

Botanisches Centralblatt.

REFERIRENDES ORGAN

für das Gesamtgebiet der Botanik des In- und Auslandes.

Herausgegeben

unter Mitwirkung zahlreicher Gelehrten

von

Dr. Oscar Uhlworm und **Dr. F. G. Kohl**

in Cassel.

in Marburg.

Zugleich Organ

des

Botanischen Vereins in München, der Botaniska Sällskapet i Stockholm, der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg, der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur zu Breslau, der Botaniska Sektionen af Naturvetenskapliga Studentsällskapet i Upsala, der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, des Botanischen Vereins in Lund und der Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors.

Nr. 8.

Abonnement für das halbe Jahr (2 Bände) mit 14 M.
durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

1895.

Die Herren Mitarbeiter werden dringend ersucht, die Manuscripte immer nur auf *einer* Seite zu beschreiben und für *jedes* Referat besondere Blätter benutzen zu wollen.
Die Redaction.

Wissenschaftliche Original-Mittheilungen.*)

Ueber negativ-geotropische Wurzeln bei Sandpflanzen.

Von

Dr. Johan Eriksson

in Örebro (Schweden).

[Vorläufige Mittheilung.]

Da ich seit ein paar Jahren mit einer Untersuchung der Sandflora im östlichen Schonen beschäftigt bin, habe ich auch zweien, auf sandigen Standorten wachsenden *Carex*-Arten, *Carex arenaria* und *Carex hirta*, Aufmerksamkeit gewidmet. Die Rhizome bei diesen beiden Pflanzen sind „schuppige Rhizome“, wie sie von Hjalmar Nilsson**) charakterisirt sind. Der unter-

*) Für den Inhalt der Originalartikel sind die Herren Verfasser allein verantwortlich. Red.

**) Hjalmar Nilsson, Dikotyla Jordstammar. (Lunds Univ. Årsskrift, T. XXI.)

irdische Stamm wächst mit blattloser, knospenähnlicher Spitze hervor und hat keine eigene assimilirende Blätter. Bei E. Warming*) sind solche Stämme unter seiner XI. Gruppe: „Unterirdische Wanderer mit horizontalen Rhizomen“ rubricirt.

Das Rhizom von *Carex arenaria* besteht aus zahlreichen Internodien mit einer Länge von einigen Centimetern oder weniger. Jedes Internodium ist mit einem scheidigen, glänzend braunen Niederblatte bekleidet. Diese Niederblätter sitzen in einer halben Spirale. Von den Knoten spriessen die Wurzeln und die oberirdischen Triebe in der Weise hervor, dass Wurzeln von jedem Knoten, ein oberirdischer Trieb aber nur von jedem fünften Knoten hervorgehen. Warming**) erwähnt die Verschiebung der Terminalknospe, ein ganzes Internodium, vom Winkel des vierten bis zur Basis des fünften Niederblattes. Der untere Theil des Sprosses ist mit braunen Niederblättern bekleidet, hier in einer höheren Spirallinie angeordnet.

Warming und vor ihm Buchenau haben beobachtet, dass *Carex arenaria* Wurzeln von verschiedener Art hat. Unterhalb der aufsteigenden Sprosse wachsen kräftige, dicke, unverzweigte oder wenig verzweigte Wurzeln hervor, welche zu einer bedeutenden Tiefe in die Erde hineindringen. Gewöhnlich geht nur eine solche Wurzel von jedem Knoten aus, bisweilen zwei, selten mehrere. In den beiden späteren Fällen haben sie eine schräg hinabsteigende Richtung. Sie haben deutlich zur Aufgabe, das Rhizom im Sande zu befestigen und vermuthlich auch, wie Warming hervorhebt, Wasser aus grösserer Tiefe zu holen. Vielleicht kann man sie Haftwurzeln nennen. Die anderen Wurzeln sind feine, gewöhnlich sehr reich verzweigte Bildungen, die von allen Knoten hervorgehen. Gewöhnlich sitzen drei bis vier, zuweilen nur eine bis zwei auf jedem Knoten beisammen. Diese Wurzeln zeigen die Eigenthümlichkeit, dass sie in allen möglichen Richtungen — vertical abwärts oder vertical aufwärts, horizontal oder in schrägen Richtungen — herauswachsen. Die negativ-geotropischen Wurzeln dringen empor, bis ihre Spitze verwelkt. Darum ist gewöhnlich die Spitze braun. Legte man ein dickeres Lager Erde auf den Sand, so würden sie ganz sicher in dieselbe hineinwachsen. Da diese feineren Wurzeln die Erde nach allen Richtungen durchsuchen und deutlich nur in dem Dienste der Nahrungsaufnahme stehen, so können sie mit Recht Saugwurzeln genannt werden.

In derselben Art, wie die jetzt beschriebene Species, verhält sich auch — nach gepressten Exemplaren zu schliessen — *Carex obtusata*.

Auch *Carex hirta*, welche in Betreff des Stammes von *Carex arenaria* morphologisch etwas verschieden ist, besitzt negativ-geo-

*) Eug. Warming, Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse. (Naturhistorisk Forenings Festskrift.)

**) Eug. Warming, De psammophile Formationer i Danmark. (Videnskabelige Meddelelser fra den naturhist. Forening. 1891.)

tropische Wurzeln. Eigenthümlich genug zeigen die Haft- und die Saugwurzeln bei *Carex arenaria* beinahe dieselben anatomischen Verhältnisse. An beiden Wurzeln kommen Wurzelhaare vor, welche sich durch ihre Länge und ihre schnelle und schöne Cellulose-reaction auszeichnen, wenngleich sie besondere Partien der Haftwurzeln vermissen lassen oder wenigstens mit nur wenigen Haaren besetzt sind.

Eine ältere Haftwurzel zeigt folgenden anatomischen Bau: Aussen eine kleinzellige Epidermis und innerhalb dieser ein bis zwei Schichten mehr weiltuniger Zellen mit dünnen, cutinisirten Membranen, also Olivier's*) *assise epidermoidale*. Darnach folgen einige Schichten dickwandiger, parenchymatischer, mit schrägen, spaltenförmigen Tüpfeln versehener Zellen, deren Wände nach innen zu an Dicke zunehmen. Innerhalb dieser mechanischen Zellen kommt eine Zone von Lacunen vor. Die Lacunen, die sehr gross sind, werden durch schmale Zellenbänder von einander getrennt. Darauf folgen noch einige Schichten von dickwandigen, parenchymatischen Zellen, welche die aus in radialer Richtung gestreckten Zellen bestehende Endodermis und den Centraleylinder umschliessen. Der Centraleylinder besteht zu äusserst aus einem Pericambium von quadratischen Zellen. Die erst angelegten Gefässe, etwa 30, welche zu je einem in einem weiten Kreise mit wenig markirten Phloëmgruppen alternirend liegen, sind kleine Tüpfelgefässe. Nach innen sind einige (10—13) sehr grosse Tüpfelgefässe ebenfalls in einem Kreise angeordnet. Die Mitte des Centraleylinders wird von einem voluminösen Mark („tissu conjonctif“) mit etwas verdickten, stärkeführenden, rundtüpfeligen Parenchymzellen eingenommen.

Die jüngere Haftwurzel hat einen sehr abweichenden Bau. Verdickte Elemente kommen nicht vor. Beinahe das ganze Rindengewebe besteht aus zirkelrunden, dünnwandigen Zellen, die in schönen, rosenkranzähnlichen Reihen geordnet sind. Auch die Endodermis ist sehr dünnwandig. Doch heben sich sehr früh die Zellen der äusseren mechanischen Zone hervor, und zwar durch ihre polygonalen Zellenlumina und ihre etwas verdickten, stark lichtbrechenden Membranen. Macht man successive Querschnitte von der Wurzelspitze nach oben, so sieht man, wie die äusseren Schichten der Rinde mehr und mehr ihre Membranen verdicken, wie in der breiten Mittelzone der Rinde eine Resorption der Zellen allmählich anfängt, so dass Lacunen entstehen, und endlich, wie auch die inneren Rindenzellschichten, unter Collabirung ihre Membranen verdicken. Der definitive Wurzelbau resultirt also aus einer Art Desorganisation des Rindengewebes, die in der Resorption und Collabirung ihrer meisten Zellen besteht.

In Haberlandt's „Physiologische Pflanzenanatomie“ werden die Wurzeln von einigen *Carex*-Species (*Carex stricta*, *C. caespitosa* und *C. vulgaris*) und *Gramineen* erwähnt, die mit den jetzt be-

*) L. Olivier, Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines. (Annales des sciences naturelles. Sér. VI. T. XI.)

schriebenen beinahe übereinzustimmen scheinen. Auch bei diesen Gattungen ist nämlich das Rindengewebe der Wurzel von grossen Luftcanälen durchzogen, woneben ein parenchymatischer oder prosenchymatischer Bastmantel, dessen Wände theilweise verkorkt sind, vorkommt. Dieser Bastmantel wird als ein Schutzmittel gegen radiären Druck aufgefasst.

Die kleinen, mehr oder minder reich verzweigten Saugwurzeln zeigen keinen so abweichenden Bau, wie man erwartet hätte. Man kann also in der Saugwurzel alle die Schichtencomplexe, welche die Haftwurzel zusammensetzen, wahrnehmen, nur mit einer Reduction bezüglich der Mächtigkeit, die von der geringeren Grösse der Wurzel bedingt wird. Die innere dickwandige Zone ist jedoch wenig markirt oder sie wird ganz vermisst. Die Lacunen sind entweder klein oder sie fehlen ganz. In den Wurzelverzweigungen sieht man, dass die subepidermale Zone (assise épidermoidale) nur aus einer in radialer Richtung stark gestreckten Zellschicht besteht, weil hier keine tangentielle Theilung der Zellen geschieht ist. In den allerfeinsten Verzweigungen werden immer Lacunen und innere dünnwandige Zellen vermisst und auch die äusseren mechanischen Zellen sind wenig hervortretend, aber auch eine assise épidermoidale kommt hier vor. Auch die aufwärts wachsenden Wurzeln, welche im Allgemeinen wenig verzweigt zu sein scheinen, zeigen einen übereinstimmenden Bau. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Wurzelhaare dieser Wurzeln emporgerichtet oder geradeaus gerichtet sind.

Hier liegen also einige Fälle von ausgeprägt negativem Geotropismus vor. Die Frage hat eine gewisse Actualität, da A. W. Schimper*) vor einigen Jahren in seiner interessanten Untersuchung über die Epiphyten und J. Sachs**) ganz kürzlich in einer physiologischen Notiz in „Flora“ dieselbe ventilirt haben.

Nach dem Grade des Epiphytismus theilt Schimper die Epiphyten in vier Hauptabtheilungen ein, von welchen jedoch nur die zweite und dritte in diesem Zusammenhange ein specielles Interesse haben. Die zweite Hauptabtheilung zeichnet sich durch das Vorkommen zweier Arten von Wurzeln, Nährwurzeln und Haftwurzeln, aus, welche anatomisch und physiologisch von einander verschieden sind. Jene, welche Wasser oder Nahrungsflüssigkeit aus der Erde aufsaugen, zeichnen sich hauptsächlich durch ihren ausgeprägt positiven Geotropismus, in Folge dessen sie gerade in die Erde hinabwachsen, ihren besser entwickelten Fibrovasalcylinder und ihr peripherisches mechanisches Gewebe aus. Die Haftwurzeln dagegen sind ausgeprägt negativ-geotropisch, aber nicht merkbar geotropisch; folglich erreichen sie nur eine geringe Länge, legen sich dicht an die Stütze und krümmen sich um dieselbe. Was die Anatomie anbelangt, so verdienen die spärlichen und kleinen Gefässe und der Reichthum des Xylemkörpers an wohl ausgebildeten mechanischen Elementen hervorgehoben zu werden, weshalb diese

*) A. W. Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas.

**) J. Sachs, Ueber latente Reizbarkeiten. (Flora. 1893.)

Wurzeln eine grosse Zugfestigkeit haben. Solche Epiphyten sind u. a. *Carludovica Plumieri*, gewisse *Anthurium*-Species, *Clusia rosea*.

Noch eigenthümlicher sind die Verhältnisse bei der dritten Abtheilung Schimper's. Bei dieser findet man auch zwei Wurzelarten, von welchen einige reichlich und unregelmässig verzweigt sind, so dass sie zusammen ein korbähnliches Geflecht bilden, worauf todte Blätter und andere humusbildende Substanzen nach und nach gesammelt werden, welche zuletzt ein vortreffliches Nahrungssubstrat bilden, während andere Wurzeln aus dem korbähnlichen Asteomplex in das Nahrungssubstrat hineinwachsen. Diese letzteren sind also, wie es scheint und wie Schimper behauptet, negativ geotropisch. Mit der verschiedenen Function übereinstimmend, findet man auch bei diesen Wurzeln in einigen Fällen anatomische Verschiedenheiten, aber im Allgemeinen sind diese weniger ausgeprägt als bei der vorigen Abtheilung, weil die Arbeitstheilung nicht so durchgeführt ist, indem die Haftwurzeln nicht nur immer an der Nahrungsleitung, sondern auch an der Nahrungsaufnahme theilnehmen. Hierher gehören *Oncidium altissimum*, *Anthurium Hügelii* u. a.

In einer von seinen in Flora (1893) publicirten physiologischen Notizen, „Ueber latente Reizbarkeiten“ betitelt, behauptet J. Sachs, dass die erwähnten Eigenthümlichkeiten in den Wachstumsverhältnissen der Epiphyten-Wurzeln nicht ein alleinstehendes Phänomen seien. Sie wären in grösserem oder kleinerem Grade auch bei den in der Erde wachsenden Wurzeln wiederzufinden. Schon vor mehreren Jahren hat er die eigenthümlichen Verzweigungsverhältnisse der Wurzeln festgestellt. „Ich zeigte damals, dass, wie allbekannt, die Hauptwurzeln der Samenkeime den eigentlichen positiven Geotropismus besitzen, deshalb vertical abwärts wachsen; 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 Erdradius anzunehmen, und zwar hängt der Winkel, den sie mit diesem schliesslich machen, von dem Ursprung der Nebenwurzeln ab, ob sie nämlich näher aus 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“.

Sachs meint nun, dass die nicht geotropische Wachstumsrichtung nur ein weiter entwickeltes Vermögen ist, das in grösserem oder minderem Grade, wenigstens potentiell, bei allen

Wurzeln in ihren äusseren Verzweigungen sich findet. An einem ausgeprägt negativen Geotropismus scheint Sachs zu zweifeln, wie aus dem Ausdrucke hervorgeht: „oder vielleicht sogar mit negativem Geotropismus begabt zu sein, was für einzelne Fälle noch genau untersucht werden müsste“.

Indessen scheinen die Beobachtungen Schimper's an gewissen epiphytischen *Aroideen* und *Orchideen* in diesem Punkte hinlänglich aufklärend zu sein. Meine Beobachtung ist auch ein Beweis für das Vorkommen von einem bestimmten negativen Geotropismus bei gewissen Wurzeln, bei *Carex arenaria* u. a.

Dass diese Eigenschaft der Wurzeln, ihre Zweige nach allen Richtungen, unbekümmert um den Geotropismus, nicht ohne eine genaue Untersuchung deutlich wird, beruht natürlich darauf, wie Sachs hervorhebt, dass die Wurzelfäden von höherer Ordnung, wenn sie zufällig nach oben wachsen, also aus der Erde in die Luft hinaustreten, vertrocknen, weil sie so dünn sind, und selbst bevor sie heraustreten, kommen sie in den obersten Erdschichten um, wo sie nicht das für ihr Gedeihen nöthige Wasser finden. Unter günstigen Verhältnissen können aber wirklich Wurzelfäden aus der Erde herauswachsen, wie man wahrnehmen kann, wenn man Palmen und *Monocotylen* in dunkelen und luftfeuchten Räumen cultivirt. Sachs hat ein sehr einfaches Experiment gemacht, das die Sache noch deutlicher macht. Er hat Blumentöpfe auf die Oberfläche der Erde in einem Garten, wo die Erde von zahlreichen secundären und tertiären Wurzelfäden durchzogen war, umgekehrt gelegt, und fand nach einiger Zeit, dass zahlreiche äusserst feine Wurzelfäden aus der Erde unter dem Topfe herauswachsen. Das sind eben die secundären, tertiären u. s. w. nicht-geotropischen Wurzelfäden, welche bald verschwinden, wenn man die Bedeckung aufhebt. Füllt man den Topf mit feuchter Erde, so kann man ein ganzes Wurzelsystem auf diese Weise aufwärts aus der Erde wachsen lassen. Sachs hat weiter mit Keimpflanzen von *Vicia Faba*, *Pisum*, *Zea Mays* u. s. w., theils im Dunkeln, theils im Licht mit demselben Resultat experimentirt. Wenn er endlich zusammenfassend sagt: „Die Vergleichung der gewöhnlichen Erdwurzeln mit denen der *Epiphyten* ergiebt 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 genöthigt ist, die *Epiphyten* als solche Pflanzenarten zu betrachten, die von gewöhnlichen Trockenlandpflanzen abstammen u. s. w.“, so ist zu bemerken, dass hierdurch das Verhalten der Epiphyten-Wurzeln nur theilweise erklärt wird, da Sachs hauptsächlich von den Verzweigungen der Pfahlwurzel spricht, während die Wurzeln der Epiphyten immer Adventivwurzeln sind, auch bei den *Dicotylen*. Natürlich gilt dasselbe von den äussersten Verzweigungen einer Adventivwurzel wie von der Pfahlwurzel, so dass die Vergleiche von Sachs zwischen Epiphytenwurzeln und Erdwurzeln nicht ohne Berechtigung sind, aber daneben kommen auch Fälle vor, wo die aufwärts wachsenden Wurzeln bei der dritten Abtheilung direct von dem Stamm hervorspriessen.

(*Anthurium Hügelii*), also deutlich negativ geotropisch sind. Dieses Verhalten hat sein vollständiges Analogon in den aufwärts wachsenden Wurzeln bei *Carex arenaria* u. a.

Leider hat meine Untersuchung über den negativen Geotropismus der Wurzel nur noch wenige Pflanzen umfassen können. Es ist möglich, dass auch in gewöhnlicher Erde wachsende Rhizome oder Stolonen ein gleichartiges, aber noch nicht observirtes Verhalten zeigen können, obgleich es mir wenig wahrscheinlich scheint, da viele unterirdische Stämme, insbesondere die dicotylen, von vielen Forschern, wie Costatin¹⁾, Warming²⁾, Hjalmar Nilsson³⁾ so genau untersucht worden sind. Was die Deutung dieser aufwärts oder schräg aufwärts wachsenden Wurzeln der Sandpflanzen betrifft, so liegt es sehr nahe bei der Hand, sie als Wassersammler aufzufassen, die den Pflanzen auch die kleinen Wassermengen zu verwerthen suchen, die, wie nach einem unbedeutenden Regen oder einem reichlichen Thaufall, dem Sande zugeführt werden, aber nicht so tief in denselben hinduzudringen vermögen. Eine ähnliche Deutung giebt Volkens⁴⁾ von den oberflächlichen vom Wurzelhalse ausgehenden Wurzeln, die er bei *Diplotaxis nana* und *Euphorbia cornuta* gefunden hat. „*Diplotaxis* und *Euphorbia* zeigen ein reich gegliedertes Wurzelsystem, das sich schon vom Wurzelhalse aus seitlich verzweigt. Die Bedeutung der oberflächlichen Nebenwurzeln wird einem klar, wenn man im Winter, wo beide Pflanzen schon vom October an fast die einzigen zartkrautigen Vertreter der Wüstenflora sind, am frühen Morgen und nach reichlichem Thaufall eine grössere Zahl von Individuen ausgräbt. Da zeigt sich, dass alle Nebenwurzeln mit einem Filzwerk zarter, dünner Fäden bedeckt sind. Wie dieselben in unglaublich kurzer Zeit, im Laufe einer Nacht hervorbrechen, ebenso schnell verschwinden sie auch wieder. Ihr Zweck ist offenbar, die geringe Feuchtigkeitsmenge zu verwerthen, welche im besagten Fall durch Thau den oberflächlichen Erdschichten zu Theil wird“.

Kürzlich las ich in G. Haberlandts „Botanische Tropenreise“, dass aufwärts wachsende Wurzeln auch bei gewissen Palmen und Mangrovepflanzen beobachtet sind. Bei der Palme *Rhaphia ruffia* treten zahlreiche Wurzeln aus den Blattbasen hervor, welche als Athmungsorgane dienen. Solche aufwärts wachsenden Athmungswurzeln sind von K. Goebel auch bei der Mangrovepflanze, *Sonneralia*, gefunden. Sie kommen auch bei den *Avicennia*-arten vor. Diese Wurzeln sind nach aufwärts wachsende Seitenäste der horizontal im Schlamme kriechenden Bodenwurzeln. Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, dass biologische Verhältnisse in hohem Grade modificirend auf die Zuwachsrichtung der Wurzeln einzuwirken vermögen.

¹⁾ Costatin: Etude comparée des tiges aériennes et souterraines des dicotylédones.

²⁾ Warming: Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse.

³⁾ Dikotyla Jordstammar.

⁴⁾ Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [61](#)

Autor(en)/Author(s): Eriksson Johan

Artikel/Article: [Ueber negativ-geotropische Wurzeln bei Sandpflanzen.
273-279](#)