

## 32. Helene Langer: Zur Kenntnis der tropistischen Krümmungen bei Lebermoosrhizoiden.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 24. Juni 1919.)

### 1. Einleitung.

Die vorliegenden Untersuchungen beschäftigen sich mit verschiedenen tropistischen Erscheinungen bei den Rhizoiden der Brutknospen von Lebermoosen. Zunächst will ich einige allgemeine Bemerkungen, betreffend die Versuchsobjekte und die Arbeitsmethode, voranschicken.

Die meisten Versuche wurden mit den Brutknospen von *Lunularia vulgaris* angestellt, weil mir dieses Moos stets in kräftigen, gesunden Exemplaren zur Verfügung stand. Zu den ersten Versuchen benützte ich mehrmals Brutknospen von *Marchantia polymorpha*. Beide Moose zeigten ein analoges Verhalten. Ferner experimentierte ich auch mit *Riccia fluitans*, welche sich ebenfalls als ein günstiges Objekt erwies.

Die Moose wurden auf Töpfen mit Gartenerde im Kalthaus gezogen, *Riccia* in einem Bassin im Warmhaus.

Zu den ersten Versuchen wurden die einzelnen Brutknospen in Nährlösung zwischen 2 großen Deckgläsern (40×50 cm) eingeschlossen, deren Rand auf 3 Seiten mit Paraffin verschlossen war; vom Rande her wurde von Zeit zu Zeit frische Nährlösung zugefügt. So konnte das Rhizoidenwachstum bequem mikroskopisch beobachtet werden. Das flüssige Medium hat jedoch mancherlei Nachteile, namentlich wird infolge der mangelhaften Durchlüftung das Wachstum stark verlangsamt. Darum wählte ich später ein festes Substrat; als solches erwies sich Agar sehr geeignet. Ein 1—1,5 % Agar, mit Nährlösung bereitet, wurde auf Objektträger ausgegossen und darauf die Brutknospen ausgesät; so war ebenfalls eine leichte mikroskopische Kontrolle möglich. Als Nährlösung diente verdünnte Knop- oder Cronelösung; auf letzterer gediehen die Brutknospen am besten. Auf einem derartigen Agar gelingt es leicht aus Brutknospen bei längerer Kultur kräftige Talluslappen zu erzielen. Der Agar wurde auf den Objektträgern in nicht zu

dünnen Schicht ausgegossen, um ein zu rasches Austrocknen zu vermeiden, nach Erstarren mit Brutknospen beschiekt und sodann wurden die Objektträger in feuchten Kammern untergebracht. Diese bestanden entweder aus Keimschalen mit Glasglocken oder aus Glasschalen und einem innen mit Filterpapier ausgekleideten Becherglase. Meist wurden die feuchten Kammern in einem Glaserker des Instituts aufgestellt, nur während der kältesten Zeit kamen sie in einen doppelwandigen Glastermostaten, der mit Gasheizung und Quecksilberthermoregulator versehen war, und dessen Temperatur zwischen 18 und 20° schwankte und nur an wenigen besonders kalten Tagen auf 16° herunterging. Auf einem und demselben und bei Parallelversuchen auf mehreren Objektträgern wurden ausnahmslos Brutknospen aus einem und demselben Brutbecher verwendet, um die individuellen Schwankungen möglichst herabzusetzen. Aber auch da waren noch immerhin beträchtliche Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit und Reaktionsfähigkeit der Rhizoiden wahrzunehmen.

Im Winter bei trübem Wetter dauerte es 3—4 Tage, bis die ersten Rhizoiden auskeimten, im Frühjahr, als es heller und wärmer wurde, waren schon nach 1—2 Tagen die ersten Wurzelhaare zu sehen. In den Arbeiten über Lebermoosrhizoiden, die ich weiter unten bei den einzelnen Kapiteln besprechen möchte, ist überall die große hydrotropische Empfindlichkeit der Rhizoiden hervorgehoben. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, war stets dafür gesorgt, daß sich die Brutknospen in einem gleichmäßig dampfgesättigten Raume befanden. Ebenso mußte, um heliotropische Reaktionen zu vermeiden, bei Untersuchung auf andere Tropismen für allseitig gleichmäßige Beleuchtung gesorgt werden.

## II. Geotropismus.

PFEFFER hat als erster darauf aufmerksam gemacht, daß sich die Wurzelhaare der Brutknospen von *Marchantia* unter dem Einfluß der Schwerkraft im Dunkeln nach abwärts krümmen; er hat die Versuche im Dunkeln ausgeführt, weil, wie er in einem zweiten Versuche hervorhebt, der negative Heliotropismus den Geotropismus bei weitem überwiegt. Doch hatte im Dunkeln schon nach 12 Stunden der Turgor der Wurzelhaare merklich gelitten und er konnte darum diese Versuche nicht weiter fortsetzen. Die geotropische Krümmung erfolgt, wie PFEFFER beschreibt, „in einer in einiger Entfernung hinter dem Wurzelhaarende liegenden, jedoch nicht zu beschränkten Zone“. HABERLANDT hat Längenwachstum und Geotropismus bei Tallus- und Brutknospenrhizoiden von *Mar-*

*chantia* und *Lunularia* untersucht. Er stellte fest, daß „nur der kalottenförmige Scheitelteil der Rhizoiden im Längenwachstum begriffen ist; knapp dahinter findet kein Längenwachstum statt. Die geotropische Reizkrümmung vollzieht sich derart, daß die fortwachsende Spitze des Organs unter dem Einfluß der Schwerkraft ihre Wachstumsrichtung ändert“. „Die Rhizoiden verhalten sich hinsichtlich der geotropischen Empfindlichkeit nicht wie Haupt-, sondern wie Seitenwurzeln“. DACHNOWSKI betont als Ergebnis seiner Untersuchungen an *Marchantia*-Rhizoiden, daß die Bildung derselben vor allem durch Feuchtigkeit beeinflusst werde und dem gegenüber die Reaktionen auf Schwerkraft und Licht sich fast garnicht erkennen lassen. In einer ausführlichen Arbeit sucht WEINERT den Nachweis zu bringen, daß die Lebermoosrhizoiden auf die Schwerkraft nicht reagieren und daß nur Licht und Feuchtigkeit sie zu tropistischen Krümmungen veranlassen können. BISCHOFF erhält ein gegenteiliges Resultat, er findet, daß die Rhizoiden der Brutknospen und des Tallus von *Marchantia*, *Lunularia* und *Fegatella* geotropisch positiv reagieren, während er im Gegensatze dazu bei den Rhizoiden der Farnprothallien keine geotropische Reaktion nachweisen konnte.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen über den Einfluß der Schwerkraft auf das Wachstum der Lebermoosrhizoiden stehen ebenfalls im Widerspruche zu den Angaben WEINERTs, stimmen dagegen mit denen von BISCHOFF sowie mit den früheren Arbeiten von PFEFFER und HABERLANDT vollkommen überein.

Die Versuchsanordnung war folgende: anfangs wurden die Brutknospen in der oben beschriebenen Weise zwischen zwei großen Deckgläsern in 10fach verdünnte Knop-Nährlösung eingelegt, die Deckgläser beiderseits in Korke eingeklemmt und in vertikaler Lage in einer feuchten Kammer untergebracht. Beim ersten Versuche, der mit Brutknospen von *Marchantia* und *Lunularia* ausgeführt wurde, waren die feuchten Kammern im Kalthaus aufgestellt, bei einer durchschnittlichen Temperatur von 10° (13. III.—1. IV. 1915). Nach 3 Tagen hatte auf beiden Seiten der Brutknospen Rhizoidenbildung eingesetzt, bei *Marchantia* spärlich, bei *Lunularia* reichlich und die meisten Rhizoiden waren geradlinig vertikal nach abwärts gewachsen; nur wenige waren mit gerader Spitze teils seitlich, teils aufwärts gerichtet. Der Versuch blieb noch 14 Tage stehen. Während dieser Zeit entwickelten sich die Brutknospen bis zu einer Länge von 2—3 mm, es erfolgte reichliches Rhizoidenwachstum und zwar zumeist in der Richtung vertikal abwärts. Ein gleichzeitig unter gleichen Bedingungen aufgestellter Kontrollversuch,

wo sich die Deckgläser mit den Brutknospen in horizontaler Lage in der feuchten Kammer befanden, zeigte ein gleichmäßiges Wachstum der Rhizoiden nach allen Seiten.

Da sich bei dieser Versuchsanordnung die Brutknospen in einem flüssigen Medium und überdies in einem dampfgesättigten Raume befanden, kam eine Beeinflussung der Wachstumsrichtung der Rhizoiden durch Hydrotropismus nicht in Frage. Doch blieb es bei der gewählten Anordnung unentschieden, ob die erfolgte Wachstumreaktion, wie ich zunächst angenommen, auf positiven Geotropismus zurückzuführen sei oder auf negativen Heliotropismus. Wie aus früheren Arbeiten hervorgeht (z. B. PFEFFER), reagieren die Rhizoiden auf einseitige Beleuchtung mit negativem Heliotropismus. Da nun die feuchte Kammer sich auf einer dunkeln Unterlage befand, von oben und seitlich jedoch schwaches diffuses Licht Zutritt hatte, wäre es wohl möglich gewesen, daß der negative Heliotropismus und nicht der positive Geotropismus die Ursache war, warum die Rhizoiden vertikal nach abwärts wuchsen.

In weiteren Versuchen sollte nun durch eine geänderte Versuchsanordnung diese Frage entschieden werden. Die eine feuchte Kammer (A) wurde oben und seitlich mit schwarzem Papier verklebt, so daß nur der untere Rand frei blieb. Da die feuchte Kammer auf einen Dreifuß gestellt wurde, erfolgte eine Belichtung nur von unten. Die zweite feuchte Kammer (B) wurde oben mit schwarzem Papier verklebt und auf eine dunkle Unterlage gestellt, so daß das Licht nur seitlich Zutritt hatte. Dieser Versuch wurde in der Zeit vom 16. XII. 1918—1. I. 1919 im Erker des Instituts ausgeführt. Die Temperatur schwankte zwischen 13 und 17°. Infolge der geringen Lichtzufuhr — es waren lauter trübe, dunkle Tage — und der nicht sehr hohen Temperatur entwickelten sich die Brutknospen nur langsam; erst am 10. Tage waren die ersten Rhizoiden zu sehen. Am 14. Tage war bei A an zwei Brutknospen je ein aufwärts gerichtetes Rhizoid ausgekeimt, sonst waren die meisten Brutknospen abgestorben.

Um die Wachstumsbedingungen zu verbessern, wurde in einem weiteren Versuche (3. I.—13. I. 1919) an Stelle des flüssigen Mediums 1% Agar verwendet, der mit einem Zusatz von 50% Urone-Nährlösung bereitet war. Es wurden je zwei Objektträger mit je 25 Brutknospen besät und wie oben angegeben in 2 feuchten Kammern (A und B) aufgestellt. Schon am 4. Tage waren die ersten Rhizoiden zu sehen. Nach 10 Tagen war das Ergebnis folgendes: bei A waren von 105 Rhizoiden 43 (41%) entweder geradlinig vertikal nach abwärts gewachsen oder doch mit der Spitze

nach abwärts gerichtet. 62 (59 %) waren entweder geradlinig nach aufwärts gewachsen oder (die Mehrzahl) die Wurzelhaare waren nach abwärts gewachsen, aber mit der Spitze nach aufwärts gekrümmt. Bei B zeigten von 132 Rhizoiden 124 (94 %) eine Wachstumsreaktion im Sinne der Schwerkraft, während 8 (6 %) seitlich oder aufwärts gerichtet waren. Bei B war also eine deutliche Beeinflussung der Wachstumsrichtung durch die Schwerkraft zu erkennen, während sich bei A zeigte, daß schon eine geringe einseitige Beleuchtung die Wirkung der Schwerkraft aufzuheben vermag. Allerdings war in diesem Fall die Belichtung so schwach, daß sie nur bei einem Teil der Wurzelhaare die Wirkung der Schwerkraft überwog, während in nicht viel weniger als der Hälfte der Fälle die positiv geotropische Reaktion den negativen Heliotropismus überwog. Bei etwas stärkerer einseitiger Beleuchtung fällt zweifellos das Ergebnis ganz eindeutig zugunsten des negativen Heliotropismus aus.

Im folgenden Versuch (14. I.—27. I. 1919, im Erker bei 10—14°) befand sich von zwei Objektträgern mit je 25 Brutknospen der eine in einer oben verdunkelten feuchten Kammer (A wie oben angegeben), der zweite in einer allseits verdunkelten feuchten Kammer (B), wo nur seitlich ein 5 cm breiter Streifen frei blieb. Am 5. Tage traten die ersten Rhizoiden auf. Nach 8 Tagen waren bei A und B die meisten Rhizoiden vertikal abwärts gerichtet; bei B war infolge der geringen Lichtzufuhr das Wachstum bedeutend spärlicher als bei A. Beide Objektträger wurden nun um 180° gedreht. Als am nächsten Tage noch keine geotropische Krümmung zu sehen war, wurden beide feuchte Kammern in den Thermostaten übertragen, wo nach weiteren 24 Stunden eine Wachstumskrümmung im Sinne der Schwerkraft zu konstatieren war. Das nächste Mal (22. I.—26. I. 1919) wurden die beiden feuchten Kammern (A und B wie zuletzt beschrieben) gleich zu Beginn in den Thermostaten gestellt und ferner wurden die Objektträger täglich 3 Stunden beleuchtet (Metallfadenlampe von 25 Kerzen in 30 cm Entfernung), wodurch das Wachstum und die Entwicklung der Rhizoiden erheblich beschleunigt wurde. Am zweiten Tage hatten sich bereits zahlreiche Rhizoiden entwickelt und es wurden die beiden Objektträger um 180° gedreht. Bereits nach 24 Stunden war bei den meisten Rhizoiden eine geotropische Krümmung deutlich sichtbar.

Im weiteren Verlaufe machte ich bei diesem wie auch schon bei den früheren Versuchen (namentlich bei den Thermostatenversuchen) die Beobachtung, daß an den Wurzelhaaren zahlreiche

unregelmäßige Krümmungen auftraten, welche vielleicht als hydrotropische (hervorgerufen durch lokale Veränderungen im Wassergehalt des Agar) oder als chemotropische, hervorgerufen durch Ausscheidungsprodukte der auf dem Agar bei längerer Versuchsdauer sich reichlich entwickelnden Keime, zu deuten wären.

Auch mit kleinen Tallusstücken von *Riccia fluitans* stellte ich in gleicher Art Versuche an und konnte hier ebenfalls geotropische Krümmungen beobachten, jedoch nicht so regelmäßig wie bei *Lunularia*.

Da in der Literatur keine Angaben über chemotropische Empfindlichkeit der Lebermoosrhizoiden zu finden waren, suchte ich unter Beibehaltung der gleichen Kulturmethode auf Agar festzustellen, ob diese Organe gegen chemische Reize ein ähnliches Verhalten zeigen wie die Wurzeln höherer Pflanzen. Auch zur Prüfung der aerotropischen Empfindlichkeit stellte ich eine Reihe von Versuchen an, von denen zunächst die Rede sein soll.

### III. Aerotropismus.

Die Versuchsanordnung war folgende: Auf einen Objektträger mit 1,5 % Agar mit 50 % Crone-Nährlösung beschickt und mit Brutknospen besät wurde ein zweiter mit Paraffinverschluß luftdicht aufgesetzt. Nur an einer Stelle erfolgte Luftzutritt durch eine das Paraffin durchsetzende kleine Kapillare, welche nur ein kurzes Stück auf dem Agar in die Kammer hineinragte. Die Kapillare hatte einen Durchmesser von etwa 3—8 mm. Die Brutknospen wurden in Reihen angeordnet, von denen die eine in der Richtung der Kapillare, die anderen parallel dazu rechts und links verliefen. Die Objektträger wurden in horizontaler Lage in feuchten Kammern untergebracht, so daß sie von oben her gleichmäßig beleuchtet waren. Die feuchten Kammern befanden sich im Thermostaten. Es erfolgte täglich mikroskopische Beobachtung der Brutknospen.

Im ersten Versuche (7. II.—16. II. 1919) wurde nach Beschickung des Agars mit Brutknospen die Kammer sofort in der oben angegebenen Weise verschlossen. Infolge des geringen Luftzutritts begannen nach wenigen Tagen die Brutknospen zu verkümmern. Von 12 Brutknospen hatten nach 8 Tagen nur 6 Rhizoiden gebildet. An zwei der Kapillarenöffnung zunächst gelegenen Brutknospen waren 3 Rhizoiden entwickelt, die positiv aerotropische Krümmungen zeigten. Viel deutlicher waren diese jedoch an zwei anderen, gleichzeitig aufgestellten Objektträgern zu sehen. Diese wurden erst am 5. Tage, nachdem die ersten Rhizoiden sichtbar

waren, verschlossen und weiter im Thermostaten belassen. Schon nach 24 Stunden waren deutliche aerotropische Krümmungen wahrnehmbar, sowohl an den in der Nähe der Kapillarenöffnung (2—4 mm) gelegenen Brutknospen (Abb. 1), als auch an entfernter (20, 23, 34 mm) befindlichen. Am deutlichsten waren sie an den in gerader Richtung vor der Kapillare liegenden Brutknospen. Auf einem Objektträger waren nach einer Woche von 30 Rhizoiden 18 (60%), auf einem zweiten von 24 Rhizoiden 15 (62%) positiv aerotropisch gekrümmt. Als Kontrolle diente eine allseitig luftdicht verschlossene Kammer ohne hindurchgehende Kapillare; in dieser

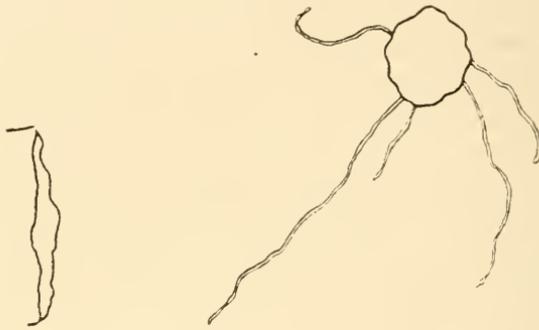


Abb. 1. Aerotropische Krümmungen der Wurzelhaare von *Lunularia*; links Kapillarenöffnung.

verfärbten sich schon nach wenigen Tagen die Brutknospen und starben ab, ohne daß Rhizoiden zur Entwicklung kamen.

Dieser Versuch wurde 2 Mal mit dem gleichen Erfolge wiederholt, jedesmal mit je 3 Objektträgern. Das eine Mal gelangte in eine der Kammern von außen etwas Wasserdampf, der sich in Wassertröpfchen auf dem Agar niederschlug, wodurch alle in der Nähe befindlichen Wurzelhaare zu hydrotropischen Krümmungen veranlaßt wurden.

Aus den hier beschriebenen Versuchen folgt, daß die Rhizoiden der Lebermoose in gleicher Weise aerotropisch empfindlich sind wie die Wurzeln höherer Pflanzen oder die Hyphen von Schimmelpilzen. (POLOWZOW, SAMMET.)

#### IV. Chemotropismus.

Auch bei diesen Versuchen ließ ich zunächst die Brutknospen einige Tage wachsen, bis sich die ersten Rhizoiden entwickelt

hatten, und gab erst dann das Agens hinzu, dessen Reizwirkung geprüft werden sollte. Die Brutknospen wurden auf Petrischalen von 10 cm Durchmesser gesät, die mit 1—1,5 % Agar beschickt waren. Anfangs verwendete ich Agar mit Zusatz einer Nährlösung, bei der jedoch der Stoff fehlte, dessen Reizwirkung geprüft werden sollte; z. B. Nitrat oder Phosphat. Später wählte ich Agar, der nur mit Leitungswasser ohne Zusatz von Nährsalzen oder nur mit destilliertem Wasser bereitet war und erzielte damit viel günstigere Resultate. Von dem Salz, das als Reizmittel dienen sollte, wurde eine geringe Menge in die Mitte der Petrischale gelegt. Die Petrischalen kamen in feuchte Kammern (Keimschalen mit Glasglocken), die, solange es noch kalt war, im Thermostaten, später im Erker des Instituts zur Aufstellung kamen.

Bei den ersten orientierenden Versuchen mit  $\text{KNO}_3$  und  $\text{CaHPO}_4$  wuchs die Mehrzahl der Wurzelhaare von der Mitte, wo das Salzkörnchen lag, weg, doch waren auch immer eine Anzahl Wurzelhaare anders gerichtet.

Weit besser und deutlicher waren die Resultate, als ich bei den späteren Versuchen Agar ohne Zusatz von Nährstoffen verwendete und als ich ferner, um die Diffusion des in der Mitte befindlichen Salzes zu verlangsamen, auf die Agarplatte einen etwa 5 cm hohen Agarzylinder aufsetzte. Dieser wurde oben ein wenig ausgehöhlt und das Salzkörnchen hineingelegt. Der Agarzylinder wurde entweder so hergestellt, das in die Mitte der Petrischale eine Tonzelle gestellt und dann gleichzeitig innerhalb und außerhalb Agar aufgegossen wurde oder es wurde an Stelle der Tonzelle ein Glaszylinder auf Glasfüßchen aus kleinen Glassplittern verwendet; es wurde zunächst Agar auf die Platte aufgegossen bis über den unteren Rand des Glaszylinders und nachdem diese Schicht erstarrt war, der Zylinder auch innen mit Agar gefüllt. Wo es möglich war, erfolgte während des Versuches die Kontrolle, wie weit die Diffusion vorgeschritten war, z. B. bei  $\text{KNO}_3$  mit Diphenylamin-Schwefelsäure, bei Traubenzucker mit der FEHLING'schen Probe.

So war in einem Versuche (12. III.—15. III. 1919) am zweiten Tage nach der Aussaat der Brutknospen ein kleines Körnchen  $\text{KNO}_3$  in die Höhlung des Agarzylinders getan worden. Nach 24 Stunden war die Nitratreaktion, bis  $\frac{1}{2}$  cm vom Rande der Tonzelle positiv; nach weiteren 24 Stunden war auch am Rande der Petrischale (Radius 5 cm) Nitrat nachweisbar. Von 28 Wurzelhaaren, die sich bis zum 3. Tage entwickelt hatten, waren 21 (75 %) negativ chemotropisch, d. h. zur Peripherie der Schale zu gewachsen.

In einem weiteren Versuche (17. III.—22. III. 1919) war die Menge des verwendeten  $\text{KNO}_3$  etwa halb so groß wie in dem früheren, und dementsprechend die Diffusion verlangsamt. Nach 3 Tagen war außerhalb des Glasrohres noch kein Nitrat chemisch nachzuweisen, wohl aber konnte aus der negativ chemotropischen Reaktion der Wurzelhaare in der Nähe des Glaszylinders auf die Anwesenheit desselben geschlossen werden; weiter zum Rande der Petrischale zu war jedoch keine ausgesprochene Reaktion zu bemerken. Nach weiteren 24 Stunden, am 5. Tage nach der Aussaat der Brutknospen, war das Ergebnis folgendes: an den Brutknospen in 2—4 mm Entfernung vom Rande des Glaszylinders

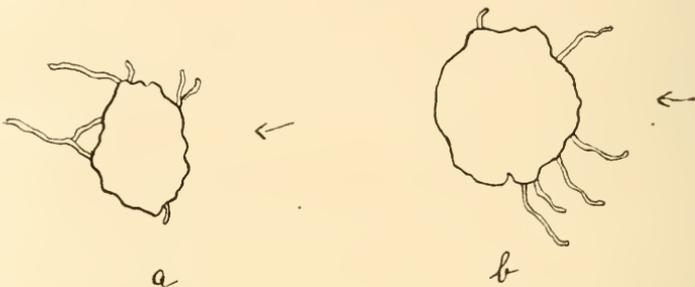


Abb. 2. Chemotropischer Versuch mit  $\text{KNO}_3$ . a) Brutknospe in 2 mm Entfernung vom Rande des Glaszylinders. b) Brutknospe in 21 mm Entfernung vom Rande des Glaszylinders. Die Pfeile bezeichnen die Richtung, in der die Diffusion des Salzes erfolgte.

waren von 79 Rhizoiden 45 (57 %) negativ chemotropisch, 6 (7 %) positiv chemotropisch, 28 (36 %) verhielten sich indifferent. Bei den Brutknospen in der Entfernung von 10—28 mm vom Rande des Glaszylinders zeigten von 80 Wurzelhaaren 49 (61 %) positiv chemotropische, 16 (20 %) negativ chemotropische Reaktion, 15 (19 %) waren indifferent. (Siehe Abb. 2.) Es zeigte sich hier also, daß wie bei den Wurzeln höherer Pflanzen (SAMMET) ein Stoff je nach der Konzentration, in der angewandt wird, sowohl positive als negative Reaktion hervorrufen kann. Diese Reaktion habe ich bisher als Chemotropismus bezeichnet, es ist jedoch möglich, daß es sich, speziell bei Salzen, um eine rein osmotische Wirkung handelt, was durch Parallelversuche mit verschiedenen Salzen geprüft werden könnte. Bei meinen Versuchen blieb es unentschieden, ob Osmotropismus oder Chemotropismus (d. h. eine spezifische Ionenwirkung) die Ursache der beschriebenen Wachstumskrümmung ist.

Traubenzucker zeigte in einem in der gleichen Weise, wie eben beschrieben, ausgeführten Versuche (24. III.—28. III. 1919) ein analoges Verhalten wie  $\text{KNO}_3$ . Von 117 Wurzelhaaren waren 65 (55 %) chemotropisch positiv, 16 (14 %) chemotropisch negativ, 36 (31 %) indifferent; in einem 2. Versuche mit etwa der doppelten Menge Traubenzucker, waren von 203 Wurzelhaaren 112 (55 %) negativ chemotropisch, 80 (39 %) positiv chemotropisch, die übrigen 11 (6 %) indifferent. Die positive Reaktion war fast durchwegs nur an den am Rande der Petrischale gelegenen Brutknospen zu beobachten, bei den in der Mitte befindlichen Brutknospen zeigte die überwiegende Mehrzahl der Wurzelhaare negative Reaktion.

Mit Asparagin und Tyrosin konnte ich ebenfalls positiv chemotropische Reaktion hervorrufen. In einem Falle waren bei Asparagin von 275 Wurzelhaaren 187 (68 %) positiv chemotropisch, 24 (9 %) negativ chemotropisch, 64 (24 %) indifferent. Ob hier durch Steigerung der Konzentration sich eine Umkehr der Reaktion erzielen läßt, ist nicht untersucht worden. Bei der beschränkten Löslichkeit dieser Stoffe läßt sich dies vielleicht nicht erreichen.

#### V. Zusammenfassung.

1. Die Wurzelhaare von *Marchantia* und *Lunularia* reagieren geotropisch positiv.
2. Schon eine schwache einseitige Beleuchtung vermag die durch die Schwerkraft hervorgerufene Reaktion aufzuheben.
3. Die Wurzelhaare der Brutknospen von *Lunularia* sind aerotropisch positiv.
4. Die Wurzelhaare der Brutknospen von *Lunularia* sind chemotropisch empfindlich. Mit  $\text{KNO}_3$  und Traubenzucker gelang es bei wechselnder Konzentration sowohl positive als negative Reaktion auszulösen. Asparagin und Tyrosin riefen in der angewandten Konzentration nur positive,  $\text{CaHPO}_4$  nur negative Reaktion hervor.

Prag, Mai 1919, Pflanzenphysiologisches Institut der deutschen Universität.

#### Literatur.

- BISCHOFF, Untersuchungen über den Geotropismus der Rhizoiden. Beih. Bot. Zentrbl. 1913, Bd. 28, Abt. 1, S. 94.
- DACHNOWSKI, Zur Kenntnis der Entwicklungsphysiologie von *Marchantia polymorpha*. Jahrb. wiss. Bot. 44, 254, 1907.
- HABERLANDT, Über das Längenwachstum und den Geotropismus der Rhizoiden von *Marchantia* und *Lunularia*. Oesterr. bot. Zeitschr. 1889, Nr. 39, S. 93.

PFEFFER, Studien über Symmetrie und spezifische Wachstumsursachen. Arbeit d. Bot. Instituts Würzburg, Bd. I 1874, S. 77.

—, Zur Kenntnis der Kontaktreize II. Über Beeinflussung der Wurzelhaarbildung in den Brutknospen von *Marchantia*. Arbeit, aus d. bot. Institut Tübingen I. 1881, S. 528.

POLOWZOW, Untersuchungen über Reizerscheinungen bei den Pflanzen. Jena, G. FISCHER, 1909.

SAMMET, Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden. Jahrb. wiss. Bot. Bd. 41, 1905, S. 611.

WEINERT, Untersuchungen über Wachstum und tropistische Bewegungsercheinungen der Rhizoiden thallöser Lebermoose. Bot. Zeitg., Bd. 67. S. 201, 1909.

# 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: 1919

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Langer Helene

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der tropistischen Krümmungen bei Lebermoosrhizoiden. 262-272](#)