die bei sofortiger unvermittelter Einwirkung schon in viel geringerer Stärke die Pflanzen tödtete, denn die Sprosse der abgestorbenen Kultur erholten sich auch nach längerem Stehen nicht wieder. Die von mir als Maximum erreichte Concentration von 1,5 % entspricht ungefähr dem Kochsalzgehalte eines nicht zu salzigen Meeres.

Es ist wohl möglich, dass die Chara fragilis in einer noch stärkeren Kochsalzlösung zu gedeihen vermag, wenn man die Concentration noch viel langsamer steigert, oder wenn man Charensporen in Salzwasser keimen lässt und dann allmählich den Gehalt des Mediums an Chlornatrium erhöht.

Eine Veränderung der in Salzwasser kultivirten Pflanzen, namentlich eine Verdickung der Zellmembran, wie sie Eschenhagen[2]) unter ähnlichen Verhältnissen an Pilzen beobachtete, war ich nicht im Stande festzustellen.

Kulturversuche unter hohem Wasserdruck und in feuchter Luft.

Von einigem Interesse dürften noch die Versuche sein, die über das Wachsen der Chara fragilis in grösserer Tiefe, also unter höherem Wasserdrucke und im feuchten Raume angestellt wurden.

---

1) A. Richter, Ueber die Anpassung der Süsswasseralgen an Kochsalzlösung, Flora 1892, pag. 53.

2) Eschenhagen, Ueber den Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachsthum von Schimmelpilzen, Stolp. 1889.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0426-0

Ich setzte 4 Kulturen zu gleicher Zeit an und zwar eine in einem Gefässe von 40, die zweite in einem solchen von 60, die dritte in einem von 140 cm Höhe, während die vierte in weichen Schlamm gesetzt wurde, der nur etwa 1 cm hoch mit Wasser bedeckt war. In dieser letzteren Kultur wurden an den Wänden des Gefässes Streifen von Filtrirpapier angelegt, die unten in das Wasser tauchten und so für die nöthige Feuchtigkeit der Atmosphäre sorgten. Ausserdem war die Kultur noch sehr sorgfältig mit einer Glasscheibe verschlossen.

Bei der weiteren Entwickelung zeigte es sich, dass die Kulturen I und II in normaler Weise wuchsen, dass jedoch bei III, nachdem nur kurze Zeit ein normales Wachsthum angedauert hatte, eine deutliche Verlangsamung desselben eintrat und die entstehenden Internodien kürzer als gewöhnlich waren.

Die Kultur im Schlamme wuchs ebenfalls, jedoch erhoben sich die Sprosse nur ungefähr 1—2 cm über das Niveau des Wassers, während sie an den Glaswänden des Gefässes, diese als Stütze benutzend, eine etwas grössere Höhe erreichten.

Auch hier waren die an der Luft befindlichen Internodien gedrungener als gewöhnlich.

Uebrigens kann man sehr wohl ausgebildete Sprosse von Chara fragilis lange Zeit im feuchten Raume lebend erhalten, wie mir folgender Versuch zeigte.

Ich brachte in einer kräftigen Charenkultur die schon oben erwähnten Fliesspapierstreifen an, fing nun die Sprosse in einer Bindfadenschlinge und befestigte diese an einem über den Cylinder gelegten Holzstabe, so dass die Sprosse dadurch auch ohne Wasser aufrecht erhalten werden mussten.

Nun heberte ich das Wasser ab und brachte die ganze Kultur unter eine grosse Glasglocke, die auf einem mit Wasser gefüllten Teller stand. Es wurde auf diese Weise für die Anwesenheit einer möglichst grossen Menge Wasserdampf in dem Kulturgefässe Sorge getragen. Die Charen blieben wochenlang völlig frisch, zeigten auch ein allerdings sehr geringes Wachsthum und ebenfalls gedrungene neuzugewachsene Internodien. Einige hatten sich beim Wachsen Schlingpflanzen ähnlich um den Bindfaden gewunden.

Eine in feuchter Luft entstandene sonstige abnorme Erscheinung, wie etwa das Auftreten von Rhizoiden, konnte ich nicht beobachten.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass bei der Kultur von Chara fragilis im feuchten Raume eine Verlangsamung des Wachsthums und die Entstehung kurzer gedrungener Internodien zu constatiren ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0427-6

Dass sich dieselben Erscheinungen auch bei der Kultur in sehr tiefem Wasser zeigten, widerspricht eigentlich dem Verhalten der Charen in der freien Natur. Denn man sieht sie hier bisweilen in ziemlich tiefem Wasser wachsen und lange Sprosse treiben.

Vielleicht ist das abweichende Verhalten der Sprosse im vorliegenden Falle darauf zurückzuführen, dass sie in einem ziemlich engen, nur circa 4 cm weiten Cylinder cultivirt wurden und hier vielleicht ein Mangel an Sauerstoff in Wirkung getreten ist.

Zusammenfassung der Resultate.

Die vorstehenden Untersuchungen ergeben in der Hauptsache Folgendes:

Die Sprosse von Chara fragilis Desv. und Chara hispida L. sind negativ geotropisch und positiv heliotropisch.

Die Krümmungen erfolgen in den jüngeren, noch wachsenden Internodien. Es fällt also auch hier wie bei den meisten Pflanzen Krümmung mit dem Wachsthum zusammen.

Schneidet man kräftig wachsende Sprosse von Chara fragilis am Grunde ab, so bedingt diese Verwundung eine merkliche Verlangsamung des Wachsthums.

Invers aufgehangene abgeschnittene Sprosse wachsen noch langsamer als solche in normaler Lage.

Rhizoiden entstehen an verletzten Sprossen von Chara fragilis und hispida, wenn durch die Verwundung die Wegnahme der vorhandenen Rhizoiden bedingt wird.

Selbst den kleinsten Wirteln wohnt die Fähigkeit inne, wenn sie isolirt sind, Rhizoiden zu erzeugen.

Die Rhizoiden erscheinen an invers aufgehangenen Sprossen schneller als an solchen in normaler Lage.

An angewurzelten Sprossen von Chara fragilis entstehen die Rhizoiden durch Umgebung mit Erde oder auch durch Verdunkelung.

Contactreiz allein bedingt ihre Entstehung nicht.

Die Rhizoiden von Chara fragilis und hispida sind positiv geotropisch und nicht merklich heliotropisch. Ihre aërotropische Reactionsfähigkeit ist, wenn überhaupt vorhanden, eine sehr geringe.

Die nacktfüssigen Zweige entstehen bei Chara fragilis und hispida an Sprossen oder einzelnen Wirteln, wenn dieselben ihrer normalen Vegetationspunkte beraubt sind; auch durch Bedeckung mit Erde wird ihre Bildung veranlasst.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0428-2

Zweigvorkeime entstehen an Chara fragilis viel seltener und in längerer Zeit unter denselben Bedingungen.

Nitella flexilis besitzt nicht die Fähigkeit, Zweigvorkeime zu erzeugen.

Entfernt man an Chara fragilis den Hauptspross durch Abschneiden oder hemmt man ihn durch Eingypsen im Wachsthum, so wird er durch einen Seitenast ersetzt.

Die Fähigkeit, zu neuen Sprossen auszutreiben, wohnt nur den Wirteln inne.

Zugspannung bewirkt, dass Sprosse von Chara fragilis allmählich an grössere Lasten gewöhnt werden, als sie ursprünglich zu tragen im Stande sind.

Eine auffällige Verdickung der Zellmembran wird dadurch nicht erzielt.

Chara fragilis kann in einer Kochsalzlösung bis zu 1,5 % Gehalt gedeihen.

Bei der Kultur derselben im feuchten Raume findet eine Verlangsamung des Wachsthums und eine Verkürzung der Internodien statt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05164-0429-0

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Richter Johannes

Artikel/Article: Ueber Reactionen der Characeen auf äussere Einflüsse. 399-423