

II.

**Studien über Symmetrie und spezifische Wachstumsursachen.**

Von

**Dr. W. Pfeffer.**

Der Thallus von *Marchantia* ist sowie auch der anderer verwandter Lebermoose streng bilateral ausgebildet. Auf der aus chlorophyllfreien Zellen bestehenden Unterseite des Thallus entstehen Wurzelhaare und zwei Reihen blattähnlicher Lamellen, während die dem Licht zugewandte Oberseite eine scharf differenzirte Epidermis mit eigenthümlichen Spaltöffnungen bildet, die auf der Mitte rautenförmiger Felder stehen, welche über die durch Zellmauern getrennten grossen Luftlücken ausgespannt sind, aus deren Grund chlorophyllhaltige Zellen confervenartig hervorsprossen.<sup>1)</sup> Auf der Oberseite des Thallus bilden sich in flachen Körbchen Brutknospen von Gestalt biconvexer Linsen, welche in zwei opponirten Buchten des Randes Vegetationspunkte bergen, aus welchen sich beim Keimen Thallussprosse entwickeln.

In einer bekannten Arbeit über *Marchantia* zeigte MIRBEL,<sup>2)</sup> dass beide Seiten der Brutknospen anatomisch wie physiologisch durchaus gleichwerthig sind, aber schon kurze Zeit nach der Aussaat denselben Bilateralität unwiderruflich induzirt ist. Welchen Einfluss äussere Kräfte, wie Licht, Feuchtigkeit, Schwerkraft und Berührung auf die Ausbildung von Ober- und Unterseite und auf die Produktion der Wurzelhaare ausüben, wurde von MIRBEL nicht experimentell festgestellt, aber gerade diese Fragen mussten sich an diesen Brutknospen vortreflich entscheiden lassen.

Ehe ich zu meinen eigenen Untersuchungen übergehe, gebe ich eine kurze Uebersicht über die von MIRBEL erhaltenem Resultate, soweit dieselben hier in Betracht kommen. Die physiologische Gleichwerthigkeit beider Brutknospenseiten folgte unwiderruflich daraus, dass bei zahlreichen Aussaaten

1) Näheres bei HOFMEISTER, Vergl. Untersuchungen 1854 p. 49 ff. und SACUS, Lehrbuch 2. Aufl., p. 287, p. 297 u. Fig. 64 auf p. 72.

2) Recherches anatomiques et physiologiques sur le *Marchantia polymorpha* p. 17 ff. Splatz. aus mém. de l'acad. d. sciences d. l'institut de France 1835.



immer die dem Substrate aufliegende Seite Wurzelhaare bildete und zu Unterseite, die zenithwärts gewandte hingegen zur Oberseite wurde. Waren aber einmal 24 Stunden nach der Aussaat Wurzelhaare gebildet, so war auch die Bilateralität inhärent geworden, wie MIRBEL durch die Umkehrungsversuche zeigte, bei welchen die bisherige Oberseite auf den Sand zu liegen kam, die Unterseite aber, welche bereits Wurzelhaare hervorgebracht hatte, zenithwärts gewandt wurde. Die Wurzelhaare dieser krümmten sich abwärts dem Substrate zu, und während auch die diesem aufliegende einstige Oberseite Wurzelhaare bildete, wuchsen die opponirten Sprosse heran, die mehr und mehr ihre Vorderränder aufwärts bogen und endlich sich rückwärts nebeneinander vorbei, gewissermaassen eine Schlinge bildend, umschlugen. Die Seite der heranwachsenden Sprossen also, welche durch Umkehrung zur Unterseite wurde, war jetzt wieder dem Zenith zugewandt und producirt Spaltöffnungen aber keine Wurzelhaare, die nur auf der anderen Seite sich ausbildeten. Oefters kam nur einer der Sprossen an den umgedrehten Brutknospen zur Entwicklung, der sich in gleicher Weise umkehrte. Dieser Vorgang lässt sich am einfachsten durch ein auf dem Tisch liegendes Blatt Papier versinnlichen, welches man an einem Ende festhält und dann aufwärts und rückwärts umschlägt; ausserdem ist aber auch die Umkehrung der heranwachsenden Sprossen bei MIRBEL durch wahrhaft künstlerische Abbildungen dargestellt.<sup>1)</sup>

Die Bemerkungen, welche MIRBEL über die Bedeutung von Beschattung und Feuchtigkeit auf die Erzeugung von Wurzelhaaren und des Lichtes auf Ausbildung der Spaltöffnungen macht, sind eigentlich nur Vermuthungen, welche sich auf beweisende Experimente nirgends stützen. Die hierauf und auf die Ausbildung der Bilateralität bezüglichen Schlüsse lasse ich hier wörtlich folgen:<sup>2)</sup> »La concomitance des faits démontre que si l'ombre et l'humidité favorisent le développement des racines et des nervures, la lumière n'est pas moins utile à la production des stomates. Une autre vérité ressort de mes expériences: s'il est évident que les deux faces d'un jeune bulbille sont en tout point semblables anatomiquement et physiologiquement parlant, il n'est pas moins que l'action prolongée pendant quelques heures, de la lumière sur une face, et de l'ombre et de l'humidité sur l'autre suffit pour faire évanouir cette ressemblance, et pour fixer irrévocablement l'avenir différent des deux faces, qui dès lors se distinguent très-bien en supérieure et inférieure, non obstant leur position.«

Die Brutknospen bilden sich am Grunde der flachen, auf der Oberfläche des Thallus von *Marchantia* gelegenen Körbchen, indem sich von einer hervorwölbenden Epidermiszelle zuerst eine Stielzelle abgliedert und die andere Zelle mit wiederholten Theilungen zuerst in zwei, dann in drei

1) L. c., Taf. V, Fig. 41, 42 u. 43.

2) L. c., p. 49.

Richtung  
nach sind  
eines kle  
aus mehr  
und links  
tationspu  
sind wen  
anzuspre  
Eine  
parenchy  
Zellen zu  
grosse Ch  
lich werd

Senkrecht  
einer reife  
auswachse  
Bu

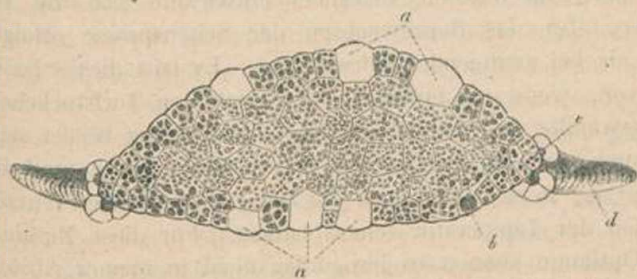
angefüllt.  
Zellen (b  
funden v  
die von  
Zellen (a  
Brutknos  
ein klein  
aus dies  
stülp  
haare pr  
Inhalt au  
sein sch  
dürften

4) Au  
DEN Hft. 2



Richtungen des Raumes weiter wächst.<sup>1)</sup> Ihrem morphologischen Ursprung nach sind also die Brutknospen Trichome, haben aber ausserdem den Werth eines kleinen Thallus, der im ausgebildeten Zustand eine in der Mitte aus mehreren Zellschichten bestehende Scheibe vorstellt mit zwei, rechts und links vom Stiele gelegenen Einbuchtungen, in welchen die beiden Vegetationspunkte liegen. Die aus diesen sich entwickelnden opponirten Sprosse sind wenigstens in Bezug auf die Achse der Brutknospe als Seitensprosse anzusprechen.

Eine eigentliche Epidermis fehlt den Brutknospen, deren Gewebe aus parenchymatischen, ziemlich isodiametrischen und interstitienlos verbundenen Zellen zusammengesetzt wird. Die äusserste Zelllage enthält zahlreiche grosse Chlorophyllkörner (siehe die Fig.), die in den inneren Schichten spärlich werden oder ganz fehlen; alle Zellen aber sind mit feinkörniger Stärke



Senkrecht gegen die Fläche und durch die beiden Vegetationspunkte geführter Schnitt aus einer reifen Brutknospe von *Marchantia polymorpha*; *a*, die hyalinen zu Wurzelhaaren auswachsenden Zellen; *b*, mit eigenthümlichem Inhalt erfüllte Zelle; *d*, die Flügel der Buchten, in welchen die Vegetationspunkte *e* liegen. Vergrösserung  $105/1$ .

angefüllt. Einzelne von einer bräunlichen Masse unbekannter Natur erfüllte Zellen (*b*. in d. Fig.), die auch im ausgebildeten Thallus von *Marchantia* gefunden werden, haben für uns kein weiteres Interesse, um so mehr aber die von farblosem Inhalt erfüllten und von Stärke freien oberflächlichen Zellen (*a*), welche besonders auf dem mittleren Areale beider Seiten der Brutknospen zahlreich vorhanden und gewöhnlich auch durch ihre Grösse ein klein wenig ausgezeichnet sind. Die Wurzelhaare nehmen nämlich allein aus diesen Zellen ihren Ursprung, indem sich dieselben einfach hervorstülpen und zu dem schlauchförmigen Haare heranwachsen. Die Wurzelhaare producirenden Zellen sind also an den Brutknospen schon durch ihren Inhalt ausgezeichnet, wie es auch am Thallus von *Marchantia* der Fall zu sein scheint. Auch an den grünen Wurzeln von *Hydrocharis morsus ranae* dürften die Wurzelhaare wohl nur aus den hyalinen Zellen entspringen,

1) Ausführlich untersucht von NÄGELI in Zeitschrft. f. wiss. Bot. von NÄGELI u. SCHLEIDEN Hft. 2, p. 450. Vgl. auch SACHS Lehrb., 2. Aufl., Fig. 244 auf p. 288.



springen, welche hinter dem Vegetationspunkt zwischen chlorophyllhaltigen liegen. <sup>1)</sup>

Es wird vorthellhaft sein Einiges über allgemeine Keimungsbedingungen vorzuschicken, um bei der Auseinandersetzung der Experimente nicht möglichst kurz fassen zu können. Im Dunklen entwickeln die Brutknospen entweder gar keine oder doch nur spärliche Wurzelhaare, welche aber nie bedeutende Länge erreichen und auch später als am Lichte erscheinen. Weiter aber entwickeln sich die Brutknospen, obgleich sie doch eine grosse Menge Stärke enthalten, im Dunkeln in keinem Falle und verhalten sich also ähnlich wie Sporen von Farrenkräutern und Moosen, welche, wie BORODIN <sup>2)</sup> zeigte, bei Ausschluss von Licht nicht keimen, obgleich sie mit Reservestoffen angefüllt sind. Die eigenthümliche mattgrüne Farbe, welche die Brutknospen bald nach Verfinsterung annehmen, rührt von der hier sehr ausgesprochenen Wanderung der Chlorophyllkörner auf die Seitenwände der Zellen her. Im diffusen Tageslicht entwickeln sich die Wurzelhaare wohl immer, aber das Heranwachsen der Seitensprosse erfolgt sehr viel langsamer, als bei genügender Beleuchtung. Es tritt dieses besonders auffallend hervor, wenn an einem vertikal gestellten Torfstückchen die dem Fenster zugewandte und abgewandte Seite gleichzeitig besät wird.

Aber auch wenn in genügendem Maasse Feuchtigkeit und Beleuchtung geboten werden, so zeigt sich doch die Zeit bis zu welcher Wurzelhaare erscheinen, von der Temperatur sehr abhängig. Für diese Minimum, Maximum und Optimum kennen zu lernen lag nicht in meiner Absicht, und so mögen nur einige ganz allgemeine Angaben hier Platz finden. Abgesehen davon, dass auch die aus demselben Körbchen entnommenen Brutknospen sich mit ungleicher Schnelligkeit entwickeln, vergingen bei 14 bis 18° C. meist 4 bis 5 Tage, ehe die ersten Wurzelhaare zum Vorschein kamen, während dieselben bei Temperaturen über 20 C. wohl immer in 2 Tagen, ja bei besonders warmen Wetter sogar in 24 Stunden an einem Theil der ausgesäten Brutknospen wenigstens, gebildet waren. Ebenso ist die weitere Entwicklung der Brutknospen neben der Beleuchtung in hohem Grade von der Temperatur abhängig, im günstigsten Falle waren Spaltöffnungen auf der Oberseite der heranwachsenden Seitensprosse 7 Tage nach der Aussaat gebildet. Bei der Mehrzahl meiner Versuche kamen Wurzelhaare nach 1½ bis 2 Tagen, Spaltöffnungen nach 10 bis 14 Tagen zum Vorschein.

Während bei den in gewöhnlicher Lage angestellten Aussaaten nur auf der dem Substrat aufliegenden Seite Wurzelhaare erscheinen, werden diese

<sup>1)</sup> An den Wurzeln von Lycopodien bilden sich die Wurzelhaare aus keilförmigen Zellen, welche an der grundsichtigen Seite der Epidermiszellen abgeschnitten werden. Nägeli u. Leitgeb, Beiträge z. wiss. Bot. Hft. IV, p. 124 in Taf. XVII, Fig. 8 u. 9.

<sup>2)</sup> Mélang biol. tirés d. Bull. d. l'Academ. d. St. Petersbourg, 1867, T. VI, p. 534 ff.



auf beiden Seiten gebildet, wenn die dem Substrate anliegende Seite der Brutknospe die zenithwärts, die freie die aufwärts gewandte Seite ist. Zu solchen Aussaaten benutzte ich mit Vortheil Feuchtkammern denen ähnlich, welche HOFFMANN<sup>1)</sup> bei seinen Keimungsversuchen mit Pilzsporen anwandte. Es bestehen dieselben aus zwei grossen Objektträgern von etwa 100 bis 110 Mm. Länge und 50 bis 60 Mm. Breite und einem ebenso grossen dicken Pappdeckel, aus welchem ein rechteckiger Raum von etwa 50 Mm. Länge und 30 Mm. Breite weggenommen und ausserdem noch eine schmale Rinne ausgeschnitten ist, welche von dem rechteckigen Fenster zu einer der schmalen Seiten führt. Eine der Glasscheiben ist auf einer Seite mit schwarzem Papier überklebt oder mit schwarzem undurchsichtigem Lack überzogen, auf die andere Seite derselben wird ein Stück angefeuchtetes graues oder weisses Fliespapier gelegt, der ausgeschnittene und zuvor mit Wasser durchtränkte Pappdeckel aufgesetzt und auf die durchsehende rechteckige Papierfläche die Aussaat der Brutknospen gemacht. Nun deckt man auf die andere Seite des Pappdeckels die zweite Glasscheibe und hält die Feuchtkammer durch umgelegte Fäden oder Kautschuckbänder fest zusammen. Der Apparat wird nun, die schwarze Glastafel nach oben, hinter einem Fenster und zwar hoch über dem Fensterbrett und dicht hinter die Glasscheiben postirt, zu welchem Zwecke ich denselben auf eine aus starkem Eisendraht zusammengebogene Gabel lege, die selbst an einem Holzstab befestigt ist, welcher durch eine Klammer festgehalten wird. Zwischen Pappdeckel und Papier der Feuchtkammer klemme ich noch einen Saugdocht, welchen ich mit dem anderen Ende in ein mit Wasser angefülltes Glas, das an den Holzstab angehängt wird, tauchen lasse. So ist auch für genügende Feuchtigkeit immer gesorgt, während Luftwechsel durch die eingeschnittene Rinne stattfindet. Um der erdwärts gewandten Seite der Brutknospen möglichst viel Licht zuzuwenden, gebe ich dem Apparat eine etwas geneigte Lage, so dass er einen nach dem Fenster zu geöffneten Winkel von etwa 20 Graden mit dem Horizont bildet. Dass die so gebotene Beleuchtung genügend ist, hierfür ist das schöne Gedeihen der Brutknospen ein sicheres Reagens, da wie schon gesagt, die Entwicklung im stark diffusen Tageslicht nur langsam fortschreitet.

In solchen Feuchtkammern wurden sechs Aussaaten, je mit 30 bis 40 Brutknospen vorgenommen, die immer zu gleichem Resultat führten; sowohl auf der dem Papier anliegenden, als auch auf der der Erde zugewandten und beleuchteten Seite der Brutknospe erschienen gleichzeitig zahlreiche Wurzelhaare. Ganz gleicher Erfolg wurde aber auch erzielt, wenn statt der oberen einseitig verdunkelten Glasplatte eine durchsichtige genommen und die Aussaat der Brutknospen nicht auf Papier, sondern direkt auf die innere Glaswand vorgenommen wurde. Brachte ich aber Brutknospen auf

1) Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 2, p. 298.



die untere Glastafel, gleichviel ob die obere verdunkelt oder durchsichtig war, so trieben jene immer nur auf einer, der erdwärts gerichteten und beleuchteten Seite Wurzelhaare, während die andere dem Zenith zugewandte und keinem Substrat anliegende Seite keine produzierte.

Aus diesen Versuchen folgt also, wie es auch andere Experimente bestätigen werden, dass das Licht dem Hervorwachsen der Wurzelhaare kein Hinderniss ist. Ein etwaiger Einwand, dass das Heranwachsen der Wurzelhaare zur Nachtzeit geschehen sei, wird aber unwiderruflich durch folgendes zweimal wiederholtes Experiment beseitigt. In eine Feuchtkammer wurden Abends Brutknospen ausgesät und jene mit ihrer geschwärzten Glastafel auf einen Tisch gelegt, so dass also über Nacht die dem Papier nicht anliegenden Seiten der Brutknospen zenithwärts gerichtet waren. Früh Morgens, bis wohin von Wurzelhaaren noch nichts zu merken war, wurde nun der Apparat hinter einem Fenster in umgekehrte Stellung gebracht und an einem besonders warmen Tage hatte ein Theil der Brutknospen schon bis zum Abend Wurzelhaare, aber immer wieder auf beiden Seiten gebildet. Abends wurde die Feuchtkammer wieder wie zuerst auf einen Tisch gelegt, um am nächsten Morgen von Neuem in umgekehrter Lage, die freie Seite der Brutknospen nach unten gewandt, auf die Drahtgabel gebracht zu werden. An diesem zweiten Tage hatte auch der Rest der Brutknospen auf beiden Seiten Wurzelhaare getrieben, die, wie wir aber wissen, auf der zenithwärts gewandten Seite, wenn diese keinem Substrate anliegt, nicht gebildet werden. Dahingegen kommen auch an dieser, wie die eben angeführten Experimente zeigen, immer dann Wurzelhaare zum Vorschein, wenn dieselbe mit einem Substrate in Berührung steht, während die der Erde zugewandte Seite unter allen Umständen, gleichviel ob einem Substrate anliegend oder nicht, Wurzelhaare treibt; selbstverständlich nur dann, wenn die zur Entwicklung nothwendigen Bedingungen, wie Feuchtigkeit und Wärme gegeben sind.

Wir sehen also unter dem alleinigen Einfluss einer vertikal abwärts wirkenden Kraft Wurzelhaare hervorwachsen, und dass diese Kraft nur die Gravitation sein kann, folgt auch aus den noch mitzutheilenden, im Centrifugalapparat angestellten Versuchen. Ferner zeigen die obigen Experimente, dass auch durch Berührung mit einem Körper eine Kraft gewonnen wird, welche für sich allein im Stande ist, die Produktion von Wurzelhaaren an der berührten Seite zu veranlassen; denn, wie wir wissen, erscheinen diese nur dann an der zenithwärts gewandten Brutknospenseite, wenn diese einem Substrate anliegt. Da ein gleiches Resultat erzielt wurde, wenn die obere Platte unserer Feuchtkammer aus durchsichtigem Glase bestand, auf welches unmittelbar ausgesät wurde, so kann die Verdunkelung der oberen Brutknospenseite keine Ursache sein, und zudem wissen wir ja auch, dass Licht das Hervorwachsen von Wurzelhaaren nicht hindert. Ebenso wenig kann die Veranlassung zur Wurzelhaarbildung auf der Zenithseite in dem

Wasser  
und Su  
freien S  
theilend  
die Ber  
Die  
als 250  
Experim  
einmal;  
von Wu  
hindert,  
wie auc  
Körper  
geloekt,  
Feuchtig  
aus der  
nen Sch  
und fäs  
Die  
Laborat  
Uhrwer  
turen a  
30 Mm.  
dem A  
von Ma  
Torfstü  
einen d  
bei bei  
fernt w  
Seite z  
tränkt  
gedrück  
trifugol  
Der Ap  
18. Mai  
Mm. ein  
1 1/2 Tag  
Wurzel  
waren a  
Be  
zugewa  
radial  
Wurzel



Wasser liegen, welches sich in flüssiger Form zwischen Brutknospe und Substrat ansammelt, denn auch auf der erdwärts gewandten und freien Seite erscheinen Wurzelhaare, und zudem zeigen weiterhin mitzutheilende Versuche, dass, wie auch bei Ranken und schlingenden Stämmen, die Berührung mit Wasser nicht wie die mit einem soliden Körper wirkt.

Die Schlüsse, welche sich aus den in den Feuchtkammern mit mehr als 250 Brutknospen und immer mit entsprechendem Resultate angestellten Experimenten mit Sicherheit ableiten lassen, sind also, um es hier noch einmal zu wiederholen, folgende: durch Beleuchtung wird das Hervorwachsen von Wurzelhaaren auf der von Licht getroffenen Seite in keiner Weise verhindert, und ferner: sowohl unter der alleinigen Wirkung der Erdschwere, wie auch unter der alleinigen Wirkung des Contactes mit einem soliden Körper werden Wurzelhaare aus den Brutknospen von *Marchantia* hervorgehört, wenn nur gewisse nothwendige Keimungsbedingungen, genügende Feuchtigkeit, Temperatur und auch Beleuchtung dargeboten sind. Schon aus den obigen Versuchen zog ich diese in der That damit völlig erwiesenen Schlüsse, um andere bestätigende Experimente nun um so bequemer und fasslicher darstellen zu können.

Die folgenden Versuche wurden in einem vortrefflichen, im hiesigen Laboratorium befindlichen Centrifugalapparat angestellt, welcher durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird. Aus Torf, wie er zu Culturen angewandt wird, wurden drei gleichgrosse Stückchen von etwa 30 Mm. Breite, 20 Mm. Höhe und 10 Mm. Dicke geschnitten und nach dem Anfeuchten je eine der breiten Seiten mit 30 bis 40 Brutknospen von *Marchantia* besät. Auf eine kreisförmige Korkscheibe wurden zwei Torfstückchen in vertikaler Stellung befestigt, und zwar so, dass bei dem einen die besäte Seite nach innen, bei dem anderen nach aussen gewandt, bei beiden aber vom Centrum der Scheibe etwa gleichweit, 40 Mm., entfernt war; das dritte Torfstückchen kam in horizontale Stellung, die besäte Seite zenithwärts gewandt. Nachdem die Korkscheibe mit Wasser durchtränkt und über dieselbe ein gut anschliessendes cylindrisches Glasgefäss gedrückt war, wurde die Scheibe auf der vertikalstehenden Axe des Centrifugalapparates befestigt, so dass sie in horizontale Rotation versetzt wurde. Der Apparat lief ohne Unterbrechung vom Morgen des 15. bis zum Morgen des 18. Mai's mit 6 Drehungen in der Secunde, was bei einer Rotationsaxe von 40 Mm. einer Centrifugalkraft von ziemlich genau 57 Meter entspricht. Bereits nach  $1\frac{1}{2}$  Tagen hatten die Brutknospen bei einer Zimmertemperatur von 20 bis 24 C. Wurzelhaare getrieben, und nach 3 Tagen, bei Beendigung des Versuches, waren auch die entwicklungsfähigen Sprosse schon merklich herangewachsen.

Bei dem Torfstückchen, dessen besäte Fläche dem Rotationsmittelpunkt zugewandt war, wirkte also Centrifugalkraft und Contact auf die gleiche, radial nach aussen gewandte Seite, und ganz allein auf dieser hatten sich Wurzelhaare gebildet. Hingegen waren bei den anderen Torfstückchen,



wie zu erwarten war, auf beiden Brutknospenseiten Wurzelhaare hervorgewachsen; denn hier lag die der Rotationsaxe zugewandte Seite der Knospen dem Substrate an, während die nach aussen gekehrte Seite unter dem Zuge der an die Stelle der Erdschwere getretenen Schleuderkraft stand. Bei diesem Versuche befanden sich also die Brutknospen in einer analogen Situation, wie die in den Feuchtkammern auf die Innenseite der zenithwärts gekehrten Platte ausgesäeten. Die auf dem dritten Torfstückchen ausgesäeten Brutknospen lagen mit ihrer erdwärts gewandten Seite dem Substrate auf und hatten auch, ganz der Erwartung gemäss, allein auf dieser Wurzelhaare produziert.

Nicht weniger belehrend ist der folgende Versuch. Auf angefeuchtetes Papier, welches auf einen Objektträger ausgebreitet war, wurden etwa 40 Brutknospen gesäet und nun auch deren aufwärts gekehrte Seite mit einem anderen Stück sehr dünnen Fliespapiers bedeckt und dieses ganz sanft angedrückt; durch einen aufgelegten, mit dem anderen Ende in Wasser tauchenden Streif Fliespapier wurde für beständige Feuchtigkeit gesorgt. Nach zwei Tagen hatten beide Seiten der Brutknospe, die nach unten gewandte also unter gleichsinniger Wirkung von Kontakt und Schwere, die obere unter dem Einfluss des Kontaktes Wurzelhaare gebildet. Bei einer anderen gleichzeitig in gewöhnlicher Weise auf Papier gemachten Aussaat, welche mit der vorigen unter derselben Glocke gestanden hatte, waren nach zwei Tagen nur auf der dem Substrat anliegenden Unterseite Wurzelhaare hervorgewachsen.

Vertikal gestellte Brutknospen (d. h. die grösste Medianebene senkrecht) trieben immer auf beiden, der dem Substrat anliegenden und freien Seite Wurzelhaare, sowohl bei Aussaaten, welche auf Torfstückchen, als bei anderen, welche in der früher beschriebenen Feuchtkammer angestellt wurden. Auch hier zeigte sich wieder sehr schön, dass Beleuchtung das Hervorwachsen der Wurzelhaare nicht verhindert, denn diese waren auf beiden Seiten der Brutknospe in gleicher Ueppigkeit gebildet, wenn auch die freie Seite den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde. Gleicher Erfolg wurde auch erzielt, wenn beide Seiten der vertikal gestellten Brutknospe beleuchtet wurden. Diese Experimente sind bequem mit einer aus zwei durchsichtigen Glastafeln zusammengestellten Feuchtkammer anzustellen, indem man die Brutknospen direkt auf die Glaswände aussäet und die Kammer senkrecht und rechtwinklig gegen eine Fensterscheibe aufstellt.

Während das Hervorwachsen der Wurzelhaare auf der dem Substrat anliegenden Seite ohne weiteres als Wirkung des Kontaktes verständlich ist, kann hier die Schwerkraft allein die Produktion von Wurzelhaaren auf der freien Seite nicht erklären.

Die beiden Seiten der Brutknospen sind bekanntlich von sanft gewölbten Flächen begränzt und wenn ein jener trennender Medianschnitt genau senkrecht steht, so wirkt der Zug der Schwere, wenn auch unter sehr

spitzen  
zu Gu  
Gravita  
muss,  
zukom

Au  
knospe  
parallel  
dem Z  
gehalte  
beiden  
spärlie  
8 Proc  
100 Br  
anliege  
Aussa  
dann  
(bei 4  
spärlie  
schein  
richtet  
gelegte  
währen

A  
zahlrei  
zenith  
Fakta  
15 Gr  
folgend  
Sind  
Brutkn  
genannt  
haaren  
schwe  
thums  
D  
vexen  
nach  
in ein  
das H  
die a  
mit d  
als di



spitzem Winkel angreifend, nur auf die untere Hälfte der Brutknospenseite zu Gunsten der Wurzelhaarproduktion, während auf der oberen Hälfte die Gravitation dem Herauswachsen der Wurzelhaare sogar ein Hinderniss sein muss, wenn eine solche hemmende Wirkung der Erdschwere überhaupt zukommt. Die folgenden Experimente werden hier Aufklärung geben.

Auf Papier, welches über Glastafeln ausgebreitet war, säete ich Brutknospen, mit besonderer Sorgfalt die grösste Medianebene dem Substrate parallel legend und neigte die Glasplatten in einem mit etwa 20 Grad nach dem Zenith geöffneten Winkel gegen die Vertikale. In dieser Lage festgehalten brachte die bei weitem überwiegende Zahl der Brutknospen auf beiden Seiten Wurzelhaare hervor, doch waren diese öfters augenscheinlich spärlicher auf der freien als auf der anderen Seite gebildet, und bei etwa 8 Procent der Aussaat (es wurden 3 Aussaaten mit zusammen ungefähr 100 Brutknospen gemacht) fehlten Wurzelhaare auf der dem Substrat nicht anliegenden Seite gänzlich. Bei anderen, in gleicher Weise angestellten Aussaaten steigerte ich die Neigung der Glasplatten auf etwa 45 Grad, und dann kamen bei höchstens dem zehnten Theil der angewandten Brutknospen (bei 4 Aussaaten mit etwa 140 Brutknospen) und bei diesem auch nur spärliche Wurzelhaare auf der freien, aufwärts gewandten Seite zum Vorschein. Alle diese Aussaaten wurden gegen ein Ost- oder Südfenster gerichtet unter einer Glasglocke gehalten und dem Papier durch einen aufgelegten, mit dem anderen Ende in Wasser tauchenden Papierstreifen fortwährend Feuchtigkeit zugeführt.

Auf der freien Seite vertikal gestellter Brutknospen werden also sehr zahlreiche Wurzelhaare gebildet, während bei horizontaler Lage auf der zenithwärts gewandten Seite gar keine zum Vorschein kommen. Diese Fakta und die Resultate, welche bei Aussaaten auf Glasplatten, die 20 oder 45 Grad gegen die Vertikale geneigt waren, erhalten wurden, zwingen zu folgendem, mit allen Thatsachen in völligem Einklang stehenden Schluss: Sind die nothwendigen Keimungsbedingungen gegeben, so wird in den Brutknospen selbst eine Kraft erzeugt — sie wird ferner »eigene Kraft« genannt werden — welche bestrebt ist, die hyalinen Zellen zu Wurzelhaaren auszuwachsen zu machen, dieses Bestreben aber wird durch die Erdschwere überwältigt, wenn diese mit überwiegender Energie der Wachstumsrichtung entgegenwirkt.

Diese eigene Kraft wollen wir uns als eine zu den, an Punkten der convexen Flächen der Brutknospen angelegten Tangenten rechtwinkelige und nach Aussen wirkende vorstellen. Diese wird dann an Brutknospen, welche in einem zenithwärts geöffneten Winkel gegen die Vertikale geneigt sind, das Herauswachsen von Wurzelhaaren nicht mehr veranlassen können, wenn die aus der eignen Kraft und der Schwerkraft resultierende Diagonalkraft mit der Tangente eines Punktes zusammenfällt, oder einen spitzeren Winkel als diese mit dem Erdradius bildet. Jedenfalls ist die in den Brutknospen



entwickelte Kraft, vermöge welcher Wurzelhaare hervorgetrieben werden, wesentlich geringer als die Wirkung der Schwere, da bei horizontaler Lage der Brutknospen Wurzelhaare auf der Oberseite gar nicht mehr gebildet werden und deren Produktion auch schon bei einer Neigung von 45 Grad gegen das Loth fast ganz aufgehoben ist.

Auch in dem Centrifugalversuch finden unsere obigen Schlüsse ihre Bestätigung, denn hier, wo die Gravitation zum grössten Theil durch eine horizontal wirkende Schleuderkraft überwogen wird, wuchsen auch bei den vertikal gestellten Brutknospen auf der freien, dem Rotationscentrum zugewandten Seite keine Wurzelhaare aus. Welcher Art diese eigene Kraft ist, und wie sie in den Brutknospen entwickelt wird, berührt hier natürlich nicht und ist überhaupt eine Frage, die eben so wenig zur Zeit einer Beantwortung fähig ist, wie etwa die Causalität der Neubildung oder des Hervorwachsens beliebiger Organe.

Die eben und bereits früher gezogenen Schlüsse stehen durchaus nicht in einem Widerspruch. Durch Berührung mit einem soliden Substrate wird eben wieder eine Kraft gewonnen, welche mindestens im Stande ist die hemmende Wirkung aufzuheben, welche die Erdschwere dem Heranwachsen der Wurzelhaare auf einer zenithwärts gewandten Brutknospen-seite entgegensetzt. Ausserdem muss die Erdschwere aber auch, wenn sie die eigene Kraft unterdrücken kann, bei gleichsinniger Wirkung das Hervorwachsen der Wurzelhaare befördern.

Nur bei einem mit etwa 40 Brutknospen angestellten Versuche, einer Aussaat auf Papier, hatten sich bei nur 6 Brutknospen einige ganz vereinzelte Wurzelhaare auf der zenithwärts gewandten und freien Seite gebildet. Wenn ich hierfür auch keinen Grund anzugeben vermag, so ist doch diese vereinzelte Ausnahme bedeutungslos, da bei etwa 500 in horizontaler Lage cultivirten Brutknospen die freie Oberseite stets ohne Wurzelhaare blieb.

Auf Wasser schwimmende Brutknospen treiben ebenso schnell wie bei anderen Aussaaten Wurzelhaare und, wie es ja auch anders nicht zu erwarten war, allein auf der unteren Seite. Wichtig aber ist, dass auch dann nur auf der Unterseite Wurzelhaare zum Vorschein kommen, wenn die Brutknospen mit einer Wasserschicht bedeckt sind. Ich stellte diese Experimente mit flachen Uhrschaalen an auf deren angefeuchtete Innenwand ich die auszustüenden Brutknospen brachte und nun das Wasser fast völlig verdunsten liess. Die Brutknospen haften jetzt fest genug an den Glaswänden, um ruhig liegen zu bleiben, wenn man das Uhrsälchen vorsichtig mit Wasser anfüllt, was am besten geschieht indem man ein Glasstäbchen auf den Grund der Schale setzt und das Wasser an diesem herabrinnt lässt. Uebrigens bleibt auch dann immer eine Anzahl Brutknospen auf dem Grunde des Schälchens liegen, wenn man dieselben mit einer Messerspitze plötzlich unter Wasser führt.



Auch unter einer wenige Millimeter hohen Wasserschicht kommen die Wurzelhaare ebenso schnell wie sonst zum Vorschein, aber wie gesagt immer nur auf der erdwärts gewandten Seite. Dass diese auch der Glaswand anliegt, ist gleichgültig, da dieselbe ohnehin unter der Wirkung der Schwere Wurzelhaare getrieben haben würde. Aus diesen Versuchen folgt also ganz unwiderleglich, dass die Berührung mit Wasser nicht wie die mit einem soliden Körper wirkt, was nach DARWIN<sup>1)</sup> auch in gleicher Weise für reizbare Ranken gilt. Uebrigens muss das Uhrschälchen, in welchem eine Aussaat vorgenommen wird, vor Erschütterungen gehütet werden, da mit nicht durch Umkippen von Brutknospen Täuschungen veranlasst werden.

Es würde überflüssig sein, speziell die mit Wasseraussaaten angestellten Experimente aufzuführen, welche gleichfalls wieder zeigen, dass das Hervorwachsen der Wurzelhaare, auch wenn die betreffende Seite beleuchtet ist, nicht beeinträchtigt wird. Die Versuche führten stets zu gleichem Resultat, wenn die Uhrschale unten verdunkelt war, oder wenn durch einen Spiegel reflektirtes Licht von unten her in das Wasser fiel, wobei es wieder gleichgültig war, ob auch von oben Licht zutrat, oder ob das Uhrschälchen mit einer geschwärzten Platte überdeckt war.

Im Dunkeln treiben die Brutknospen von *Marchantia*, wie ich schon früher sagte, immer nur theilweise oder auch gar nicht Wurzelhaare, auch kamen diese in der Regel um etwa einen Tag später zum Vorschein, als an gleichzeitig gemachten und bei gleicher Temperatur gehaltenen Aussaaten, welche dem Licht ausgesetzt waren. Bei einigen, wo gleichzeitig auf Wasser und Papier oder Torf ausgesät und mit demselben schwarzen Recipienten verdunkelt wurde, trieb auf dem Wasser eine relativ entschieden grössere Anzahl von Brutknospen Wurzelhaare als auf den anderen genannten Substraten, doch dürfte dieses wohl ein zufälliges Zusammentreffen gewesen sein, und so habe ich auch die Sache nicht weiter verfolgt. Im übrigen gelten im Dunkeln, wenn überhaupt Wurzelhaare gebildet werden, für deren Erscheinen die gleichen Gesetze, wie wir sie bei Culturen am Licht kennen gelernt haben. Auch hier bildete die zenithwärts gewandte Seite der Brutknospen nur dann Wurzelhaare, wenn sie einem Substrate anlag, und bei vertikaler Stellung erschienen dieselben gleichfalls auf beiden Seiten der Brutknospe.

Es sei hier noch bemerkt, dass auch die durch zu den Flächen senkrechte Schnitte in zwei oder drei Stücke zerlegten Brutknospen Wurzelhaare, ja zuweilen schneller als die unversehrten Knospen treiben. Ferner will ich hier ein Experiment wenigstens erwähnen, das, wie es zu erwarten war, zeigt, dass Brutknospen, um sich weiter entwickeln zu können, nothwendig flüssiges Wasser aufnehmen müssen. Etwa 50 Brutknospen blieben auf trockenem Papier liegend in einem völlig dampfgesättigten Raum

1) Ueber die Bewegung von Schlingpflanzen. Im Auszug in Flora 1866, p. 323.



während 12 Tagen hinter dem Nordfenster eines Zimmers stehen, dessen Temperatur während dieser ganzen Zeit nur zwischen 19 und 24 C. schwankte, ohne dass irgend ein Wurzelhaar zum Vorschein gekommen wäre, obgleich die Brutknospen nur sehr wenig von ihrem Turgor eingebüsst hatten. Als nach dieser Zeit das Papier durch Wasser feucht gehalten wurde, waren nach zwei Tagen hinter demselben Fenster Wurzelhaare hervorgewachsen.

Liegt die Unterseite einer Brutknospe einem Substrate auf, so wirken auf jene Schwerkraft und Contact zusammen, während wenn die zenithwärts gewandte Seite einem Substrate anliegt, die Wurzelhaare auf dieser Seite der Brutknospe unter dem alleinigen Einfluss der Berührung hervorgewachsen. Es war nun möglich, dass die Wurzelhaare unter der combinirten Wirkung von Gravitation und Contact schneller erschienen, als wenn eine dieser Kräfte allein thätig war. Eine Anzahl dieser Frage halber angestellte Versuche, bei welchen die Brutknospen auf die erdwärts oder zenithwärts gewandte Seite von Torfstückchen oder auf Papier gesät wurden, führten aber zu keinem Resultate, da bald hier, bald dort zuerst Wurzelhaare erschienen, was ich übrigens im Voraus erwartet hatte, da selbst die aus demselben Becher genommenen Brutknospen individuelle Verschiedenheiten in Betreff der Zeit, welche bis zum Hervorgewachsen von Wurzelhaaren verstreicht, zeigen und es sich in unserem Falle jedenfalls nur um sehr kleine Zeitdifferenzen handeln konnte. Wenn auf beiden Seiten derselben Brutknospe Wurzelhaare produziert werden, so scheinen diese immer beiderseitig gleichzeitig aufzutreten, sowohl wenn die dem Zenith zugekehrte Seite unter der Wirkung des Contactes Wurzelhaare treibt, als auch, wenn die Aussaat auf die vertikal gestellte Fläche eines Substrates gemacht wird.

Nachdem bis hierher ausschliesslich das Hervorgewachsen der Wurzelhaare behandelt wurde, wende ich mich jetzt zur Betrachtung des Einflusses elementarer Kräfte auf die weitere Entwicklung der Brutknospen. Die Wurzelhaare sind sehr stark negativ heliotropisch und krümmen sich stets, gleichviel ob sie in vertikaler oder horizontaler Richtung hervorgewachsen, sehr stark convex gegen einfallende Lichtstrahlen. Wachsen die Wurzelhaare in die freie Luft hinein, so erreichen sie wohl die zwei- bis vierfache Länge des grössten Durchmessers einer reifen Brutknospe, collabiren aber früher oder später, wenn sie nicht durch Rückwärtskrümmung das Substrat erreichen, welchem die andere Seite der Brutknospe anliegt. Wenn sie auch hierbei durch den starken negativen Heliotropismus sehr unterstützt werden, so gelingt es doch z. B. bei Aussaaten, wo die erdwärts gewandte Seite der Brutknospen frei ist, den deren mittlerem Areale entspringenden Wurzelhaaren gewöhnlich nicht, sich bis zum Substrate zurückzukrümmen, während dieses von den näher an den Seitenrändern hervorgewachsenen Wurzelhaaren in der Regel erreicht wird. Letzteren kommt hierbei auch

zu Statten  
den dem  
dem näch  
dem Sub

Es f  
in freier  
Heliotropi  
der Vers  
Es wurd  
waren, in  
träger ver  
Glasglock  
ten gebr  
nach 8 S  
Einfluss  
krümmt  
vom Lich  
anderen  
Wurzelha  
waren a  
Krümmu  
nahmslos  
schliessli  
liegenden  
neren 1  
Versuche  
an einze

Aus  
wurden,  
die Sch  
negativer

Zu  
mend et  
dreifach  
in gesch  
geradlin  
indem r  
fläche d  
Brutkno  
wandter  
musteru  
Objekte



zu Statten, dass schon ihre anfängliche Wachstumsrichtung senkrecht auf den dem Ursprungsort angelegten Tangenten, aber in einem spitzen, nach dem nächsten Punkt der Peripherie der Brutknospen geöffneten Winkel auf dem Substrate steht.

Es folgt ohne weiteres aus der energischen Rückwärtskrümmung der in freier Luft senkrecht abwärts wachsenden Wurzelhaare, dass der negative Heliotropismus den Geotropismus weit überwiegt, der indess auch, wie folgender Versuch zeigt, die Wachstumsrichtung der Wurzelhaare beeinflusst. Es wurden Brutknospen, deren Wurzelhaare gerade abwärts gewachsen waren, in umgekehrte Lage auf zwei mit feuchtem Papier bedeckte Objektträger vertheilt und einer dieser unter eine hinter einem Ostfenster stehende Glasglocke, der andere unter einen daneben postirten schwarzen Recipienten gebracht. Die aufwärts gerichteten Wurzelhaare hatten sich schon nach 8 Stunden, von 10 Uhr Morgens bis 6 Uhr Nachmittags, unter dem Einfluss der Beleuchtung eines hellen Tages stark negativ heliotropisch gekrümmt, und im Verlauf des nächsten Tages standen sie wie ein Kamm vom Licht hinweg, nach dem Inneren des Zimmers gekehrt. Auch bei den anderen Brutknospen standen, als sie ins Dunkle gebracht wurden, die Wurzelhaare wie ein Federbusch in die Luft, nach Verlauf von 8 Stunden waren aber deren Enden schwach hakenförmig abwärts gekrümmt; die Krümmungsebene war bei der divergenten Stellung der Wurzelhaare fast ausnahmslos radial nach aussen gerichtet. Diese Beugung, welche fast ausschliesslich an einer in einiger Entfernung hinter dem Wurzelhaarende liegenden, jedoch nicht zu beschränkter Zone stattfindet, hatte nach ferneren 12 Stunden noch merklich zugenommen; weiter liessen sich die Versuche indess nicht ausdehnen, da schon nach dieser Zeit der Turgor an einzelnen Wurzelhaaren merklich gelitten hatte.

Aus diesen Versuchen, die dreimal mit gleichem Erfolg wiederholt wurden, geht also hervor, dass die aufsteigende Wachstumsrichtung durch die Schwerkraft abgelenkt wird, mit einer Kraft, die indess durch den negativen Heliotropismus vollständig überwunden wird.

Zu den Versuchen nahm ich Brutknospen, welche auf Wasser schwimmend cultivirt worden waren, und deren Wurzelhaare etwa die zwei- bis dreifache Länge der Brutknospen erreicht hatten. Nimmt man die Culturen in geschwärzten Uhrschildchen vor, so wachsen die Wurzelhaare recht schön geradlinig abwärts, und eine Umkehrung ist ohne jede Verletzung möglich, indem man über einen Objektträger gespanntes Fliespapier bis an die Oberfläche des Wassers bringt und behutsam wieder in die Höhe nimmt. Die Brutknospen bleiben dann zum grossen Theil mit ihrer zuvor aufwärts gewandten Seite auf dem Papier hängen, und es bedarf nur noch einer Durchmusterung, um hier und da in der Lage nachzuhelfen und unbrauchbare Objekte zu entfernen.



Alles bis dahin über die Produktion von Wurzelhaaren Gesagte bezieht sich wohl gemerkt nur auf die Brutknospe selbst, nicht aber auf die sich entwickelnden opponirten Seitensprosse. Bei diesen wird unter allen Umständen, welches auch immer ihre Stellung sein mag, die beleuchtete Seite zur Oberseite und produziert niemals Wurzelhaare, auch wenn sie erdwärts gewandt ist oder auf einem Substrate gewaltsam festgehalten wird. Bei weiterem Heranwachsen der Seitensprosse weichen bald unter der Epidermis liegende Zellen auseinander, und im günstigsten Falle nach 8, bei meinen meisten Experimenten nach 10 bis 15 Tagen haben sich wie an jedem Thallus von *Marchantia* die rautenförmigen, durch Zellmauern getrennten Luftlücken und über denselben die bekannten merkwürdigen Spaltöffnungen gebildet. Nur an dem zuerst gebildeten Theil der Seitensprosse unterbleibt die Bildung von Luftlücken und Spaltöffnungen, nichtsdestoweniger ist indess auch hier die Oberseite unfähig Wurzelhaare zu produziren, welche allein, wie auch die Blattlamellen, auf der Unterseite zum Vorschein kommen.

Die eigentliche Brutknospe nimmt zwar durch Dehnung und vielleicht auch Theilungen (ich achtete nicht hierauf) der Zellen erheblich an Grösse zu, aber die Zellen bleiben immer interstitienlos verbunden und eine anatomisch oder physiologisch ausgezeichnete Ober- und Unterseite wird nicht gebildet. Dreht man Brutknospen, deren Seitensprosse eben Spaltöffnungen entwickelt hatten, um, so dass nun die früher zenithwärts schauende Seite dem Substrate aufliegt, so werden auf dieser, soweit das Areal der eigentlichen Brutknospe reicht, auch jetzt noch Wurzelhaare gebildet, während die Oberseite der Sprossen, auch die ältesten keine Spaltöffnungen bildenden Partien, immer frei von Wurzelhaaren bleiben. Wenn freilich die Seitensprosse schon sehr weit entwickelt waren, gelang es mir nicht mehr durch Umkehren das zuvor zenithwärts gewandte Areal der Brutknospen zum Hervortreiben von Wurzelhaaren zu bringen, doch war auch jetzt noch das Gewebe der Brutknospe lückenlos verbunden, nur die Stärke zum grössten Theil aus demselben verschwunden und das Chlorophyll spärlich geworden. Von einer eigentlichen Bilateralität kann also, insofern es sich nicht um die Sprosse, sondern nur um die Brutknospen handelt, nicht die Rede sein, denn der endliche Verlust der Fähigkeit Wurzelhaare auf derjenigen Seite, welche bis dahin frei von denselben blieb, zu bilden, dürfte wohl in einem Verschwinden der Reservestoffe oder in dem Erlöschen der Lebensthätigkeit des Brutknospengewebes, worauf das allmähliche Verschwinden des Chlorophylls hindeutet, seinen Grund haben. Sicher wenigstens ist, dass beide Seiten der Brutknospen sich noch ganz gleichwerthig in Betreff der Wurzelhaarbildung zeigten, auch wenn die Seitensprosse sich bereits bis zur Bildung von Spaltöffnungen entwickelt hatten.

Die angeführten Thatsachen zeigen also, dass Bilateralität den Brutknospen selbst gar nicht induzirt, wohl aber den Seitensprossen gleich bei ihrer Entwicklung inhärent wird. Hiermit stehen MURRÉ's Angaben nicht

im Einkla  
saat unv  
39 und 4  
dem Subs  
und eine  
hatte.)  
Anwendu  
umgekehr  
Umkehren  
bald Wur  
gewandte  
zukrümm  
der durch  
dass also  
tete Seit  
wenn Br  
wicklung  
sehr klei  
Bilateral  
bis drei  
der Weis  
bereits e  
bringt el  
Wurzelha  
dem Sub  
wieder d  
ihrem V  
Dieselbe  
also auch  
mit Aus  
andere S  
und Blat  
Sprosse  
Worte v  
bildungs  
Bilateral  
stadium,  
Die  
sprosse  
den die  
1) At  
Entwickl



im Einklang, nach welchen Bilateralität schon 24 Stunden nach der Aussaat unwiderruflich ausgebildet sein soll, obgleich, wie auch die Figuren 39 und 40 (Taf. IV.) zeigen, bis dahin nur einzelne Wurzelhaare auf der dem Substrat aufliegenden und nach unten gewandten Seite gebildet waren und eine merkliche Entwicklung der Seitensprosse noch nicht begonnen hatte.<sup>1)</sup> Brutknospen dieser Entwicklung habe ich sehr oft und unter Anwendung verschiedener Substrate (Gartenerde, Sand, Torf und Papier) umgekehrt, aber MIRBEL's Angaben nicht bestätigt gefunden. Die nach dem Umkehren erdwärts gewandte und dem Substrat aufliegende Seite brachte bald Wurzelhaare hervor, während die der anderen, nunmehr aufwärts gewandten Seite in schon früher beschriebener Weise nach dem Substrate sich zukrümmten, die mittlerweile hervorwachsenden Seitensprosse waren aber der durch das Umwenden eingenommenen Lage entsprechend orientirt, so dass also die nach dieser Operation dem Zenith zugewandte und beleuchtete Seite zur Oberseite wurde. Anders aber gestaltete sich die Sache, wenn Brutknospen umgewandt wurden, bei welchen eine merkliche Entwicklung der Seitensprosse bereits begonnen hatte; waren diese auch noch sehr klein und Intercellularräume noch gar nicht gebildet, so war doch Bilateralität unwiderruflich inhärent geworden. Dies fand ich meist zwei bis drei Tage nach der Aussaat realisiert, und nun wickelte sich Alles in der Weise ab, wie es von MIRBEL sehr gut beschrieben und abgebildet und bereits einleitend kurz referirt wurde. Das Areal der Brutknospen selbst bringt ebenso, wie es oben erst bemerkt wurde, auf der bisher freien Seite Wurzelhaare hervor, die sich aber niemals auf der nach dem Umkehren dem Substrate aufliegenden Seite der Sprosse bilden; diese wird vielmehr wieder dem Licht zugewandt, indem sich die fortwachsenden Sprosse an ihrem Vorderende zuerst aufbiegen und endlich rückwärts umschlagen. Dieselbe Seite, welche vor dem Umwenden dem Licht zugewandt war, wird es also auch jetzt wieder und auf ihr entstehen, wie übrigens schon bemerkt, mit Ausnahme der zuerst gebildeten Partie, Spaltöffnungen, während die andere Seite baldigst nach dem Erscheinen der Seitensprosse Wurzelhaare und Blattlamellen produziert. Die Art und Weise des Zurückschlagens der Sprosse ist schon früher nach MIRBEL kurz angegeben und mehr noch als Worte vermögen dessen herrliche, in dieser Beziehung ganz korrekte Abbildungen den Vorgang zu versinnlichen. MIRBEL hat also die Ausbildung der Bilateralität an keimenden Brutknospen nur in ein zu frühes Entwicklungsstadium, noch vor das Erscheinen der Seitensprosse zurückverlegt.

Die Bilateralität wird also sofort mit dem Hervorwachsen der Seitensprosse aus den Brutknospen inhärent und zwar wird unter allen Umständen die beleuchtete zur anatomischen Oberseite, gleichviel ob diese der

<sup>1)</sup> An warmen Tagen kamen auch bei mir die Aussaaten in 24 Stunden bis zu diesem Entwicklungsstadium.



Erde oder dem Zenith zugewandt ist. Bei möglichst gleichmässiger Beleuchtung beider Brutknospenseiten, wie sie in den Experimenten geboten war, welche mit aus zwei durchsichtigen Glasplatten zusammengesetzten Feuchtkammern angestellt wurden, ist es mir nicht gelungen, die Entwicklung der Sprosse so weit zu bringen, dass Ober- und Unterseite ohne weiteres kenntlich waren. Brutknospen, die in dieser Weise Wurzelhaare getrieben und kleine Seitensprosse entwickelt hatten, wurden auf Erde oder Torf bald mit der dem Glas zuvor anliegenden, bald mit der vorher freien Seite übertragen, ohne dass ich indess durch diese Experimente zu einem bestimmten Resultate gelangt wäre. Bilateralität scheint auch bei beiderseitiger Beleuchtung immer mit dem Hervorwachsen der Sprossen ausgebildet zu sein, doch weiss ich nicht zu sagen, ob unter diesen Verhältnissen die zufällig etwas weniger Licht empfangende oder die dem Substrate anliegende Seite zur Unterseite bestimmt wird.

Brutknospen, welche auf Wasser schwimmend cultivirt werden, treiben auffallend schmale bandförmige Seitensprosse, die man den schmalen, von manchen laubigen Lebermoosen gebildeten Wassersprossen vergleichen kann. Die Oberseite der auf Wasser gebildeten Sprosse von *Marchantia* ist durch die Unfähigkeit Wurzelhaare erzeugen zu können und stellenweise vorhandene Intercellularräume sehr wohl ausgezeichnet, doch haben sich bei meinen Culturen niemals Spaltöffnungen gebildet; übrigens habe ich mir auch keine besondere Mühe gegeben deren Bildung zu erzielen. — Endlich sei hier auch noch bemerkt, dass, wenn Brutknospen derart vertikal gestellt sind, dass die beiden Seitensprosse aufwärts und abwärts wachsen müssen und einer derselben nicht zur Entwicklung kommt, es ebenso oft der dem Zenith als der der Erde zugewandte Spross ist.

Die wesentlichsten Resultate sind in Folgendem nochmals kurz zusammengefasst.

*Die Zellen, welche zu Wurzelhaaren auswachsen, sind schon auf den anatomisch und physiologisch gleichwerthigen Seiten der reifen Brutknospe durch ihren chlorophyll- und stärkefreien hyalinen Inhalt ausgezeichnet und sind im Durchschnitt auch ein wenig grösser als die übrigen Zellen der freien Aussenflächen.*

*Wenn die unentbehrlichen Entwicklungsbedingungen (genügende Feuchtigkeit, Temperatur und auch Licht) dargeboten sind, so haben alle hyalinen Zellen vermöge einer in den Brutknospen selbst entwickelten Kraft das Bestreben zu Wurzelhaaren hervorzuwachsen; diese eigene Kraft aber wird aufgehoben durch die Schwerkraft, wenn diese in einer entgegengesetzten Richtung thätig ist. Desshalb werden auf der frei dem Zenith zugewandten Brutknospenseite keine Wurzelhaare producirt, während sich dieselben auf der der Erde zugekehrten Seite unter allen Umständen bilden. Ausserdem wird auch durch die andauernde Berührung mit einem soliden Körper eine Kraft gewonnen, welche mindestens die hemmende Wirkung der Schwerkraft aufhebt, und so bilden sich immer auf der einem Substrate anliegenden Brut-*

knospenseite  
merkenst  
einem fest  
Ein  
Produktion  
saaten wa  
eine Entw  
können W  
len Seite  
Der  
tiven Hel  
Wen  
keinesweg  
wachsend  
unwiderr  
deren La  
seite, die  
lamellen  
ist die B

Die  
den Seit  
zu. Leg  
mit der  
Glasplatt  
fen Boge  
zugewan  
möglich  
bilden  
Auch au  
sen kein  
gen blie  
Lebermo  
zukehrt,  
ich es h  
achte,  
Bel  
und ebe  
auch w  
Fall ist,  
horizont



knospenseite, auch wenn diese zenithwärts gewandt ist. *Wurzelhaare.* Bemerkenswerth ist, dass Berührung mit Wasser nicht wie der Contact mit einem festen Körper wirkt.

Ein gewisses Mass von Beleuchtung ist nothwendig, um eine kräftige Produktion von Wurzelhaaren hervorzurufen; an im Dunklen gehaltenen Aussaaten werden gar keine oder doch nur spärliche Wurzelhaare gebildet und eine Entwicklung der Seitensprosse unterbleibt überhaupt gänzlich. Hingegen können Wurzelhaare sowohl auf der beleuchteten, als auch auf der beschatteten Seite der Brutknospen hervorwachsen.

Der Geotropismus der Wurzelhaare wird durch den sehr energischen negativen Heliotropismus derselben weit überwogen.

Wenn eine Brutknospe auch bereits Wurzelhaare trieb, so ist damit noch keineswegs Bilateralität induziert, sondern diese bildet sich erst an den hervorstwachsenden Sprossen aus, welchen sie aber auch gleich mit deren Erscheinen unwiderruflich inhärent wird. Die beleuchtete Seite der Sprosse, wie auch deren Lage sein mag, wird unter allen Umständen spaltöffnungsbildende Oberseite, die beschattete Seite zur Unterseite, welche Wurzelhaare und Blattlamellen hervorbringt. Auch nachdem die Seitensprossen sich gebildet haben, ist die Brutknospe selbst noch beiderseitig gleichwerthig.

Die Bilateralität kommt, wie den aus einer Brutknospe sich entwickelnden Seitensprossen, ebenso gut jedem beliebigen Thallus von *Marchantia* zu. Legt man einen älteren oder jüngeren Thalluslappen von *Marchantia* mit der Lichtseite auf Erde und hält ihn auf dieser durch übergelegte Glasplatten fest, so krümmt sich das fortwachsende Ende in einem scharfen Bogen nach rückwärts um, so dass die Oberseite wieder dem Licht zugewandt wird. Ist die Glasplatte so fest aufgelegt, dass dieses nicht möglich ist, so geht der Thallus nach längerer Zeit zu Grunde, nie aber bilden sich Wurzelhaare auf der mit Spaltöffnungen besetzten Oberseite. Auch aus der Aussenfläche männlicher und weiblicher Blütenstände wuchsen keine Haargebilde hervor, als jene wochenlang auf feuchtem Sand liegen blieben. Es ist bekannt, wie auch in der Natur der Thallus laubiger Lebermoose seine Oberseite, gleichsam wie ein Blatt, immer dem Lichte zugehrt, und wo diese Moose an der Decke von Klüften vegetiren, wie ich es bei *Marchantia*, *Fegatella conica* und *Preissia commutata* öfters beobachtete, da ist auch die Oberseite erdwärts gewandt.

Bekanntlich sind auch fast alle laubigen Lebermoose streng bilateral, und ebenso ist bei diesen immer die gleiche Seite dem Lichte zugewandt, auch wenn dieselbe ausnahmsweise erdwärts schaut, wie dies u. a. der Fall ist, wenn *Radula complanata* oder *Frullania dilatata* auf der Unterseite horizontaler Baumäste vegetiren. Wie bei diesen bei Neubildung von Pflanz-



chen Beleuchtung und Verdunklung oder Berührung mit einem Körper auf die Orientirung von Licht- und Schattenseite wirken, kann ich nicht sagen, an der Pflanze selbst aber sind Ober- und Unterseite nicht mehr umzukehren, wie dies schon daraus folgt, dass bei derselben Pflanze die Nebenblätter, wo solche vorhanden, immer auf der gleichen Seite sich finden. Ich brachte Pflänzchen von *Calypogeia Trichomanis* zwischen zwei durch Streifen von Pappdeckel auseinandergehaltene Glasplatten, deren untere auf dunklem Grunde lag. Dieser war die Oberseite der Pflänzchen zugewandt, während deren untere, mit Nebenblättern besetzte Seite beleuchtet wurde und nach dem Zenith schaute. Die den Vegetationspunkt umhüllenden Blätter wurden durch kleine, mit schwarzem Lack aufgetragene Punkte gekennzeichnet, und so stellte sich nach fast  $2\frac{1}{2}$  Monaten, von Anfang Juni bis Mitte August, ein Zuwachs von 10 bis 15 Mm. heraus, aber Ober- und Unterseite der neugebildeten Sprosse war ganz gleich wie an den übrigen Pflänzchen orientirt. Dabei suchte die fortwachsende Spitze der Pflänzchen sich rückwärts umzuwenden, um die Oberseite wieder dem Lichte zuzuwenden, was auch gelang, wenn die Pflänzchen nicht eng genug zwischen die Glasplatten eingeklemmt waren.

Auch bei *Selaginella* sind die bilateral ausgebildeten Seiten nicht umzukehren. Zwei Zweige einer in einem Topf vegetirenden Pflanze von *Selaginella Kraussiana* wurden am 6. Mai 1870 in umgekehrter Lage, die Unterseite also zenithwärts gewandt, zwischen zwei Glasplatten gebracht, deren untere auf dunklem Grunde lag und welche durch dünne Pappdeckelstreifen so auseinander gehalten wurden, dass die Zweige zwar nicht gepresst wurden, aber auch sich unmöglich umwenden konnten. Die ganze Zusammenstellung stand bis zum 20. August hinter einem Nordfenster und war mit einer grossen Glasglocke überdeckt. Zu Beginn des Versuches war auf eines der untersten Blätter jeder der an den eingeklemmten Zweigen wahrnehmbaren Dichotomien ein feiner Punkt mit schwarzem Lack aufgetragen worden, und am Ende des Experimentes stellte sich heraus, dass die Scheinaxen meist um 4 Fussstücke zugenommen hatten, von denen übrigens die jüngsten noch kurz waren. In einer Endknospe unserer *Selaginella* hat höchstens eine zweimalige Dichotomirung stattgefunden, bis die Sprosse auch ohne weitere Präparation zu erkennen sind, und da zu Anfang und Ende des Experimentes nur die ohne weiteres sichtbaren Dichotomien berücksichtigt wurden, so waren zwei Fussstücke der Scheinaxe jedenfalls während der Versuchsdauer neugebildet worden. Obgleich also hierbei die Unterseite die beleuchtete und zenithwärts gewandte war, so war doch weder in der Orientirung von Ober- und Unterseite, noch in den Grössenverhältnissen von Ober- und Unterblättern ein Unterschied gegenüber den früher gebildeten Sprossen wahrzunehmen.

Ich kann nicht sagen, ob bei neu entstehenden Pflänzchen von *Selaginella* und *Calypogeia* oder anderen beblättern Lebermoosen die Orienti-

rung der  
stehen wi  
sprossen  
beleuchtet  
so ist abe  
lilität stren  
umgewech  
oder ande  
trischer A  
müssen, s  
die von  
fasse ich  
über die  
horizontal  
Wege beg  
geordnete  
mit zwei

Die  
Ranken v  
Arbeit ze  
Marchanti  
und Echin  
Körper w  
hier kurz  
sendem w  
Ranken w  
gefäss bef  
Bei jedem  
herab, wa  
Stückes e  
gewandte  
dem raun  
in merkli

1) Dies  
Seite entsp  
wachsend a  
2) Allg  
3) Leh  
4) W  
Lehrb., II.  
5) Ueb  
u. p. 70 ff.  
6) Bew



zung der beiden heterogenen Seiten in einer ähnlichen Beziehung zum Licht stehen wird, wie es bei den aus den Brutknospen heranwachsenden Seitensprossen von *Marchantia* der Fall ist, bei welchen, wie ich nachwies, die beleuchtete Seite stets zur Oberseite wird. Wie am Thallus von *Marchantia*, so ist aber auch an Pflanzen von *Selaginella* und *Calypogeia* die Bilateralität streng inhärent<sup>1)</sup> und Ober- und Unterseite können in keiner Weise umgewechselt werden. Welche Beteiligung der Schwerkraft, dem Licht oder anderen von aussen einwirkenden Agentien bei bilateraler oder symmetrischer Ausbildung von Sprossen und Blättern anderer Pflanzen zukommt, müssen, soweit es eben angeht, experimentelle Untersuchungen entscheiden; die von HOFMEISTER<sup>2)</sup> über dieses Thema zusammengestellten Thatsachen, fasse ich mit SACHS<sup>3)</sup> meist wesentlich anders auf. WIESNER'S<sup>4)</sup> Ansicht über die Wirkung der Erdschwere auf Grössenverhältnisse der Blätter an horizontal oder schief stehenden Zweigen kann nur auf experimentellem Wege begründet werden, der freilich auch von WIESNER, aber in zu untergeordneter Weise betreten wurde, und zudem ergaben dessen Experimente mit zwei Arten von *Goldfussia* sowohl negative als positive Resultate.

Die Haustorien von *Cuscuta* und *Cassyta* und die Haftballen an den Ranken von *Ampelopsis* entstehen, wie H. v. MOUL<sup>5)</sup> in einer klassischen Arbeit zeigte, nur bei Berührung mit irgend einem Gegenstand. Wie bei *Marchantiabrutknospen*, und nach DARWIN<sup>6)</sup> auch bei Ranken von *Passiflora* und *Echinocystis*, die Berührung mit Wasser nicht wie die mit einem festen Körper wirkt, so ist es auch bei Ranken von *Ampelopsis* der Fall, wie die hier kurz mitzutheilenden Experimente zeigen, welche an im Freien wachsendem wildem Wein vorgenommen wurden. Noch im Wachstum begriffene Ranken wurden in Wasser getaucht, welches sich in einem grösseren Glasgefäss befand, und durch Festbinden der Zweige in fester Stellung gehalten. Bei jedem Experimente hing die Mehrzahl der Ranken frei in das Wasser herab, während einige gegen die Fläche eines in dem Wasser liegenden Stückes eines Dachziegels gestemmt waren. Bei 5, von 9 überhaupt angewandten Ranken, hatte die Bildung der Haftballen an verschiedenen mit dem rauhen Ziegelstück in Berührung stehenden Stellen nach 3—5 Tagen in merklicher Weise begonnen, während bei 14 Ranken, welche frei in das

1) Dies ist offenbar auch beim Epheu der Fall, dessen Haftwurzeln immer auf gleicher Seite entspringen, auch wenn Zweige frei herabhängen oder etwa über eine Mauer hinauswachsend allseitig beleuchtet sind. Vgl. SACHS, Lehrb., 2. Aufl., p. 672.

2) Allg. Morpholog. § 23 u. 24.

3) Lehrbuch, 2. Aufl., p. 185.

4) WIESNER, in Sitzb. d. k. k. Akad. 1868, Bd. LVIII, Sptabdr. — Vgl. auch SACHS Lehrb., II. Aufl., p. 634.

5) Ueber den Bau und das Winden von Ranken und Schlingpflanzen, 1827, p. 429 ff. u. p. 70 ff.

6) Bewegung d. Schlingpflanzen, im Auszug in Flora 1866, p. 323.



Wasser herabhängen, niemals die geringste Produktion von Haftballen wahrzunehmen war, obgleich die Versuche jedesmal so lange fortgesetzt wurden, bis die Ranken zu Grunde gingen. Uebrigens kommen auch, wenn man nicht unter Wasser, sondern in freier Luft experimentirt, sehr gewöhnlich nicht an allen Ranken Haftballen zum Vorschein, da deren Bildung von einem gewissen Altersstadium der Ranke abhängig und dieses nicht ohne weiteres mit genügender Sicherheit zu erkennen ist.

Die Bildung der Haftballen an den Ranken des wilden Weines geschieht auch im Dunklen, aber auch hier nur unter dem Einfluss des Contactes mit einem soliden Körper. Ueber ein weithalsiges Glasgefäss befestigte ich einen Pappdeckel, in welchen Löcher geschnitten waren, um die Ranken hindurchzustecken, und wenn dies geschehen war, so wurden diese Ausschnitte mit Baumwolle ausgestopft, um Zutritt von Licht möglichst zu verhindern. Die Gläser selbst waren mit schwarzem Papier überklebt und nur ein Fenster offen gelassen, welches nach Zusammenstellung des Experimentes gleichfalls mit schwarzem Papier überdeckt wurde. Bei verschiedenen Versuchen kam an 13 frei in den dunklen Raum herabhängenden Ranken keine Bildung von Haftballen zu Stande, während diese dreimal bei sechs Versuchen gebildet wurden, in welchen die Ranken gegen einen in dem Glase befindlichen Ziegelstein gestemmt waren. Uebrigens kam es auch hier nur zur Produktion sehr kleiner Haftballen, da die Ranken im Dunklen bald zu Grunde gingen.

Voraussichtlich wirkt auch bei *Cuscuta* Wasser nicht als Contactsubstanz, und dass bei dieser Pflanze die mit der Appression an eine dunkle Stütze nothwendig verbundene einseitige Verdunklung des schlingenden Stammes mit der Bildung der Haustorien nichts zu thun hat, folgt daraus, dass diese auch dann entstehen, wenn eine Glasröhre als Stütze dient. Die Haustorien von *Cuscuta*<sup>1)</sup> sind wirkliche, in Folge der Appression entstehende Neubildungen, welche an jeder beliebigen Stelle des Stammes hervorwachsen können. Auch die Haftballen der *Ampelopsis* können an verschiedenen Stellen der Ranke neugebildet werden, ausserdem aber findet sich hinter der Spitze eines jeden Rankenastes, auf dessen Oberseite, ein kleiner, dunklergefärbter Höcker, welcher gewissermassen die Anlage eines Haftballens vorstellt, die bei Berührung mit einem festen (rauen) Körper zur Weiterentwicklung angetrieben wird. Diese Fortbildung findet nur durch Wirkung des Contactes (Druckes) statt, während bei den Brutknospen von *Marchantia* die in den hyalinen Zellen der Anlagen nach vorhandenen Wurzelhaare auch ohnedies hervorwachsen, wenn nur die in entgegengesetzter Richtung wirkende Schwerkraft kein Hinderniss bildet und sofern nur Wasser von den Brutknospen aufgenommen werden kann.

Die Luftwurzeln (Wurzelranken MONT'S) von *Vanilla* bringen nach von MONT<sup>2)</sup>

1) Vergl. ausser MOHL'S citirter Arbeit auch ULORN, in Flora 1860, p. 275 ff.

2) L. c., p. 49.

an den  
kommen  
heit die  
Luftwur  
fand ich  
mit ein  
von Zw  
auch wa  
haare a  
Schwere  
Fällen F  
Das  
aus den  
ist nich  
in flüss  
unter e  
nen Gla  
Längen  
aufsties  
um, wa  
Wurzeln  
gehalter  
fach kre  
des kop  
sichtiger  
den Sch  
hervor,  
kann a  
gültig is  
folgt au  
trägersp  
brechen  
W  
nicht w  
auch be  
hängen  
Endes  
Ende in  
Erschei  
Saugdo

1) V  
2) V  
Arbei



an den Stellen, mit welchen sie mit irgend einem Körper in Berührung kommen, einen Filz von Wurzelfäserchen hervor. Ich hatte nicht Gelegenheit die zweifellos genauen Beobachtungen Mont's an Vanilla oder andern Luftwurzeln von Orchideen zu wiederholen; an den Wurzeln vieler Pflanzen fand ich indess die Wurzelhaare auch dann gebildet, wenn eine Berührung mit einem Körper nicht stattgefunden hatte, so z. B. an Keimpflänzchen von Zwiebeln, Bohnen, Erbsen, Mais u. a. Ferner erscheinen bei diesen, auch wenn die Wurzeln in horizontaler Richtung fortwachsen, die Wurzelhaare auf allen Seiten; ihre Bildung wird also nicht von dem Zuge der Schwere beeinflusst. Bekannt ist übrigens, dass Verfinsterung in manchen Fällen Produktion von Wurzeln und Wurzelhaaren begünstigt.<sup>1)</sup>

Das Hervorbrechen der schon der Anlage nach vorhandenen Wurzeln aus den Wurzelträgern von Selaginella, wenn diese den Boden erreichen, ist nicht etwa die Folge einer Kontaktwirkung, sondern wird nur durch die in flüssiger Form dargebotene Feuchtigkeit veranlasst. Wurzelträger einer unter einer Glasglocke cultivirten Selaginella sulcata wurden so über trocknen Glasplatten, Pappdeckel und Sand angebracht, dass sie nach kurzen Längenwachsthum möglichst genau senkrecht auf die genannten Substrate aufstießen. Auf der Glasplatte und dem Pappdeckel bogen sich die Spitzen um, während dieselben in Sand eindringen, ohne dass indess jemals die Wurzeln hervorbrachen. Sind hingegen der Pappdeckel oder der Sand feucht gehalten, so beginnen auch  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Tage nach dem Auftreffen die vielfach kreuzweise dichotomirenden Wurzeln zu erscheinen, während die Zellen des kopfförmig angeschwollenen Endes des Wurzelträgers in einen durchsichtigen, die Wurzeln anfangs verhüllenden, weiterhin aber verschwindenden Schleim zerfließen.<sup>2)</sup> Ebenso leicht aber brechen auch die Wurzeln hervor, wenn man einen Wurzelträger in Wasser tauchen lässt, und man kann auf diese Weise herrliche Präparate erziehen. Da es hierbei gleichgültig ist, ob das Licht Zutreten kann oder möglichst abgehalten ist, so folgt auch, dass die Verfinsterung, welche mit dem Eindringen der Wurzelträgerspitzen in die Erde verbunden ist, keine Bedingung für das Hervorbrechen der Wurzeln ist.

Wir haben schon mehrere Beispiele kennen gelernt, wo das Wasser nicht wie die Berührung mit einem festen Körper wirkte, und ebenso ist es auch bei Selaginella, wie die folgenden Experimente zeigen. Ein frei herabhängender Wurzelträger wurde 15 bis 20 Mm. oberhalb des kopfförmigen Endes mit einem dünnen Saugdocht umschlungen, der mit dem anderen Ende in ein Gefäß mit Wasser tauchte. Nach zwei Tagen machte sich das Erscheinen der Wurzeln schon bemerklich, doch hatte hierbei das vom Saugdocht herabrieselnde Wasser sich in Tröpfchen an der Spitze der

1) Vgl. SACHS Lehrbuch 2. Aufl., p. 618.

2) Vgl. NÄGELI u. LEITGER, Beiträge z. wiss. Botanik Hft. IV, p. 126.



Wurzelträger ansammeln können, und deshalb richtete ich zwei in gleicher Weise mit einem Saugdocht umschlungene Wurzelträger vertikal aufwärts. Hier konnte das Wasser vermöge seiner Adhäsion kaum bis zur Spitze des Wurzelträgers steigen, und dennoch hatte, wenn auch erst nach 3 Tagen, das Hervorbrechen der Wurzeln begonnen, welche hier freilich langsamer, als in Wasser tauchende, weiterwuchsen, was natürlich nicht Wunder nehmen kann. Jedenfalls ist aber mit diesen Experimenten der mögliche Einwand beseitigt, dass bei Wurzelträgern von Selaginella die Berührung mit Wasser wie die mit einem soliden Körper wirkt und bei den mit trockenen Glasplatten, Pappdeckel und Sand angestellten Experimenten eben nur wegen Mangel an Feuchtigkeit das Erscheinen der Wurzeln unterblieb. Damit folgt aber, »dass allein in Folge der Aufnahme von Wasser, die in dem kopfförmigen Ende der Wurzelträger bereits ihrer Anlage nach vorhandenen Wurzeln hervorbrechen«, und dass hierbei die Schwerkraft unbetheiligt ist, geht aus dem zuletzt angeführten Experimente mit vertikal aufwärts gestellten Wurzelträgern hervor.

Bei den hier behandelten Pflanzen sahen wir, dass Bilateralität, wenn sie vorhanden, auch inhärent war, wie es auch bei anderen Fällen meist der Fall zu sein scheint. Auf weitere Auseinandersetzungen verzichte ich übrigens und verweise auf die Behandlung, welche SACUS<sup>1)</sup> in neuester Zeit diesem Thema, das erst durch ausgedehnte Untersuchungen genügend aufgeklärt werden kann, angedeihen liess. Aus meinen Versuchen geht aber auch hervor, dass die Wirkung von aussen influirender Kräfte eine ganz ungleiche bei verschiedenen Objekten sein kann und man sich hier wohl hüten muss, aus einer Anzahl bekannter Fälle allgemeine Schlüsse ableiten zu wollen.

Dr. A. FRANK fand nach einer mittlerweile erschienenen Schrift (Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen) bei allen Versuchsobjekten Bilateralität schon den Knospen inhärent. Nur bei den Nadelhölzern war in den jugendlichsten Laubknospen noch keine Bilateralität ausgebildet; die Oberseite orientirte sich bei Weiterentwicklung der Knospen hier stets so, dass sie zenithwärts gewandt war.

1) Lehrbuch, 2. Aufl. p. 485 ff.

Ueber  
die stü

Der  
dische V  
wachsth  
aus der  
Untersu  
fortgeset  
Verbind  
Jahre sp  
in dies  
VRIESE  
schlägig  
(1867)

Zu  
wirklich  
dauer a  
zeigt, d  
die Auf  
peratur  
zu bear  
seits di  
der Be  
erschie  
holte L  
oder g  
währen  
Tagesz  
Arbei



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1874

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Pfeffer W.

Artikel/Article: [Studien über Symmetrie und spezifischer Wachstumsursachen 77-98](#)