

Ueber die Luftwurzeln von *Avicennia tomentosa* und *Laguncularia racemosa*

von
H. Schenck.

Hierzu Tafel III.

Kaum eine andere Vegetationsformation der Tropen ist so scharf begrenzt und so in sich abgeschlossen, als der Mangrovewald, welcher sich überall da findet, wo an Flussmündungen oder an Lagunen die flachen Ufer von sumpfiger Beschaffenheit sind und regelmässig von der Fluth bedeckt werden. Er ist ein Brackwassersumpfwald, der sich nur aus einigen wenigen Arten von gesellig vegetirenden Holzgewächsen, meist Bäumen, zusammensetzt. Nicht nur in der Embryoentwicklung, in der Fruchtbildung und in der Keimung zeigen diese Gewächse charakteristische Eigenthümlichkeiten, welche sich als unzweifelhafte Anpassungen an die besondere Lebensweise ergeben, sondern auch in der Ausbildung des Wurzelsystems treten uns merkwürdige Erscheinungen entgegen, die gleichfalls als solche Anpassungen aufzufassen sind.

An der mittel- und südbrasilischen Küste besteht der Mangrovewald, oder, wie die Brasilianer ihn nennen, die »Mangue« im Wesentlichen nur aus drei Arten, wovon die eine *Laguncularia racemosa* Gärtn. fil. zu den Combretaceen gehörend, meist einen ausgebreitet ästigen Strauch bildet, die beiden andern Arten dagegen, nämlich *Rhizophora Mangle* L. und *Avicennia tomentosa* Jacq. zu Bäumen heranwachsen.

Von diesen drei Arten wächst *Rhizophora mangle* gewöhnlich vorwiegend an der Innenseite der Mangue, also nach dem Wasser zu, während die strauchige *Laguncularia* meist den äusseren Gürtel des Waldes bildet. An der Landgrenze der Mangue trifft man häufig verschiedene Sträucher an, die auch sonst an der Küste verbreitet sind und nur als accessorische Bestandtheile zu der Formation gerechnet werden können. Hieher gehört auch die Combretacee *Conocarpus erecta*, die Malvacee *Paritium tiliaceum*, die Dalbergiee *Hecastophyllum Brownei*, ferner Myrsineen, Pisonien, *Schinus* Arten etc. Diese Sträucher zeigen nichts besonderes in der Ausbildung ihres Wurzelsystems.

Während nun unter den typischen drei Manguegewächsen *Rhizophora Mangle* durch die bekannte merkwürdige Bildung eines schirmartig ausgebreiteten Systems von dicken holzigen Stelzwurzeln, die dem Stamm und den unteren dickeren Aesten entspringen und die in ihrer Gesamtheit eine höchst wirksame Verankerung des Baumes in dem schlammigen weichen Boden bewirken, sich auszeichnet und dadurch

ganz besonders zur Lebensweise an dem gegebenen Standort sich bewährt, erzeugt *Avicennia tomentosa* aus den holzigen im Schlamm horizontal verlaufenden Wurzeln zahlreiche aërotropische, senkrecht nach oben aus dem Schlamm Boden hervorragende Seitenwurzeln. Sie verhält sich also grade so wie *Avicennia officinalis* L. und *Sonneratia acida* L. fil., deren aufrechte Wurzeln von Goebel auf Java und Ceylon beobachtet und zuerst genauer beschrieben ¹⁾ wurden.

Die aërotropischen Wurzeln von *Avicennia tomentosa* Jacq. sind in der Regel ca. 30 cm lang und 8—10 mm dick und entspringen in Zwischenräumen von wenigen Centimetern aus den horizontal im Schlamm verlaufenden holzigen Wurzeln, erheben sich also in zahlreichen Reihen aus dem Schlamm Boden rings um den Baum. Meist sind diese Wurzeln einfach, zuweilen aber auch gegabelt, indem sie etwa in der Mitte eine gleichfalls aufrechte Tochterwurzel erzeugen. Der untere im Schlamm steckende Wurzeltheil ist befähigt, seitliche, horizontale, vielfach verzweigte dünne Erdwurzeln zu erzeugen.

Was den anatomischen Bau anbelangt, so verhalten sie sich wie die von Goebel ²⁾ beschriebenen Wurzeln der *Avicennia officinalis*. Sie werden bedeckt von einer mächtigen Korkschicht, die auch die abgerundete Spitze in dicker Lage überzieht. Zahlreiche Lenticellen erheben sich als rundliche vorspringende Warzen auf der Oberfläche. Das Phellogen erzeugt zur Bildung derselben local nach innen zu zahlreiche radiale Reihen von kugeligen Zellen mit engen Intercellularen, die einen rundlichen nach aussen sich vorwölbenden und die Korkschicht sprengenden Gewebekörper bilden. Aussen waren die untersuchten Lenticellen noch bedeckt von einer dünnen Korkschicht und zeigten nicht eine Ablösung der Endzellen der radialen Reihen wie es Goebel für *A. officinalis* angibt. Ich lasse es dahin gestellt, ob diese Erscheinung nicht auch bei der brasilischen Art, vielleicht an älteren Lenticellen, auftritt.

Die Füllzellen enthalten je einen rundlichen, ölartigen, stark lichtbrechenden Secrettropfen, der auch in den Phellogenzellen und in den Korkzellen gebildet wird. In letzteren sind aber auch häufig statt dessen bräunliche Secrettropfen zu bemerken. Möglicherweise sind diese Secrettropfen gerbstoffhaltig, was sich indessen an dem Alkoholmaterial nicht mehr sicher constatiren liess.

Das Rindenparenchym erreicht die Dicke des Durchmessers des axilen Stranges, der innen ein grosses Mark umschliesst. Die Zellen der Rinde bilden Intercellularen etwa von der Grösse der Zellen zwischen sich aus und die meisten sind mit eigenthümlichen nach innen vorspringenden

1) K. Goebel: Ueber die Luftwurzeln von *Sonneratia*. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1886, p. 249.

2) l. c. pg. 253.

Verdickungsfasern oder Bändern, die von den Berührungsstellen benachbarten Zellen ausgehen, versehen.

Laguncularia racemosa Gärtner fil., die dritte Art der brasilianischen Mangue zeichnet sich nun ebenso wie *Avicennia* durch die biologisch merkwürdige Bildung aërotropischer Wurzeln aus, welche im Umkreis des niederliegenden Strauches, der sich nur selten zu einem Bäumchen erhebt, aus dem Schlamm Boden in Reihen aus den horizontalen Holzigen Wurzeln entspringend hervorkommen.

Diese Wurzeln sind ca. 2—3 dem lang, etwa 1 cm dick und erzeugen, soweit sie im Schlamm stecken, dünne verzweigte Seitenwürzelchen. Der obere Theil kann sich verzweigen in aufrechte gleich dicke Tochterwurzeln. Oft beobachtet man, dass die an die Luft ragenden Spitzen ein Büschelchen von aufrechten, jungen, kurzen, weissen Seitenwürzelchen erzeugen, wie es scheint, immer wenn die Spitzen verletzt worden waren. Dieselben entwickeln sich dann zu aërotropischen Wurzeln und nehmen deren Structur an.

Sehr eigenthümlich ist der anatomische Bau der ausgebildeten Luftwurzeln, welcher bedeutend von *Avicennia* und *Sonneratia* abweicht.

Die junge Wurzel besitzt eine sehr lockere Rinde, deren Zellen in radialen Reihen stehen. Zur Bildung von Lufträumen weichen letztere auseinander und schrumpfen zum Theil zusammen.

Aus dem Pericykel (van Tieghem) entsteht bald ein Phellogen, welches mehrschichtigen Kork erzeugt. Ferner bildet das Cambium nach aussen hin fortgesetzt Lagen von Weichbast, wodurch die Korkhülle vorgeschoben wird und durch radiale Theilungen tangential mitzuwachsen genöthigt ist. Die Schutzscheide wird dabei zum Theil gesprengt. Ihre Zellen strecken sich aber auch noch anfangs tangential und theilen sich durch radiale Wände mehrmals. Schliesslich wird die ebenfalls gesprengte primäre Rinde abgeworfen und die fertige Wurzel zeichnet sich aus durch das mächtige, unter der dicken, 12- und mehrschichtigen, aussen etwas längsrundeligen Korkhülle gelegene Phloëm, dessen Dicke den Durchmesser des axilen Holzkörpers um das Doppelte übertrifft und grosse intercellulare Luftgänge entwickelt (siehe Fig. 1).

Wie aus Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlich, baut sich das Phloëm in sehr regelmässiger Weise auf. Es wird durchzogen von zahlreichen, grosszelligen, radialen Parenchymstrahlen, die die directe Fortsetzung der Markstrahlen des Xylems bilden und sich bis zur Korkhülle ununterbrochen leicht verfolgen lassen. Auf dem Tangentialschnitt (Fig. 4) erscheinen die Markstrahlen als 1—2schichtige, senkrecht gestellte Gewebepplatten. Ihre Zellen sind gewöhnlich isodiametrisch und auf Radialschnitten (Fig. 5) zeigen sie zwischen sich enge sowohl in den Kanten als auch in den Wandungen gebildete Intercellulargänge.

Zwischen den Phloëmmarkstrahlen sieht man auf dem Querschnitt zartwandige prismatische Phloëmparenchymzellen, die etwa 3 mal so hoch wie breit sind und eine kleine Druse von Kalkoxalat führen, ferner mehr oder weniger regelmässig in schmale Querzonen vertheilt, langgestreckte auf dem Querschnitt rundliche Elemente, welche die Siebröhrenbündelchen vorstellen und zuweilen von einzelne Sclerenchymfasern begleitet werden. Die Siebplatten lassen sich in den inneren Parthien des Phloëms auf Längsschnitten unschwer erkennen, in den äusseren Parthien schwieriger. Die Siebröhren dürften daselbst bei der Bildung der Lufträume functionslos werden.

Die Elemente der Bündelchen sind länger als die zartwandigen Phloëmparenchymzellen.

Eigenartig ist die Bildung der zugleich schizo- und lysigenen Luftgänge, welche das secundäre Phloëm durchziehen und die bis etwa zum inneren Viertel des Durchmessers heranreichen. Es ist mir sonst aus der Histologie kein Fall bekannt, wo in dem Weichbast ein so ausgedehntes Durchlüftungssystem zur Entwicklung kommt. Zu seiner Bildung lösen sich die Phloëmmarkstrahlen seitlich von ihren benachbarten Zellen hie und da los, ohne dabei den radialen Verband ihrer Zellen aufzugeben. Da das Phloëm in so hohem Maasse in die Dicke wächst, so müssen seine äusseren Parthien tangential sehr stark gespannt werden. Hier sind dann auch die Lufträume am weitesten und die Phloëmstrahlen hin und her gebogen, da sich dieselben nicht in ihrer ganzen Länge lösen. Der Vorgang des Loslösens vollzieht sich meist derart, dass anfangs die Zellen noch mit schmalen Ausstülpungen an einander haften. Bei weiterer tangentialer Spannung werden die Fortsätze dann durchrissen, wobei die Membranen zuerst an der Berührungsstelle wie ein Glasröhrchen über der Gasflamme allmählig spitz ausgezogen werden; oder aber die schmalen Verbindungsfäden reissen nicht durch, sondern es tritt Zelltheilung ein und es bilden sich derart mehrzellige Zellfäden aus, die den tangentialen Verband der Phloëmmarkstrahlen mit den losgelösten benachbarten Parenchymzellen aufrecht verhalten. Diese Prozesse bieten vielerlei Verschiedenheiten dar, wie ein Blick auf Fig. 3 zeigt. Fig. 6 stellt mehrere solcher Bildungen bei stärkerer Vergrösserung dar. Offenbar muss eine chemische Metamorphose der Zellmembran hier eintreten, eine Erweichung oder Verquellung. Oft sind die Verbindungsfäden von gallertartiger Masse umkleidet, die aussen noch von einem äusserst feinen Häutchen (der Auskleidung der Intercellularen) bedeckt ist. Die ausgezogenen Spitzen werden durch dicke Pfropfen zugeschlössen.

Die Phloëmparenchymzellen werden zum Theil bei der Ausweitung der Luftgänge zerdrückt und zerstört und ebenso erscheinen die Siebröhrenbündelchen der äusseren Parthien zum Theil deformirt.

Die aussen längsrunzelige Korkhülle ist hier und dort mit rundlichen hervorragenden Lenticellen besetzt. Dieselben entstehen dadurch, dass das Phellogen der Korkhülle local nach innen zahlreiche radiale Reihen von rundlichen Füllzellen abscheidet, die das Organ somit nach aussen vorwölben. An allen untersuchten Lenticellen waren die Füllzellen aussen noch mit einer dünnen Korklage überdeckt. Ob dies stets der Fall ist, lasse ich dahingestellt.

Die ausgebildeten aërotropischen Wurzeln, die ca. 1 cm dick sind, erfahren nicht, wie die Erdwurzeln, ein weiteres Dickenwachsthum des Holzkörpers. Die Erdwurzeln werfen ebenfalls das primäre Rindenparenchym ab und bedecken sich mit einer dem Pericykel entstammenden Korkhülle. An dicken holzigen Erdwurzeln ist auch das secundäre Phloëm ziemlich entwickelt aber nicht in dem Maasse wie in der aërotropischen Wurzel. Das Gefüge des Gewebes, das aus denselben Elementen sich aufbaut, ist ferner ein festeres, da sich nur kleine Luftgänge durch Auseinanderweichen der Zellen in den äusseren Schichten ausbilden. Mit fortschreitendem Dickenwachsthum werden die äusseren Schichten tangential gespannt, es erfolgen Theilungen der Zellen in dieser Richtung, während an der aërotropischen Wurzel dies nicht stattfindet (nur die Verbindungsfäden ausgenommen).

Der Vollständigkeit halber will ich noch erwähnen, dass am jungen Stamm der Kork sich aus der hypodermalen Parenchymschicht entwickelt. Das darunter liegende nicht mächtige Rindenparenchym wird von Luftgängen durchzogen und ist gegen das Phloëm durch einen schmalen Ring isolirter Sklerenchymfasern abgegrenzt. Im Stamm erfährt das Phloëm kein über das Normale hinausgehendes Dickenwachsthum, es zeigt gleiche Elemente wie in der Wurzel und entwickelt keine Luftgänge. Nur an älteren Zweigen sieht man die Luftgänge der Rinde sich etwas in die äussersten tangential etwas auseinander gezerzten Theile des Phloëms hineinziehen.

Wir haben also bei *Laguncularia* ebenso wie bei *Sonneratia* und *Avicennia* einen ausgesprochenen Dimorphismus der Wurzeln. Die biologische Bedeutung der aërotropischen Wurzeln ist, wie auch Goebel hervorhebt, darin zu suchen, »den im zähen sauerstoffarmen Schlamm kriechenden Wurzeln der genannten Bäume zu ermöglichen, mit der Atmosphäre in Contact zu treten«, also die Zufuhr von Sauerstoff zu vermitteln. Damit in Zusammenhang steht offenbar die Ausbildung des Durchlüftungssystems in diesen Wurzeln.

Was die phylogenetische Entwicklung der aërotropischen Wurzeln anbelangt, so möchte ich darauf hinweisen, dass die genannten Gewächse an Standorten wachsen, wo leicht durch die Fluth des Meeres Erde weggeschwemmt und somit Wurzeln blossgelegt werden können. Es

ist möglich, dass aus solchen zufällig blossgelegten Wurzeln die aëotropischen allmählich als fixirte erbliche Gebilde hervorgegangen sind.

Aehnliche Bildungen dürften späterhin auch noch bei anderen Vertretern der Mangroveformation aufgefunden werden. Aëotropische Wurzeln mit gleicher Function, wie die genannten, finden sich aber nicht ausschliesslich bei Mangrovepflanzen, sondern auch bei anderen Gewächsen, die in nassem Boden wachsen ¹⁾.

Figurenerklärung.

- Fig. 1. Querschnitt durch die aëotropische Wurzel von *Laguncularia racemosa*. *k* Korkhülle, *phl* Phloëm, *ax* axiler Holzkörper.
 Fig. 2. Querschnitt durch die Grenze zwischen Xylem und Phloëm, Bildung des secundären Phloëms. *s* Siebröhrenbündelchen.
 Fig. 3. Querschnitt durch das secundäre Phloëm der aëotropischen Wurzel mit den grossen Lufthöhlen. Die Zeichnung umfasst die äusseren $\frac{3}{4}$ des Durchmessers des Phloëms. *phlstr* Phloëmmarkstrahlen, *s* Siebröhrenbündelchen, *phlp* Phloëmparenchym, *k* Korkhülle der Peripherie.
 Fig. 4. Tangentialschnitt durch das secundäre Phloëm derselben Wurzel. Manche Phloëmparenchymzellen zerrissen.
 Fig. 5. Phloëmmarkstrahlzellen im Radialschnitt. Mit Intercellularen in den Kanten und in der Wandung.
 Fig. 6. Bildung von Ausstülpungen, Verbindungsfäden und Durchreissungen an den zur Bildung der Lufthöhlen des Phloëms auseinander weichenden Phloëmparenchym- und Markstrahlzellen. *a-e* aus Querschnitten, *f-g* aus Längsschnitten.

Die Verflüssigung der Gelatine durch Schimmelpilze

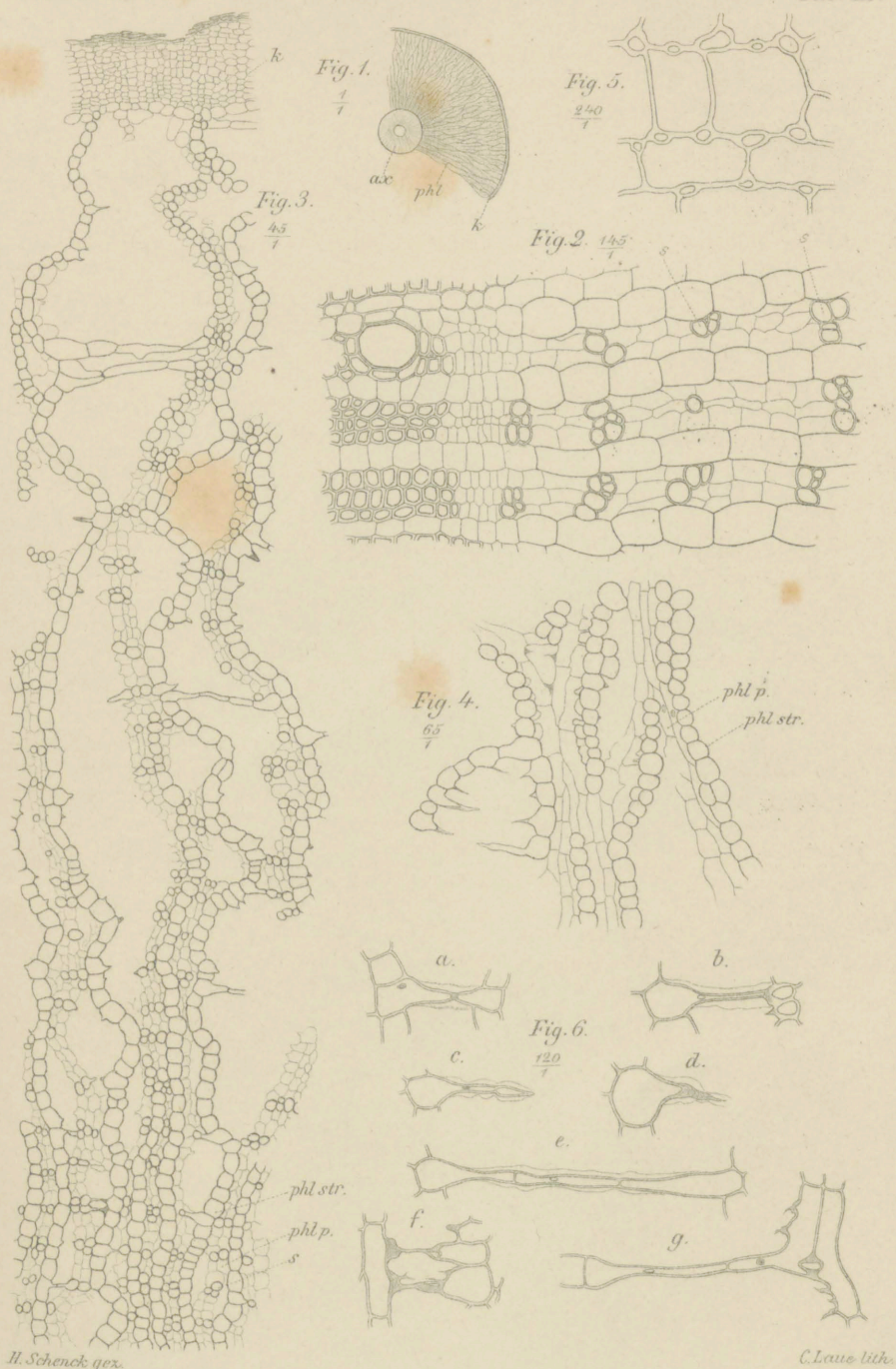
von

Dr. A. Hansen.

Es ist eine bei den Spaltpilzen ziemlich allgemein beobachtete Erscheinung, dass sie feste Substrate, z. B. Gelatine, die ja vorwiegend als künstlicher Nährboden benutzt wird, verflüssigen.

Die Fähigkeit, eine Verflüssigung zu bewirken, erscheint als eine besonders wichtige, denn der Erfolg der zerstörenden Thätigkeit der Bacterien und Pilze bei ihren Fäulnis- und Zersetzungsprocessen ist ganz besonders deshalb ein vollständiger, weil sie im Stande sind, in Wasser unlösliche Substanzen in lösliche Producte überzuführen; das Erweichen und Flüssigwerden ist thatsächlich ein besonders charakteristisches Merkmal der durch die genannten Organismen hervorgerufenen Fäulnisprocesse.

1) Vergl. darüber L. Jost: Ein Beitrag zur Kenntniss der Athmungsorgane der Pflanzen. Bot. Ztg. 1887 und K. Goebel, Bemerkung hierzu, ibid.



H. Schenk. gex.

C. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [72](#)

Autor(en)/Author(s): Schenck Johann Heinrich Rudolf

Artikel/Article: [Ueber die Luftwurzeln von Avicennia tomentosa und Laguncularia racemosa 83-88](#)