

53. Norbert Patschovsky: Zur Ernährungs- und Entwicklungsphysiologie von *Chara fragilis* Desv.

(Eingegangen am 28. Oktober 1919.)

I. Kulturverfahren.

Der Ausgangspunkt für die hier wiederzugebenden Untersuchungen war die Frage, ob Sproßstücke von *Chara*¹⁾ sich in Nährlösungen kultivieren lassen, wie dies sonst bei grünen Pflanzen möglich ist. Anfangs zog ich die Objekte in mittelweiten Reagenzgläsern an festgeklemmten Glaskapillaren oder zu beiden Seiten breiterer Glasstreifen, woran die Sproßstücke mittels paraffinierter Zwirnfäden befestigt waren. Später benutzte ich die für Akkumulatorenbatterien bekannten vierseitig-prismatischen Gläser mit 200 oder 400 ccm Inhalt. Die Pflänzchen wuchsen hier an einer mit Kork in senkrechter Lage befestigten Glasplatte, gehalten von einer paraffinierten Schnur, die um den unteren Teil der Glasplatte gewickelt war. An der dem Fenster des Zimmers zugewandten Seite der Glasplatte standen die Objekte — um auf den Geotropismus zu prüfen — in umgekehrter, an der dem Fenster abgewandten Seite in normaler aufrechter Stellung. Zur Kultur wurden verwendet Sproßstücke mit Gipfelvegetationspunkt, sowie interkalare Sproßteile mit jungen Seitentrieben, sämtlich derselben im Zimmer überwinterten Stammkultur entnommen. In allen Fällen wurden zu Beginn der Versuche die Endpunkte der Sproßstücke durch einen Tintenstrich am Glase bezeichnet, und im weiteren ist nach bestimmten Zeiten der Zuwachs auf dieselbe Weise vermerkt worden. Eine letzte Art der Versuchsanordnung bestand darin, die Sproßstücke in nährstofffreien Sandboden (mit HCl gewaschen) am Grunde zylindrischer Standgefäße einzustecken und die Nährlösung darüber zu schichten. Die dem Licht ausgesetzten Kulturen standen an einem Südfenster und waren während des Sommers durch einen vorgespannten Schirm aus Seidenpapier vor zu greller Besonnung geschützt. Die Versuche wurden gegen Mitte Februar 1919 begonnen und bis in den Frühherbst hinein fortgeführt.

1) Herr Prof. Dr. W. MIGULA in Eisenach hatte die große Liebesswürdigkeit, die verwendete Spezies — als *Ch. fragilis* Desv. — zu bestimmen.

Es sind folgende Nährlösungen verwendet worden:

1. KNOPsche Lösung (— 700 ccm einer 1⁰/₀ igen Lösung in Leitungswasser¹⁾ enthielten 4 g Ca(NO₃)₂, sowie je 1 g KNO₃, KH₂PO₄, MgSO₄ —) in den Konzentrationen 1⁰/₀₀, 2⁰/₀₀, 4⁰/₀₀, 6⁰/₀₀, 8⁰/₀₀, 10⁰/₀₀; mit oder ohne Eisenzusatz²⁾).

2. Eine Nährlösung von E. PRINGSHEIM (früher für Desmidiaceenkulturen benutzt) der Zusammensetzung: 2⁰/₀ Ca(NO₃)₂; 0,1⁰/₀ K₂HPO₄; 0,1⁰/₀ MgSO₄; mit oder ohne Eisenzusatz. Mit gekochtem und filtriertem Leitungswasser verdünnt auf: 1,1⁰/₀₀; 2,2⁰/₀₀; 4,4⁰/₀₀; 6,6⁰/₀₀; 8,8⁰/₀₀; 11⁰/₀₀.

Die folgenden Lösungen enthalten die angegebenen Salzmengen in 100 ccm nicht gekochten Leitungswassers.

3. KNO₃ 0,1 g; K₂HPO₄ 0,02 g; MgSO₄ 0,01 g; Eisen.

4. (NH₄)₂HPO₄ 0,1 g; K₂HPO₄ 0,02 g; MgSO₄ 0,01 g; Eisen.

5. KNO₂ 0,1 g; K₂HPO₄ 0,02 g; MgSO₄ 0,01 g; Eisen.

Zwecks Kontrolle wurden die drei Versuchsanordnungen gleichzeitig mit Leitungswasser (nicht gekocht oder gekocht und filtriert) hergestellt.

II. Wachstum.

Die unter 4 und 5 stehenden Nährlösungen führten zu einem entschieden negativen Ergebnis: Die Sproßspitzen sowie die interkalaren Sproßstücke sind nicht gewachsen, demgemäß fehlen bei den inversen Objekten geotropische Krümmungen. Nach 14 Tagen sind die Sproßspitzen unter Bräunung abgestorben, während die interkalaren Stücke nicht sichtlich geschädigt wurden. KNO₂ hat die Lebensfähigkeit stärker beeinträchtigt als (NH₄)₂HPO₄.

Die Nährlösungen 1 bis 3 ließen die Objekte in stärkerem oder schwächerem Grade zur Weiterentwicklung kommen. Die geeignete Stickstoffquelle ist also das Nitrat, das durch Nitrit oder Ammonsalz offenbar nicht ersetzbar ist. Die anfänglich in Reagenzgläsern vorgenommenen Versuche mit den Lösungen 1 und 2 geben ein Bild davon, wie die Konzentration die Entwicklung beeinflusst. Es läßt sich sagen, daß in den gewählten Grenzen (s. u.) das Wachstum mit steigender Konzentration allgemein abnimmt. Das gilt besonders für Lösung 1 (— 10⁰/₀₀ nach drei Wochen sogar tödlich), während 11⁰/₀₀ der Lösung 2 das Wachstum ermöglichten.

1) Leitungswasser mußte das nicht vorhandene giftfreie destillierte Wasser ersetzen.

2) Der Eisenzusatz bestand immer in 1 Tropfen der officin. Lösung von Fe₂Cl₆ zu 200 ccm der Nährlösung.

Zuwachs der *Chara*-Sproßspitzen in Nährlösung 1, vom 11. 2. bis 21. 3. 1919:

Konz.	2 ⁰ / ₁₀₀	4 ⁰ / ₁₀₀	6 ⁰ / ₁₀₀	8 ⁰ / ₁₀₀	10 ⁰ / ₁₀₀
mm	16	5,5	5	2	—

In den ungefähr entsprechend konzentrierten Lösungen nach 2 wuchsen die Objekte bei weitem rascher als es die Tabelle für 1 wiedergibt. Die Nährlösungen unterscheiden sich dadurch, daß im einen Falle (1) das Kaliumphosphat als primäres, im anderen Falle (2) als sekundäres Salz verwendet ist. Dieses ist also für das Gedeihen der *Chara* vorteilhafter.

Später (vom 12. 3. ab) kultivierte ich Sproßstücke in Akkumulator-Gläsern und verwendete 1⁰/₁₀₀ von Lösung 1, bzw. 1,1⁰/₁₀₀ von Lösung 2, beide mit Eisenzusatz. Bei diesen Konzentrationen ergaben sich diesmal keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Ergebnissen. Es ließ sich, was auch von Nährlösung 3 zu sagen ist, ein gewisser Längenzuwachs bei normal stehenden, sowie geo-phototropische Aufkrümmung (an den Internodien, nicht an den Knoten) bei invers gestellten Spitzenstücken erzielen. Ältere gipfellose (interkalare) Sproßstücke dagegen zeigten, worin übrigens alle meine Erfahrungen übereinstimmen, niemals Längenwachstum oder Reizkrümmung; an diesen sind vielmehr die Seitentriebe Träger der Weiterentwicklung.

Bei Kultur in Nährlösung in Verbindung mit Sandboden wuchsen die Pflänzchen in 2⁰/₁₀₀ KNOP sehr viel schlechter als in 2,2⁰/₁₀₀ der mit sekundärem Kaliphosphat bereiteten Lösung.

Alle Nährlösungen haben den gemeinsamen Nachteil, daß sie am Licht die Entwicklung einer unerwünschten Flora einfacherer Algen (Fadenalgen, Diatomeen usw.) begünstigen, wodurch die Charen allmählig völlig überwuchert werden und die Versuche einen erzwungenen Abschluß finden. Die Zusammensetzung der Nährlösungen wird hierbei in nicht kontrollierbarer Weise verändert. Die für *Chara* so günstige Lösung 2 ließ von allen Nährlösungen zugleich die dichteste Algenvegetation aufkommen.

Im Gegensatz zu der Kultur in Nährlösungen ist die Anzucht der Charenpflänzchen in Leitungswasser ohne merkliche Verunreinigungen ausführbar. Die Objekte wachsen bzw. krümmen sich geo- und phototropisch, und die Zuwachsgrößen stehen hinter den in Nährlösung erzielten Ziffern anfangs nicht zurück, übertreffen diese sogar bisweilen, was einem auf Nährstoffmangel be-

ruhenden Etiolement entsprechen dürfte. Das Wachstum kommt mit der Erschöpfung der spärlichen Nährstoffe im Leitungswasser schließlich zum Stillstand, wogegen dieser in Nährsalzkultur durch das Überwuchern der fremden Algen verursacht wird. In gewöhnlichem destilliertem Wasser dagegen starben Sproßstücke der *Chara* durch Giftwirkung nach wenigen Tagen ab.

III. Dunkeletiolement.

Neben diesen dem Tageslicht ausgesetzten Kulturen zog ich Charenpflänzchen bei völligem Lichtabschluß in einem Akkumulatorglas, das mit Nährlösung 2 (+ Eisen) in der Stärke 1,1^{0,00} angefüllt war. Diese Dunkelkultur blieb von Fadenalgen usw. völlig rein. Längenwachstum bzw. geotropische Aufkrümmung sind hier bereits in den ersten Tagen sehr intensiv, wie dies als Erscheinung des Dunkeletiolements zu erwarten ist. Die Internodien werden sehr lang und blaß, die Wirtelblätter bleiben winzig. Die Pflänzchen ertragen die Dunkelheit bekanntlich sehr lange: noch nach 3 Monaten waren alle Objekte am Leben, und die Wirtelblätter sowie besonders die Gipfelknospen waren von Chlorophyll grün.

Von den Lichtkulturen unterscheidet sich diese Dunkelkultur vor allem durch die abweichende Entwicklungsrichtung, die von den Pflänzchen eingeschlagen wird. Ich erzielte unter diesen Bedingungen zwei Wuchsformen, die durch N. PRINGSHEIM (1863) als „nacktfüßige Zweige“ und „Zweigvorkeime“ bekannt geworden sind. Die ersten haben das Aussehen normaler Seitentriebe, weichen aber von solchen dadurch ab, daß die Berindung des ältesten (untersten) oder auch noch jüngerer Internodien reduziert ist, wodurch die Internodien denen von *Nitella* ähnlich werden. Reste bzw. Anfänge von Berindung sind an diesen Internodien ziemlich regelmäßig zu sehen. Die Zweigvorkeime, ein Rückschlag auf die Gestalt der Keimpflanzen, entstehen ebenfalls in den Knoten. Sie sind zarte blasse Fäden mit einer grünen Spitze, unterhalb deren sich kurze Blättchen und ein normaler Charensproß bilden.

PRINGSHEIM (1863, 317) erhielt die beiden Formen durch Kultivieren isolierter Sproßknoten. In Versuchen RICHTERS (1894, 412) bildeten sich nacktfüßige Zweige an abgeschnittenen Sprossen, von denen er die Spitze und sämtliche Seitenbildungen entfernt hatte; ebenso an Charensprossen, die er in horizontaler Lage mit Ausnahme ihrer vorderen Teile flach in ein Gemisch von Erde und Sand vergrub: an den bedeckten Wirteln (l. c. 411). RICHTER sieht die gemeinsame Bedingung für das Entstehen der nackt-

füßigen Zweige und Zweigvorkeime in der Entfernung oder Hemmung aller Sproßvegetationspunkte (l. c. 414).

In meiner Dunkelkultur sah ich zuerst auf Etiolement beruhende einfachere Ausfallerscheinungen der Berindung auftreten. Diese betreffen die primär gebildeten Seitentriebe an terminalen oder interkalaren Sproßstücken und sind in dem einen der näher untersuchten Fälle dadurch gekennzeichnet, daß das zweitälteste Internodium unter Zerreißen des Rindenmantels eine enorme Streckung erfahren hat, wodurch der Seitentrieb den Haupttrieb an Länge weit überragt (so sechs Wochen nach Beginn der Kultur). Das gestreckte rindenlose Internodium läßt die Reste der Berindung an seinem unteren und oberen Ende als grünen Besatz lebenden Gewebes erkennen, dessen Elemente noch im Zusammenhang sind oder sich vereinzeln und vom Internodium unter mannigfachen Torsionen abrollen. Das rindenlose Internodium trägt wie das erste (älteste) berindete einen Wirtel von kurzen und berindeten grünen Blättern, sowie ein wiederum berindetes die Gipfelknospe tragendes Internodium, dessen Rinde im unteren Teil etwas aufgelockert ist, nach oben aber noch fest geschlossen erscheint. Später erhob sich aus dem untersten Wirtel dieses Seitentriebs ein nacktfüßiger Zweig, der nicht durch Zerreißen fertig ausgebildeter Berindung so geworden, sondern bereits rindenlos entstanden war. Anfänge von Berindung sind daran als freie Lappen unter dem Gipfel sichtbar.

In einem anderen Falle etiolierte das unterste (älteste) Internodium des Seitenzweiges unter Sprengung des Rindenmantels, der Seitentrieb wurde im eigentlichen Wortsinne „nacktfüßig“.

Drei Monate nach Kulturbeginn sah ich einen Seitentrieb, der aus zwei unberindeten Internodien, einem sie trennenden Knoten mit sehr kurzen, doch berindeten Blättchen und der Gipfelknospe bestand. Unter dem Blattwirtel sowie der Gipfelknospe, freihängende Reste von Berindung. Im selben Wirtel war ein nachgeborener Zweig entstanden, der lediglich ein sehr langes und gänzlich rindenloses Internodium darstellt, das am Ende eine Gipfelknospe mit rindenlosen Blättchen trägt.

Dagegen behalten die Haupttriebe sehr lange ihre Berindung. Erst nach dreimonatlicher Kultur lockerte sich die Rinde in der Gipfelregion auf und begann zu zerreißen.

GOEBEL (1918, 364) erhielt unberindete Internodien dadurch, daß er abgeschnittene *Charas* sproßspitzen umgekehrt in den Schlamm steckte und etiolierend weiterwachsen ließ. Ich habe diese Versuchsanordnung wiederholt, jedoch nach siebenwöchentlichem Kulti-

vieren mit anderem Ergebnis: In der dem Gipfel folgenden etiolierten Sproßregion war die Rinde normal und vollständig erhalten; sie begann sich dagegen an älteren Internodien und Blättern zu lockern und abzulösen. An den Sproßknoten derselben Region hatten sich nacktfüßige Zweige gebildet (das älteste Internodium rindenlos, die etiolierten Blätter und folgenden Internodien berindet).

Zweigvorkeime bemerkte ich zuerst als negativ geotropische Fäden mit grüner Spitze an einem invers gestellten Charensproßstück mit Gipfel, zwei Monate nach Kulturbeginn. Später wuchsen sie auch aus einem normal stehenden Objekt hervor. Ich konnte die Zweigvorkeime bis zur Ausbildung der an ihnen entstehenden Sproßknospe weiterkultivieren.

Diese Erfahrungen lehren, daß Beseitigung oder Hemmung der Sproßvegetationspunkte für die Entstehung nacktfüßiger Zweige und Zweigvorkeime nicht als einzige Bedingung genannt werden können. In meinen Kulturen sind die Anomalien der Berindung als Begleiterscheinungen des Dunkeletiolements aufzufassen. Wo eine geschlossen ausgebildete Berindung gesprengt wird, ist die zwischen Internodialzelle und umschließender Berindung am Licht bestehende Wachstumskoordination zuungunsten der Rindenzellen aufgehoben. Diese können im Wachstum nicht mitfolgen, wodurch der normale Verband zwischen den vom oberen und unteren Knoten ausgehenden Rindenelementen gelöst wird; (das unterste Internodium jedes Seitentriebes erhält seinen Rindenmantel allein von dem oberen Knoten). Dort wo Seitentriebe mit einem von Anfang an rindenlosen Internodium beginnen, muß das Etiolement der Internodialzelle auf einem sehr frühen Stadium eingesetzt haben, so daß ein geschlossener Rindenmantel gar nicht zustande kommen konnte. Man wird weiter anzunehmen haben, daß die schlechten Ernährungsbedingungen bei Lichtabschluß hierfür richtunggebend sind. Zu diesem Ergebnis ist auch GOEBEL (1908, 208) gekommen, der *Chara foetida* in schwachem Licht und sehr nährstoffarmem Wasser kultivierte und so Ausfallen der Berindung erzielte¹⁾. Da meine Lichtkulturen, mit dem gleichen Vorrat an mineralischer Nahrung versehen, den für *Chara* normalen Aufbau zeigen, werden wir den Ausfall der Berindung in Dunkelkultur zu dem Aufhören der CO₂-Assimilation in Beziehung setzen müssen.

Wenn in den Lichtkulturen Zweigvorkeime stets fehlten, dann muß ihr Entstehen gleichfalls auf die Bedingungen des Dunkel-

1) GOEBEL variierte zwei Bedingungen zugleich. Ich glaube den Nachweis erbracht zu haben, daß Dunkelheit allein genügt, um unter sonst gleichen Verhältnissen die besagte Einwirkung auf die Berindung zu erzielen.

raums bezogen werden. Es liegt nahe, hierbei wiederum an die ungünstigen Ernährungsverhältnisse zu denken, die mit der allmählichen Erschöpfung der CO₂-Assimilate eintreten. Weitere Untersuchungen hätten noch zu zeigen, ob sich seinerseits das Entstehen von Zweigvorkeimen oder nacktfüßigen Zweigen nach willkürlich setzbaren Bedingungen hervorrufen läßt.

IV. Rhizoidenbildung.

Wo in den beschriebenen Kulturversuchen die Bedingungen für das Wachstum gegeben waren, ist auch überall im freien Wasser die Bildung von positiv geotropischen Rhizoidenbüscheln aus den Knoten beobachtet worden. Eine Ausnahme machte ein gelegentlich angestellter, nicht wiederholter Versuch, wo Sproßstücke an einem Glasrohr befestigt in Leitungswasser untergetaucht wuchsen, in einem Gefäß, dessen Boden mit Schlamm bedeckt war. In den Schlamm eingesteckte Sproßstücke bildeten über dem Boden gleichfalls keine Rhizoiden und wuchsen zu sehr langen Pflanzen heran. Dagegen folgten die in gewaschenem Sand mit Nährlösung bzw. Leitungswasser kultivierten Objekte dem bezeichneten allgemeinen Verhalten. Wo hohe Konzentration der Nährlösung das Wachstum hemmte (KNOP 8⁰/₁₀₀), unterblieb die Rhizoidenbildung.

Die Rhizoidenbüschel erscheinen stets an den älteren Knoten, d. h. solchen, die unter der die anfängliche Größe der Sproßstücke bezeichnenden Markierung gelegen sind, und werden hier an 1—4 aufeinanderfolgenden Knoten gesehen. Die Knoten des über der Markierung sich erhebenden Zuwachses bildeten keine Rhizoiden.

Nach RICHTER (l. c. 404) ist die Hauptbedingung für das Entstehen der Verlust bereits gebildeter Rhizoiden. Einen hemmenden Einfluß des Lichtes auf das Entstehen der Rhizoiden konnte ich nicht feststellen. Wenn die in Nährlösung bzw. Leitungswasser, am Licht wie in Dunkelheit, in Verbindung mit oder ohne Sandboden erfolgende oberirdische Rhizoidbildung dort unterbleibt, wo Sproßstücke durch Einpflanzen in Schlamm Boden kultiviert werden, so möchte ich dies so verstehen, daß die in jenen Fällen allseitig als Reiz wirkenden Nährstoffe hier vornehmlich im Boden sich geltend machen und die darin befindlichen Knoten zur Rhizoidbildung anregen.

V. Gametangienbildung.

In allen den Kulturen, wo *Chara fragilis* am Lichte und in Leitungswasser (ohne Zusatz von Nährsalzen) wuchs, waren etwa zwei Monate nach Kulturbeginn die Pflänzchen in den jüngsten Wirteln zur Bildung von Gametangien übergegangen. Die monözi-

sche Art trägt an den Blättern Antheridien und Eiknospen nebeneinander. Die Eiknospen wurden zum Teil tief braunschwarz, ein Zeichen für erfolgte Befruchtung und Sporenreife. In Nährlösung kam es nirgends zur Gametangienbildung; hier wuchsen die Pflänzchen vegetativ weiter.

Anfang Juni wurden die Nährlösungen von den mit Sandboden bereiteten Kulturen abgegossen und durch Leitungswasser ersetzt. Die in Lösung 2 (bei 2,2⁰/₁₀₀) vegetativ gehaltenen Pflänzchen hatten Mitte September in Leitungswasser Antheridien und Eiknospen gebildet (in den oberen Wirteln), und Anfang Oktober reiften die Eisporen.

Nach GOEBEL (1918, 368) ist für die Bildung der Sexualorgane Anhäufung von Assimilaten notwendig. Da meine Vergleichspflänzchen in Nährlösung unter denselben Assimilationsbedingungen standen wie die Kulturen in reinem Leitungswasser, so werden im vorliegenden Falle die Assimilate allein nicht den Ausschlag gegeben haben. In Anlehnung an besonders durch G. KLEBS geläufig gewordene Vorstellungen möchte ich in dem Mengenverhältnis zwischen Assimilaten und Nährsalzen die Bedingung sehen, die in dem einen Falle (Überwiegen der Assimilate) zur Gametangienbildung, im anderen Falle (Überwiegen der Nährsalze) zum vegetativen Weiterwachsen den Anstoß gibt.

Die Anregung zu dieser Arbeit empfing ich von Herrn Professor Dr. E. G. PRINGSHEIM, dem ich hierfür wie für seine unermüdliche Unterstützung zu dauerndem Dank verbunden bin.

Halle a. S., im Oktober 1919.

Literatur.

- GOEBEL, K., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Leipzig u. Berlin 1908.
- —, Zur Organographie der Characeen. Flora. N. F. Bd. 10. Heft 3 u. 4. 1918.
- PRINGSHEIM, N., Über die Vorkeime und die nacktfüßigen Zweige der Charen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 3. 1863.
- RICHTER, Joh., Über Reaktionen der Characeen auf äußere Einflüsse. Flora. Bd. 78. 1894.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Patschovsky Norbert

Artikel/Article: [Zur Ernährungs- und Entwicklungsphysiologie von Chara fragilis Desv. 403-411](#)