Physiologische Notizen.

Von

Julius Sachs.

V.

Ueber latente Reizbarkeiten.

§ 1. Das biologische Verhalten der Epiphytenwurzeln lässt sich auf eine Reihe verschiedener Reizbarkeiten zurückführen, die zusammen das biologische Gesammtbild hervorrufen, das uns die Reisenden in den letzten Jahren wiederholt geschildert haben. Bei meinen langjährigen Wurzelstudien konnte ich schon früher feststellen, dass die wichtigsten und wesentlichsten Reizbarkeiten der Epiphytenwurzeln in mehr oder minder hohem Grade ausgebildet, auch an den gewöhnlichen Erdwurzeln der Trockenlandpflanzen zu finden sind. Da diese letzteren aber im Erdreich verborgen, also der täglichen Beobachtung völlig entzogen sind, so mussten diese Reizbarkeiten als latente Energien unbekannt bleiben, bis man es versuchte, die gewöhnlichen Erdwurzeln in durchsichtigen Medien, in Wasser oder feuchter Luft, wachsen zu lassen.

So gelang es mir, den Hydrotropismus der Erdwurzeln und die Fähigkeit derselben, sich, ähnlich wie Ranken, um Stützen zu winden, festzustellen; und letztere Reizbarkeit ist offenbar ganz eng verbunden mit derjenigen, welche die Wurzeln zwingt, sich an die Unebenheiten einer flachen Stütze, eines dicken Baumstammes, einer Mauer, einer Felswand u. s. w. fest anzuschmiegen. In diesen Fällen pflegt zugleich, besonders bei den Epiphytenwurzeln, ein Wachsthumsreiz sich geltend zu machen, der zweierlei Erscheinungen hervorruft: einerseits, wie schon Leitgeb vor langen Jahren feststellte, brechen aus der Berührungsfläche zahlreiche Wurzelhaare hervor, die zu einer festeren

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00005-3

Verbindung mit der Unterlage und zur Ernährung beitragen, was bei den Erdwurzeln natürlich durch die allseitige Berührung mit dem Boden auch allseitig an den Wurzelfäden stattfindet. Anderseits kann man in unseren Warmhäusern leicht wahrnehmen, dass durch die dauernde Berührung der Luftwurzeln der Epiphyten mit einer Mauer und dergleichen, gerade so wie durch das Eindringen derartiger Luftwurzeln in Erde, die Verzweigung hervorgerufen oder gesteigert wird.

Ferner macht sich ein Wachsthumsreiz an den Wurzeln darin geltend, dass sie durch Dunkelheit und Feuchtigkeit zu lebhafterem Wachsthum und Verzweigung veranlasst werden: an den Kürbispflanzen z. B. entstehen neben den Laubblattbasen rechts und links Wurzelanlagen, die sich aber nur dann entwickeln, wenn die betreffenden Stammknoten sich im Dunkeln befinden, und noch kräftiger wird das Wachsthum und die Verzweigung derselben, wenn sie Gelegenheit haben, in irgend eine feuchte Unterlage einzudringen.[1])

Der negative Heliotropismus der meisten Wurzeln, sei es, dass dieselben für gewöhnlich in der Erde wachsen, oder als Luftwurzeln vegetiren, ist schon lange allgemein bekannt und braucht hier nur kurz erwähnt zu sein.

Diese verschiedenen Reizbarkeiten der Wurzeln sind von den neueren Biologen vielfach zur Erklärung des Verhaltens der tropischen Epiphyten mit Recht benutzt worden. Dagegen finde ich nicht, dass eine höchst merkwürdige Thatsache, die ich schon 1874 beschrieben habe,[2]) bei der Erklärung der Epiphytenwurzeln hinreichend ausgenutzt worden wäre. Es betrifft dies die verschiedenen Formen oder Gradationen des Geotropismus der Wurzeln. Ich zeigte damals, dass, wie allbekannt, die Hauptwurzeln der Samenkeime den eigentlichen positiven Geotropismus besitzen, desshalb vertical abwärts wachsen (also orthotrop sind); die aus den Hauptwurzeln entspringenden Nebenwurzeln erster Ordnung fand ich allerdings auch geotropisch reizbar, aber in ganz anderer Art, als ihre Mutterwurzeln; ich zeigte, dass sie unter der Einwirkung der Gravitation zwar Krümmungen machen, aber ohne die verticale Richtung abwärts zu erreichen; vielmehr werden die Nebenwurzeln erster Ordnung durch ihren eigenthümlichen Geotropismus veranlasst, bestimmte schiefe Richtungen gegen den

---

1) Vergl. meine „Vorlesungen“ 2. Aufl. p. 539 und „Gesammelte Abhandlungen“ 1892 Bd. II p. 1173.

2) J. Sachs, „Gesammelte Abhandlungen“ p. 910.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00006-9

Erdradius anzunehmen,[1]) und zwar hängt der Winkel, den sie mit diesem schliesslich machen, von dem Ursprung der Nebenwurzeln ab, ob sie nämlich näher an der Basis der Hauptwurzel oder entfernter von derselben entstehen: jede Nebenwurzel erster Ordnung hat also, wie ich es nannte, ihren besonderen geotropischen Eigenwinkel.

Bei den Nebenwurzeln zweiter Ordnung, welche aus denen erster Ordnung entspringen, konnte ich constatiren, dass dieselben bei den untersuchten Keimpflanzen überhaupt nicht geotropisch sind, dass sie vielmehr aus ihren Mutterwurzeln geradlinig hervorwachsen, nach unten und oben, nach rechts und links, ohne irgend welche geotropische Krümmung zu zeigen.

Weitere Beobachtungen lassen es nun zweckmässig erscheinen, diese Verteilung des Geotropismus in etwas anderer Formulirung auszusprechen. Die Hauptwurzeln der Keimpflanzen sind ja überhaupt nur ein specieller Fall; der allgemeine Fall, unter den sie zu rechnen sind, ist der, dass Wurzeln aus einer Sprossachse entspringen, was ja bei den Hauptwurzeln der Samenkeime auch der Fall ist; aber tausendfach häufiger ist es, dass solche Wurzeln nicht gerade aus der Basis eines Keimsprosses sich bilden, sondern an beliebigen Stellen von kräftigen Laubsprossen entspringen, was zumal an Rhizomen, Stolonen, Knollen, selbst Blattstielen ganz gewöhnlich vorkommt. Alle diese aus Sprossachsen entspringenden Wurzelfäden (die Hauptwurzeln der Keimpflanzen mit eingeschlossen) könnten wir zweckmässig ein für allemal als primäre Wurzeln, die aus ihnen entspringenden Fäden als secundäre, die aus diesen kommenden als tertiäre u. s. w. bezeichnen. Es ist bekannt und für unseren Zweck nicht überflüssig zu bemerken, dass die Wachsthumsenergie bei den primären Wurzeln gewöhnlich am stärksten ist, sie werden am dicksten und längsten; bei den secundären und tertiären u. s. w. Wurzeln nimmt sowohl die Dicken- wie die Längenentwicklung gradatim ab, was ganz besonders schön und deutlich bei den monokotylen Sumpf- und Wasserpflanzen zu beobachten ist.

Diese hier angedeuteten geotropischen Eigenschaften der Wurzeln verschiedener Ordnung sind, wie schon oben erwähnt, bei der Erklärung des Verhaltens vieler Epiphytenwurzeln, meiner Ansicht nach,

---

1) D. h. sie sind plagiotrop in Beziehung zur Richtnng der Schwerkraft: wir könnten vielleicht sagen „baryplagiotrop“ im Gegensatz zu den „helioplagiotropen“ oder „photoplagiotropen“ Organen (zu welch' letzteren die Kletter- und Schwebesprosse des Epheus, die Flachssprosse der Marchantien u. a. gehören).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00007-5

zu wenig berücksichtigt worden; um nur auf einen Punkt hinzuweisen, dürften hier wohl diejenigen Epiphyten zu erwähnen sein, welche sogenannte Humusnester in ihren Blattrosetten bilden, wie *Asplenium Nidus* u. a.: die Fähigkeit dieser Pflanzen, Wurzeln aufwärts wachsen zu lassen, damit sie in das Humusnest eindringen, um die Pflanze zu ernähren, ist offenbar nur eine weitere Ausbildung der von mir entdeckten Eigenschaft gewisser Wurzelfäden, nicht geotropisch oder vielleicht sogar mit negativem Geotropismus begabt zu sein, was für einzelne Fälle erst noch genau untersucht werden müsste. —

Diese für die Epiphyten so wichtige Eigenschaft gewisser Wurzelfäden, unbekümmert um den Geotropismus nach allen Richtungen, also auch aufwärts zu wachsen, kommt bei den gewöhnlichen Trockenlandpflanzen nur desshalb nicht zu alltäglicher Anschauung, weil die aus dem Boden heraus wachsenden tertiären, quartären u. s. w. Wurzelfäden in eine für sie höchst ungünstige Lage gerathen, wie ich dies schon 1874 loco citato und bei früheren Gelegenheiten angedeutet habe. Die nicht geotropischen Wurzelfäden höherer Ordnung, wenn sie zufällig nach oben wachsen, also aus der Erde in die Luft hinaustreten, vertrocknen einfach, schon weil sie sehr dünn sind, und selbst bevor sie heraustreten kommen sie in die obersten Erdschichten, wo sie das zu ihrem Gedeihen nöthige Wasser nicht vorfinden. Dass dies die richtige Erklärung für die besprochene Thatsache ist, lässt sich leicht beweisen: wenn Blumentöpfe mit kräftig wachsenden Pflanzen in dunkelen und luftfeuchten Räumen stehen, dann kann man ganz gewöhnlich wahrnehmen, wie zahlreiche dünne Wurzelfäden aus der Erde herauswachsen, was zumal bei Palmen und anderen Monokotylen ganz gewöhnlich geschieht; ein sehr einfaches Experiment macht die Sache noch deutlicher: man braucht z. B. nur Blumentöpfe oder Untersätze zu solchen umgekehrt auf die Oberfläche der Erde im Garten zu legen, wo die Gartenerde wie gewöhnlich von unzähligen horizontal oder schief ausstreichenden secundären und tertiären Wurzelfäden der benachbarten Pflanzen und Bäume durchzogen ist. Dann findet man nach einigen Wochen, dass unter den genannten Bedeckungsgegenständen zahlreiche dünne Wurzelfäden aus der Erde in die Luft herauswachsen und zwar um so mehr, je feuchter diese ist; es sind das eben die nicht geotropischen Wurzeln der zweiten, dritten u. s. w. Ordnung, die sehr bald vollständig verschwinden, wenn man die Bedeckung aufhebt, ja man kann auf diese Art, wenn man die Verhältnisse variirt, ganze kräftige Wurzelsysteme aus der Erd-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00008-1

oberfläche aufwärts wachsen lassen, besonders wenn man zwischen kräftig wachsenden Pflanzen im Garten an einzelnen Stellen feuchte Erde aufhäuft oder einen mit lockerer feuchter Erde gefüllten Blumentopf umgekehrt aufstellt.

Diese in der vorliegenden Notiz vielleicht etwas zu ausführlich scheinende Darlegung glaubte ich desshalb nicht umgehen zu sollen, weil sie so recht deutlich zeigt, dass gewisse Erscheinungen an den Epiphytenwurzeln sich ohne Weiteres aus den Eigenschaften gewöhnlicher Erdwurzeln von Trockenlandpflanzen ableiten lassen; es ist ja gerade die Aufgabe dieser Notiz, derartige Beziehungen klar zu legen.

§ 2. Die Vergleichung der gewöhnlichen Erdwurzeln mit denen der Epiphyten ergibt also die Thatsache, dass die Eigenschaften der letzteren nichts wesentlich Neues enthalten, sondern nur als weiter ausgebildete Eigenschaften der Erdwurzeln zu betrachten sind, was ja um so eher einleuchten dürfte, als man doch wohl genöthigt ist, die Epiphyten als solche Pflanzenarten zu betrachten, die von gewöhnlichen Trockenlandpflanzen, vielleicht auch Sumpfpflanzen abstammen und, wenn sich unter den Epiphyten ganz vorwiegend nur die Vertreter einer kleineren Anzahl von Familien vorfinden, so darf man wohl annehmen, dass zur Begründung echt epiphytischer Lebensweise nicht allein die genannten Eigenschaften der Wurzeln nöthig sind, dass es vielmehr auch darauf ankam, ob die betreffenden Pflanzenarten auch im Stande waren, die Eigenschaften ihrer Wurzeln im Sinne des Epiphytismus weiter auszubilden; denn die Vergleichung der echten Epiphyten, zumal unter den Orchideen, Aroideen und Farnen, zeigt, dass zwar die erwähnten principiellen Eigenschaften ihrer Wurzeln mit den Reizbarkeiten gewöhnlicher Erdwurzeln übereinstimmen, dass sie aber doch weiter ausgebildet sind, um der epiphytischen Lebensweise zu dienen (vergl. z. B. das Velamen der epiph. Orchideen). Aber nicht allein darauf kommt es an, sondern auch die Laub- und Blüthensprosse der sich zu Epiphyten umbildenden Pflanzen mussten gewisse Eigenschaften besitzen, die es ermöglichten, dass bei den betreffenden Species die zwischen Wurzeln und Sprossen nöthigen Correlationen eintreten konnten, vermöge deren überhaupt erst die epiphytische Lebensweise möglich wurde. Die Schilderungen der Biologen bieten Anhaltspunkte genug, Betrachtungen in dieser Richtung anzustellen, indessen würden solche mich von dem Thema dieser Notiz zu weit abziehen; denn es kommt mir nicht darauf an, hier über Epiphyten zu schreiben, sondern nur an diesen ein Beispiel für Betrachtungen ganz anderer Art zu finden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00009-9

Den Anlass zu letzteren gab eine Reihe von Vegetationsversuchen im Sommer 1892, die mir zeigten, dass man entsprechend den theoretischen Darlegungen wirklich im Stande ist, das gesammte Wurzelsystem einer echten Trockenlandpflanze sich so entwickeln zu lassen, dass man es ohne Weiteres mit dem Wurzelsystem eines echten Epiphyten vergleichen kann, wobei man aber den Vorteil hat, schon im Voraus zu wissen, wie das Verhalten jedes einzelnen Wurzelfadens zu erklären ist.

Zu diesen Versuchen hatte ich das *Solanum tuberosum*, unsere gemeine Kartoffel, gewählt, eine Pflanze, deren biologische Verhältnisse mir seit langen Jahren durch zahlreiche Vegetationsversuche genau bekannt sind, was bei der Anstellung von physiologischen Untersuchungen immer als entscheidend für die Wahl der Versuchspflanze gelten sollte. Zudem hat die Kartoffelpflanze gerade für solche Untersuchungen einen ganz besonderen Werth, wo es darauf ankommt, die Wachsthumsprocesse der Organe ungestört verlaufen zu sehen, weil in den grossen Knollen eine verhältnissmässig enorme Quantität von Bildungsstoffen und Vegetationswasser enthalten ist, so zwar, dass selbst im normalen Verlauf der Vegetation die Masse der Reservestoffe nicht einmal vollständig verbraucht wird; dies ist bei Vegetationsversuchen, welche Auskunft über die Gesetze des Wachsthums geben sollen, von ganz besonderem Werth, weil dadurch die aus Nahrungsmangel entspringenden Uebelstände vermieden werden. Zu alldem kommt aber noch, dass die Kartoffelknollen in den Frühjahrsmonaten (April, Mai, Juni) gleich manchen anderen Pflanzen von einem merkwürdigen Wachsthumsdrange beherrscht werden, der sie veranlasst, selbst unter ungünstigen Verhältnissen ihre Sprosse und Wurzeln zu kräftigem Wachsthum zu bringen. Eine weitere für meinen Zweck wichtige Eigenschaft dieser Pflanze ist es, dass aus einer Knolle zahlreiche Sprosse austreiben und dass neben und über den Seitenknospen dieser Sprosse je 3, 5, 7 Wurzelfäden herauswachsen.[1]) Ist also die Kartoffelknolle einmal zu ihrer Keimung animirt, so kommen auch binnen wenigen Tagen zahlreiche primäre, secundäre, tertiäre Wurzelfäden zum Vorschein, wogegen man bei Samen-Keimpflanzen, wie z. B. denen der Bohne, längere Zeit warten muss, bis aus der Hauptwurzel zahlreiche Nebenwurzeln entstehen, wodurch der Vegetationsversuch schwieriger wird. Endlich haben die Wurzeln der Kartoffeltriebe noch die, für meine Versuche günstige, Eigenschaft, dass sie,

1) Die Knolle selbst erzeugt bei *Sol. tuberosum* bekanntlich keine Wurzeln.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00010-0

im Vergleich zu sehr vielen anderen kräftig wachsenden Pflanzen, auffallend dünn sind. Wer mit Vegetationsversuchen weniger vertraut ist, könnte wohl glauben, dass gerade darin ein Uebelstand zu finden sei, denn dünne Wurzelfäden sind äusserst empfindliche Objecte, deren Reizbarkeit man ohne Weiteres mit der der thierischen Nerven vergleichen darf. Die aus den Knollensprossen unmittelbar entspringenden primären Wurzeln der Kartoffelpflanze sind etwa 1 mm dick, die secundären kaum 0,2, die tertiären vielleicht 0,1 mm dick und diejenigen höherer Ordnung nicht viel dicker, als ein Menschenhaar; so ist es wenigstens bei den in feuchter Luft wachsenden Wurzeln der Versuchspflanzen; in Erde sind sie dicker.

Aber gerade diese geringe Dicke der Wurzelfäden befähigt sie, auf Krümmungsreize, auch wenn diese sehr schwach sind, rasch zu antworten, denn jede krümmende Ursache, gleichgiltig, ob sie rein mechanischer Natur ist, oder von Reizbarkeit abhängt, muss um so rascher krümmend wirken, je dünner das betreffende Organ ist.

Diese Eigenschaften der Wurzelfäden von *Sol. tuberosum* sind es, die es ermöglichen, das gesammte Wurzelsystem einer solchen Pflanze so wachsen zu lassen, als ob sie ein Epiphyt wäre; ich zweifle aber nicht nach meinen früheren Erfahrungen, dass sehr viele andere Pflanzenarten sich ähnlich verhalten: 1871 habe ich sogar schon Versuche mit Keimpflanzen von *Vicia Faba,* Erbsen, Mais u. a. beschrieben, von denen man ebenfalls sagen kann, dass sie unter geeigneten Umständen wie Epiphytenwurzeln wachsen. [1])

Im April des vorigen Jahres befestigte ich einige mittelgrosse Kartoffelknollen, deren Keimtriebe soeben zu wachsen begannen, an dem oberen Ende von 50 cm langen, 2—3 cm dicken, cylindrischen Holzstäben. Diese Stäbe standen aufrecht in sehr grossen Glascylindern, deren Boden mit nassem Sand bedeckt war. Die obere Oeffnung der Glascylinder war so zugedeckt, dass der innere Raum nahezu dampfgesättigt bleiben konnte, während doch gleichzeitig ein Luftwechsel ermöglicht war. Das Ganze wurde mit einem undurchsichtigen Recipienten aus Pappdeckel überdeckt: der Versuch verlief also unter Lichtabschluss und heliotropische Wirkungen waren ausgeschlossen, wogegen die anderen genannten Reizbarkeiten der Wurzelfäden in Action treten konnten. Es ist dies von einigem Gewicht, weil ich glaube, dass man bei der Beurtheilung der Epiphytenwurzeln dem

1) Vergl. J. Sachs, „Gesammelte Abhandlungen“ Bd. II p. 971.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00011-6

negativen Heliotropismus derselben mehr Bedeutung beilegt, als gerade nöthig wäre.

Nach 5—6 Wochen hatten sich nun aus den Kartoffelknollen, d. h. aus ihren Sprossen, reich verzweigte Systeme von dünnen Wurzelfäden entwickelt. Die primären, unmittelbar aus den Sprossen entspringenden, etwa 1 mm dicken Fäden, hatten sich sofort, wie die Hauptwurzln von Samen-Keimpflanzen, positiv geotropisch abwärts gekrümmt, waren, wie der Zufall es bot, an die Holzstäbe gerathen, hatten sich diesen fest angeschmiegt und waren beinahe geradläufig an den Stäben, dicht angeschmiegt hinabgewachsen. Es waren also zwei Haupteigenschaften dieser, sonst in der Erde wachsenden, Wurzeln ausgeprägt: ihr ganz entschiedener positiver Geotropismus und ausserdem die Eigenschaft, sich einem festen Körper dabei dicht anzuschmiegen. Wo eine solche primäre Wurzel, die an dem Stab hinabgelaufen war, in den Sand eindrang, da wurde sie viel dicker und wuchs überhaupt weit kräftiger, zum Beweis der, auch sonst von mir constatirten, Thatsache, dass die allseitige Berührung mit festem Material für die Wurzeln eine Begünstigung des Wachsthums darstellt.

Die secundären, viel dünneren Wurzelfäden, welche sehr zahlreich aus den beschriebenen primären entspringen, aber nur die Länge von 5—8 cm erreichen, verhielten sich verschieden von einander und zwar in leicht verständlicher Weise: rechts und links von jeder primären Wurzel kommt eine Reihe von secundären zum Vorschein, die sich sogleich fest an den Stab anlegen und unter einem Winkel von etwa 45 bis 80 ° abwärts geneigt dem Stabe dicht angeschmiegt, also spiralig gekrümmt, hinlaufen; es ist dies die eingangs erwähnte Erscheinung, dass secundäre Wurzeln zwar geotropisch sind, aber nur einen bestimmten Neigungswinkel erreichen,[1]) auch wurde dies nicht gestört durch die Anschmiegung an den festen Körper. — Aber eine Reihe secundärer dünner Wurzelfäden aus denselben primären Wurzeln hatten sich keineswegs dem Stabe, wie die vorigen angeschmiegt: sie waren frei in die feuchte Luft hinaus gewachsen und ebenfalls mehr oder weniger abwärts gerichtet. Es leuchtet aber ein, dass diese Wurzeln nicht etwa andere Reizbarkeiten besassen, als die vorigen; vielmehr wurde ihr genanntes Verhalten dadurch bestimmt, dass sie auf der, dem Stab abgewendeten Aussenseite der Mutterwurzel entsprangen. Dadurch war ihre Wachsthumsrichtung von Anfang an in ungefähr radialer Richtung von dem Stabe abgekehrt und es ist

1) Vergl. J. Sachs, „Gesammelte Abhandlungen“ Bd. II p. 897 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00012-1

keine Ursache denkbar, warum ein solcher Wurzelfaden sich rechts oder links nach dem Stabe hin hätte krümmen sollen, denn ein starker Hydrotropismus, der bei radial schiefem Wachsthum einer solchen Wurzel sie nach dem Stabe hin hätte ziehen können, konnte in der nahezu dampfgesättigten Luft kaum wirksam werden.[1])

Endlich sind auch noch die Wurzelfäden dritter und vierter Ordnung zu erwähnen. Sie sind, wie eingangs gesagt, überhaupt nicht oder äusserst schwach geotropisch; sie entspringen an den secundären Fäden aufwärts oder abwärts gerichtet und bleiben der Oberfläche des Stabes dicht angeschmiegt; einzelne wachsen auch (wenn sie auf der Aussenseite ihrer Mutterwurzel entspringen) radiär auswärts.

Wir dürfen nicht vergessen, dass dies alles in einem luftfeuchten Raume geschah und ohne Einwirkung des Lichts; es konnte also von den Reizbarkeiten der Wurzelfäden nur die verschiedenen Grade des Geotropismus, des Hydrotropismus und die Reizbarkeit für Berührung, Druck, Reibung mit einem festen Körper in Betracht kommen;[2]) der negative Heliotropismus war selbstverständlich ausgeschlossen.

Die Entwickelung eines solchen Wurzelsystems unter Mitwirkung des negativen Heliotropismus wurde bei einer zweiten Versuchsreihe klar gelegt, die indessen erst im Juni begann, als die Sprosse aus den Knollen schon einige Centimeter lang waren und die Knollen selbst hatten bereits so viel Wasser verdunstet, dass sie faltig und runzelig erschienen. Ein 3—4tägiges Liegen in Wasser machte sie indessen wieder turgescent und nun wurden diese Knollen in folgender Weise behandelt.

Als Unterlage benutzte ich eine Anzahl von Torfziegeln (Shpagnum-Torf). Diese wurden aufrecht gestellt, nachdem sie längere Zeit mit der bekannten Nährstofflösung durchtränkt waren; am oberen Ende jedes Ziegels wurde eine Kartoffelknolle mittelst grosser langer Stecknadeln befestigt, diese Vorrichtung sodann auf einen umgekehrten Blumentopf gestellt und das Ganze mit einem sehr grossen Glaskäfig bedeckt, dessen Boden mit feuchtem Sand oder Moos belegt war. — Weil es mir darauf ankam, in diesem Falle auch die heliotropische

---

1) Ein Stab mit den ihn umwindenden Wurzelfäden der Kartoffel erinnert lebhaft an die Abbildung von *Tillandsia bulbosa* bei Schimper (Epiphyten Westindiens 1884), nur dass hier auch der negative Heliotropismus und ein stärkerer Hydrotropismus mitwirken dürften.

2) Diese Art von Reizbarkeit könnte man vielleicht als Piesotropismus bezeichnen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00013-7

Wirkung an den Wurzelfäden zu beobachten, wurden diese Apparate 3—4 Meter von den Fenstern des Laboratoriums so aufgestellt, dass nur die Vorderseite der Glaskäfige von den Fenstern her Licht erhalten konnte, während die Hinterseiten und Flanken derselben durch übergehängte dunkele Gewebestoffe vor der Lichtwirkung geschützt waren.

Im Grossen und Ganzen war nun die Wurzelentwickelung ganz dieselbe, wie bei den vorhin beschriebenen Versuchen, nur dass die Wurzelsysteme an den feuchten Torfziegeln sich weit kräftiger entwickeln konnten, als an den Holzstäben: die kräftigen primären Wurzeln wuchsen an den ebenen Flächen der Torfziegeln geotropisch abwärts und fest angeschmiegt, bis sie die Unterlagen (Moos, Sand) erreichten, wo sie, normalere Verhältnisse findend, auch kräftiger fortwuchsen; ihre secundären Wurzeln wuchsen horizontal oder schief abwärts an den Torfziegeln dicht angeschmiegt hin, krümmten sich um die Kanten derselben scharf rückwärts, erzeugten tertiäre Wurzeln und solche höherer Ordnung, so dass schliesslich die Torfziegeln von einem dicht gedrängten Netzwerk von dünnen und dünnsten Wurzeln nach allen Richtungen hin überwachsen waren; von den Torfziegeln aus gingen die Wurzelverzweigungen hinab auf die Unterlagen, speciell auf die umgestülpten Blumentöpfe, auf deren Aussenfläche sie in ganz ähnlicher Weise wie an den Holzstäben der vorigen Versuche sich ausbreiteten, nur dass hier, in Folge des negativen Heliotropismus die Anschmiegung eine noch vollständigere war.

Wer die Wurzelsysteme epiphytischer Orchideen, Aroideen und Farne und, so will ich gleich hinzufügen, die Myceliumverzweigungen verschiedenster Pilze an Holzstücken, Ziegeln u. s. w. aufmerksam beobachtet hat, dem würde die überraschende Aehnlichkeit in dem Verhalten unserer Kartoffelwurzeln mit jenen gewiss nicht entgehen.

Es wäre überflüssig und langweilig, nunmehr im Einzelnen beschreiben zu wollen, wie das Verhalten dieser Wurzeln in allen wesentlichen Punkten dasjenige der Epiphytenwurzeln nachahmt, wobei es natürlich nur auf die principiell wichtigen Verhältnisse ankommt. Dass trotzdem eine Kartoffelpflanze nicht als Epiphyt wachsen könnte, braucht ja nicht besonders klar gelegt zu werden, denn es kommt eben nicht bloss auf die Wurzeln, sondern ebenso sehr auf die Beschaffenheit der Laubsprosse an, die mit ihnen in bestimmter Correlation stehen müssen, besonders soweit es sich um die Transpiration der Blätter und der Wasseraufnahme der Wurzeln handelt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00014-3

Die ausserordentliche Feinheit und vielfältige Verzweigung der Wurzeln auf der Oberfläche der Torfziegeln macht es leider fast unmöglich, eine klare Abbildung der beschriebenen Objecte zu geben und selbst der Versuch, dies auf photographischem Wege zu thun, ist nicht recht gelungen. Das ist zu bedauern, weil ich sonst in der Lage wäre, zu zeigen, wie die Wurzeln der Kartoffelpflanze in allen wesentlichen Punkten im Stande sind, ein epiphytisches Wurzelsystem darzustellen. Mich des Langen und Breiten über die Einzelheiten auszulassen, wäre verfehlt und so mag das Mitgetheilte genügen.

§ 3. Es wäre vielleicht nicht der Mühe werth gewesen, diese Thatsachen hier mitzutheilen, um so mehr als ja schon ältere Erfahrungen in ähnlicher Richtung vorliegen, während ich für mich nur das beanspruchen darf, dass ich mit bestimmter Absicht derartige Untersuchungen vorgenommen habe. Ich glaube aber, dass sich auf Grund dieser und ähnlicher Erfahrungen einige allgemeine Sätze von principieller Bedeutung ableiten lassen.

Wenn in der neueren biologischen Litteratur die Rede davon ist, wie man sich etwa gewisse specifische biologische Erscheinungen entstanden zu denken hat, so pflegt man im Allgemeinen wohl anzudeuten, wie die Sache etwa und ungefähr vor sich gegangen sein möchte, wobei man gewöhnlich annimmt, dass bestimmte biologische Eigenthümlichkeiten durch sehr langsam fortschreitende Abänderungen nach und nach entstanden sind;[1]) es bleibt dabei gewöhnlich unerfindlich, was der Ausgangspunkt gewesen und wie das schliessliche Resultat durch fortlaufende Variation erreicht worden ist. Besonders ist mir bei derartigen Erwägungen der Biologen immer aufgefallen, dass sie die specifischen Lebenserscheinungen ein für allemal durch Zuchtwahl entstehen lassen.[2])

Gegen beide Anschauungsweisen möchte ich auf Grund der beschriebenen Thatsachen mich aussprechen.

Was zunächst die in unmerklicher Gradation fortschreitende Veränderung betrifft, so zeigen die beschriebenen Thatsachen, dass es sich keineswegs immer um solche handeln muss; wenn eine Trockenlandpflanze alle diejenigen Reizbarkeiten in ihren einzelnen Wurzelfäden besitzt, um ein Wurzelsystem zu entwickeln, welches alle wesentlichen

1) Indessen hat schon Goebel in einer Reihe von Fällen gezeigt, wie die Sprosse von Landpflanzen in solche von Wasserpflanzen und umgekehrt durch geeignete Kulturmethoden direct umgestaltet werden können.

2) Was schon durch die soeben citirten Beobachtungen Goebel's als eine unhaltbare Verallgemeinerung sich darstellt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00015-9

Eigenschaften darbietet, die wir sonst nur an den Wurzelsystemen der Epiphyten wahrnehmen, und wenn wir sehen, dass eine echte Trockenlandpflanze wie die Kartoffel im Stande ist, unter Mitwirkung eines solchen Wurzelsystemes Monate lang fortzuwachsen, so dürfen wir wohl annehmen, dass auch die eigentlichen echten Epiphyten ohne lange Vorbereitung im Stande gewesen sind, die epiphytische Lebensweise zu gewinnen, wenn nur überhaupt die betreffenden Species auch in ihrer sonstigen Organisation so beschaffen waren, wie es die neue Lebensweise erforderte, oder mit anderen Worten, wenn die Correlationen zwischen Wurzeln und Sprossen zufällig so beschaffen waren, wie es der Epiphytismus der Wurzeln erforderte. Bei unseren Kartoffelpflanzen ist das ja gewiss nicht der Fall und desshalb sind aus ihnen auch keine Epiphyten entstanden; wir können uns aber wohl denken, dass es bei vielen anderen Pflanzenarten wirklich der Fall war: dass mit einer zufälligen epiphytischen Entwickelung ihrer Wurzelsysteme zufällig auch die Eigenschaften ihrer Sprosse in der Art übereinstimmten, dass beide mit einander in harmonischer Weise functioniren konnten. Eine schrittweise langsam fortschreitende Adaptation an die neue Lebensweise wäre dann zunächst gar nicht nöthig und es wäre, so zu sagen, mit einem Sprunge aus einer gewöhnlichen Erdpflanze ein Epiphyt entstanden, womit ja durchaus nicht geleugnet werden soll, dass nun im Laufe der Generationen die bereits angepassten, aber schlecht angepassten Individuen durch kleine Organisationsveränderungen sich in besser adaptirte umgeändert haben könnten.[1]) Aber wir hätten mit dieser Vorstellungsweise doch wenigstens das Eine gewonnen, dass ein Uebergang von der einen zur anderen Lebensweise, von der gewöhnlichen Erdpflanze zum Epiphyten, sich vorstellen liesse.

Ich lege bei dieser Betrachtung vorwiegend Werth auf zwei Momente, nämlich dass dabei eine sprungweise Veränderung von dem einen zum anderen Zustand zwar in der Lebensweise, aber zunächst nicht in der Organisation eintritt, und dass dabei eine zufällige Correlation zwischen den verschiedenen Organen desselben Individuums stattfindet, durch welch' letztere Beziehung sich erklären liesse, warum überhaupt nur bei verhältnissmässig wenigen Pflanzenfamilien diese sprungweise Aenderung der gesammten Lebensweise stattfinden konnte. Lässt man diese, hier nur flüchtig angedeutete Ueberlegung

1) Als derartige Vervollkommnungen für den Epiphytismus könnte man z. B. die Steigerung des negativen Heliotropismus und die Entstehung des Velamens an den epiph. Orchideenwurzeln rechnen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00016-5

gelten, so würde sich daraus noch eine weitere, nicht unwichtige Folgerung ergeben, dass nämlich, wenigstens in gewissen Fällen, die zufällig eingetretene Veränderung der Lebensweise (nach dem Schema unserer Kartoffelpflanzen) den Anstoss dazu geben konnte, dass nachträglich die Organisationsverhältnisse sich der neuen Lebensweise besser anpassen mussten. Wir können uns wohl denken, wie gewisse Arten von Orchideen, Aroideen, Farnen u. s. w., die bisher Erdpflanzen waren, zufällig und unvermittelt in den dampfgesättigten Tropenwäldern in den nassen Moosüberzügen der Bäume keimten und fortwuchsen und wie nach und nach morphologisch unbedeutende, zumal histologische Veränderungen daraus entstanden. — Was jedoch die eigentlich morphologischen, dem natürlichen System zu Grunde liegenden Eigenschaften der Organismen betrifft, so bin ich überzeugt, dass diese auf ganz andere Art zu erklären sind; der Darwinismus hat mit der eigentlichen Descendenztheorie, den Typen des Systems nichts zu thun.

Was hier betreffs der Entstehung von Epiphyten aus gewöhnlichen Erdpflanzen gesagt wurde, ist eben nur ein Beispiel zur Erläuterung eines ganz allgemeinen Satzes, dass die Anpassungen an bestimmte Lebensverhältnisse nicht immer in einer uns unbegreiflichen Weise in unmerklich kleinen Schritten stattgefunden haben müssen, dass vielmehr auch plötzliche Veränderungen in der angedeuteten Weise stattgefunden haben können. Uebrigens ist es hier durchaus nicht meine Absicht, die Theorie der Adaptation ausführlich klar zu legen, ich wollte nur an einem Beispiel zeigen, dass man sich die Sache auch anders denken kann, als es gewöhnlich geschieht.

Meine Vegetationsversuche mit den Kartoffeln gestatten uns aber noch einen gewissen Einblick in die Ursache der sprungweisen biologischen Veränderung. Schon aus dem in § 1 und 2 Gesagten folgt, dass es sich bei unseren Versuchen gar nicht um eine Veränderung in der Organisation und den verschiedenen Reizbarkeiten der einzelnen Wurzelfäden handelt, vielmehr liegt der Schwerpunkt der beobachteten Thatsachen darin, dass eine epiphytische, überhaupt eine Lebensweise unter neuen, fremdartigen Bedingungen der Wurzeln bis zu einem gewissen Grade stattfinden kann mit Hilfe genau derselben Eigenschaften, Reizbarkeiten oder Energien, welche die echten Erdwurzeln ohnehin schon besitzen; etwas Neues braucht zunächst nicht hinzu zu kommen; die Erdwurzeln der Trockenlandpflanzen besitzen, wie ich zeigte, ohnehin alle principiell wesentlichen Eigenschaften, aus denen sich ein epiphytisches Wurzel-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00017-1

system bilden kann und diese Eigenschaften sind so zu sagen das Material, aus dem sich der ganze, oft recht fremdartige Complex von Organisationen und Energien hervorbilden konnte, den wir mit dem Wort: „Epiphytismus“ bezeichnen.

Aber diese Eigenchaften, Reizbarkeiten und Energien sind bei den Wurzeln, so lange sie in der Erde wachsen, verborgen, sie mussten erst nach und nach durch wissenschaftliche Untersuchungen entdeckt werden: kein Mensch konnte wissen, dass die unterirdischen Wurzeln der Landpflanzen hydrotropisch, für Druck und Reibung empfindlich (piesotropisch) sind, dass sie negativen Heliotropismus besitzen und dass die Wurzelfäden verschiedener Ordnung verschiedene Grade von Geotropismus haben. Das musste also erst entdeckt werden, was wir wohl zweckmässig durch den einfachen Ausdruck bezeichnen dürfen, dass die genannten Eigenschaften der Erdwurzeln latente, verborgene, sind. Durch die beschriebenen Vegetationsversuche wurden diese latenten Eigenschaften offenbar, und so erklärt sich von selbst die Möglichkeit einer sprungweisen Anpassung, ohne dass es einer unmerklich langsam fortschreitenden Varietätenbildung in Bezug auf diesen Punkt bedürfte. — Auch der in seinen Ursachen und Wirkungen so vielfach überschätzte „Kampf um's Dasein“ fällt weg, wenn es in gewissen Fällen möglich ist, dass längst vorhandene latente Energien der Organe unter geeigneten, zufällig eintretenden Umständen sofort in volle Action eintreten können, und wenn diese Folgerung einstweilen auch nur für unseren speciellen Fall mit aller Klarheit festgestellt ist, so zweifle ich doch keineswegs, dass zahlreiche andere biologische Thatsachen, die man gewöhnt ist, durch langsame unmerklich fortschreitende Variation zu erklären, in gleicher Weise aufzufassen sind.

Um also das Gesagte kurz zusammenzufassen, würde ich sagen, durch die latenten Energien oder Reizbarkeiten der verschiedenen Organe können sprungweise stattfindende biologische Veränderungen erklärt werden; nicht jede beliebige Eigenschaft eines Organismus muss durch Zuchtwahl erklärt werden; es ist das ein Schlagwort des Darwinismus, welches, wie andere derartige Schlagworte, eine Zeit lang dazu dienen mag, grosse Massen von Thatsachen kurz zu bezeichnen, dessen Geltung im einzelnen Falle jedoch erst sorgfältiger Prüfung bedarf.

Am Schluss dieser zkizzenhaften Betrachtung möchte ich mir noch eine Bemerkung gestatten, welche das eigentliche Fundament der ganzen Lehre von der Zuchtwahl betrifft.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00018-7

Wenn man die Litteratur des Darwinismus seit 30 Jahren kennt, so muss es überraschen, dass zumal in den lezten Zeiten Mode geworden ist, alle und jede Eigenschaft eines Organismus durch langsam fortschreitende Zuchtwahl im „Kampf um's Dasein" erklären zu wollen, wobei die Autoren jedoch vergessen zu zeigen, wie die Eigenschaften, Reizbarkeiten, Energien der Organe vor dem Kampf um's Dasein, vor der Zuchtwahl, beschaffen gewesen sind. Was man sich eigentlich unter den ursprünglichen Eigenschaften der organisirten Materie zu denken habe, ist nirgends gesagt: die organisirte Substanz muss aber doch schon ursprünglich in ihren allereinfachsten Formen gewisse Eigenschaften, Reizbarkeiten, Energien besessen haben, an welchen der Kampf um's Dasein und die Zuchtwahl ihre Wirkung ausüben konnten.

Würzburg, Januar 1893.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05163-00019-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 77

Autor(en)/Author(s): Sachs Julius

Artikel/Article: Physiologische Notizen. V. Ueber latente Reizbarkeiten 1-15