

- Beispielhafter Auszug aus der digitalisierten Fassung im Format PDF -

Über Organbildung im Pflanzenreich

Hermann Vöchting

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib (www.BioLib.de).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie (ViFaBio) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](http://Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg (Frankfurt am Main)) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

ÜBER

ORGANBILDUNG IM PFLANZENREICH.

PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

WACHSTHUMSURSACHEN UND LEBENSEINHEITEN

VON

DR. HERMANN VÖCHTING,

A. O. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN.

ERSTER THEIL.

MIT 2 TAFELN UND 15 HOLZSCHNITTEN.

BONN

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN (FR COHEN).

1878.



Werner-Presse
Stresemannstr.
Köthen
4370
Telefon 3223

ORGANISATION IM REICH

VERLAG VON FISCHER & WITTIG

1907

WISSENSCHAFTLICHE UND LEHRBÜCHER

Uebersetzungsrechte vorbehalten.

DE GRUYTER VERLAG

LEIPZIG



Univ. Leipzig
Bibl. Hist. Phil.
No. 1000
1907

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

SEINEM FREUNDE

HERRN W. PFEFFER

ZUR

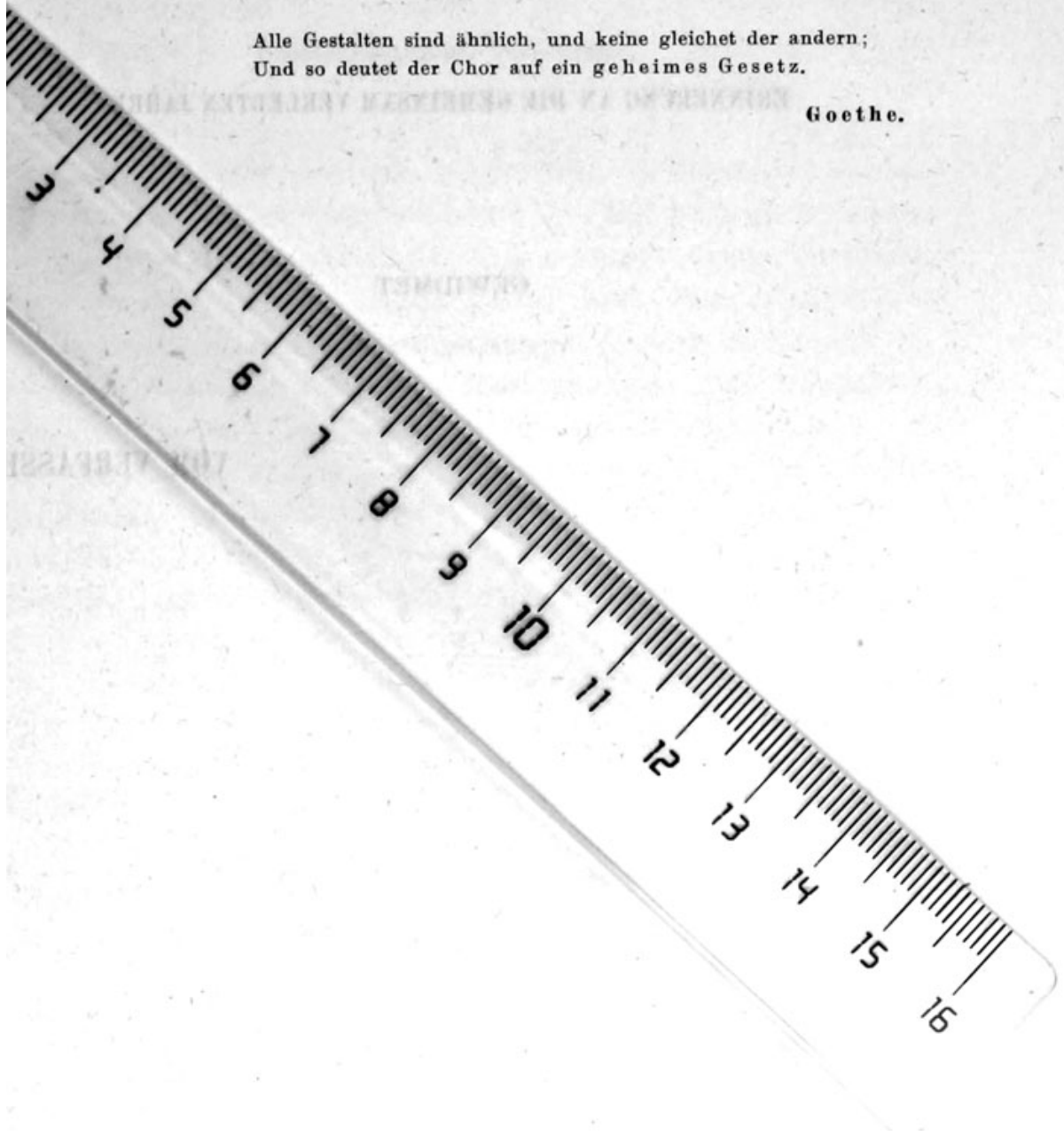
ERINNERUNG AN DIE GEMEINSAM VERLEBTEN JAHRE

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleicht der andern;
Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz.

Goethe.



Vorwurf der Untersuchung.

Bei meinen anatomischen Untersuchungen über die Cacteen-Gruppe der Rhipsalideen drängten sich mir verschiedene physiologische Probleme auf. Das eine derselben bestand darin, durch Versuche festzustellen, durch welche Ursachen die Stellung der Luftwurzeln an den Sprossen von *Lepismium radicans* bedingt wird. Eine vergleichende Betrachtung legte die Vermuthung nahe, dass hierbei das Licht den wesentlichsten Factor abgebe.

Von Neigung getrieben, hegte ich schon lange die Absicht, mich der physiologischen Seite unserer Wissenschaft zuzuwenden. Im Frühjahr 1874 beschloss ich, mit der Bearbeitung des erwähnten Gegenstandes einen ersten Versuch zu machen, und gab daher dem Problem die erweiterte Fassung, nachzuweisen, ob und inwieweit äussere Kräfte einen Einfluss auf die Anlegung von Adventivbildungen haben.

Von dieser Fragestellung ausgehend, stellte ich einige einleitende Versuche an, und fand gleich bei den ersten derselben den eigenthümlichen inneren Gegensatz auf, welcher bezüglich ihrer Producte zwischen der morphologischen Spitze und Basis eines Sprosses besteht. Diese Thatsache führte zur Erweiterung des Problems nach zwei Seiten hin. Erstens ergab sich die Nothwendigkeit, ausser den Adventivbildungen auch die Ausbildung vorhandener, aber ruhender Anlagen in die Untersuchung zu ziehen, und das Verhältniss der letzteren zu wirklichen Neubildungen festzustellen. Zweitens musste die Summe der in Betracht zu ziehenden Ursachen erweitert, es mussten neben den äusseren auch die inneren Kräfte in's Auge gefasst werden. Dadurch erhielt das Problem nunmehr die folgende Gestalt:

Durch welche Kräfte, innere sowohl wie äussere, wird der Ort der wichtigsten Neubildungen, der

Wurzeln und Sprosse, an gegebenen Pflanzentheilen bestimmt? — Und wie wirken dieselben Kräfte auf die Ausbildung schon vorhandener, aber ruhender Anlagen der genannten Bildungen?

Eine nähere Ueberlegung ergibt, dass das Problem in dieser Form einen der möglichen, und zwar wohl den nächstliegenden, Weg bedeutet, um den Ursachen beizukommen, welche die Gestalt des Pflanzenkörpers bedingen.

Mit der Behandlung dieses Problems habe ich mich nun in den verflossenen vier Jahren ziemlich ununterbrochen beschäftigt. Nachdem die hauptsächlichsten inneren Beziehungen am Zweige festgestellt waren, ging ich zur Wurzel, und von dieser zum Blatt über. Nebenher lief beständig die Untersuchung des Einflusses äusserer Kräfte auf das Verhalten der genannten isolirten Pflanzentheile.¹⁾

Von der Betrachtung der getrennten Theile wendete ich mich zu der der ganzen Pflanze. Durch eine Anzahl geeigneter Experimente und durch directe Beobachtung wurde festgestellt, dass *mutatis mutandis* für die ganze Pflanze oder, was dasselbe ist, für deren Theile im Zusammenhang dieselben Gesetze gelten, welche für die getrennten Theile gefunden wurden. Nur ist das Verhältniss an der Totalität wegen der Verschiedenheit ihrer Bildungen ein ungleich verwickelteres. — Von besonderer Bedeutung wurden für diesen Abschnitt der Untersuchung die Erfahrungssätze, welche sich in der Praxis der Obstbaumzucht seit Jahrhunderten gesammelt haben. Ein eingehendes Studium der betreffenden Fachliteratur lieferte das reichhaltigste, die eigne Untersuchung ergänzende Material. Umgekehrt erhielten jene Erfahrungssätze nunmehr die ihnen so gut wie vollständig fehlende theoretische Grundlage.

Nach zwei Seiten hin bot die Untersuchung mannigfache Anknüpfungspunkte. Zunächst führte sie auf das oft behandelte Problem der pflanzlichen Individualität. Die Ansätze zu einer physiologischen Fassung derselben finden sich sowohl in der

¹⁾ Die erste Mittheilung über meine Untersuchungen gab ich in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn, allgemeine Sitzung vom 3. Januar 1876; die zweite in der allgem. Sitzung vom 3. Juli 1876. Ein ausführlicheres Referat erfolgte im „Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. Herausgegeben von E. Pflüger“ Bd. XV, 1877. S. 153 ff.

älteren wie in der neueren Literatur, allein eine experimentelle Behandlung hat dieser Gegenstand bisher nicht erfahren. Gerade diese brachte unsere Untersuchung nothwendiger Weise mit sich. — Die rein historische Arbeit über die pflanzliche Individualität, welche ich nebenher unternommen habe, werde ich bei anderer Gelegenheit mittheilen.

Der zweite Gegenstand, mit dem sich wiederholt Berührungspunkte darbieten, war die ältere Lehre von der Bewegung der Säfte, specieller der plastischen Stoffe. Der Umstand, dass die bezüglich der letzteren gezogenen Schlüsse in früherer Zeit sich fast ausschliesslich auf die Entwicklung von Neubildungen irgend welcher Art gründeten, erklärt es, dass im Nachfolgenden eine Reihe von Erscheinungen behandelt wird, welche, freilich zum grösseren Theile in sehr ungenügender Art, schon seit Jahrhunderten bekannt sind. Es war mein Bemühen, alle in der fraglichen Richtung vorhandenen Angaben zu sammeln, und die ihnen zu Grunde liegenden Beobachtungen auf ihre ursächlichen Momente zurückzuführen. — Um jedoch jedem etwa möglichen Missverständniss vorzubeugen, sei zum Ueberfluss bemerkt, dass es sich in der vorliegenden Arbeit nicht um Säftebewegung, sondern lediglich um die Ursachen bestimmter Bewegungsformen insofern handelt, als die letzteren ja nothwendig mit der Entwicklung von Neubildungen im Zusammenhang stehen.

Es war ursprünglich meine Absicht, die sämtlichen Untersuchungen als ein Ganzes zu veröffentlichen, allein die allmählig eingetretene Häufung des Materials hat eine Theilung der Arbeit erspriesslich erscheinen lassen. Der erste Theil, den ich hiermit vorlege, umfasst die sämtlichen Untersuchungen über die Wirkung innerer und äusserer Kräfte auf die Organbildung an isolirten Pflanzentheilen, dem Zweig, der Wurzel und dem Blatt. Darauf erfolgt die Besprechung einiger naheliegender Gegenstände, und am Schluss endlich die Erörterung einiger Folgerungen für die allgemeine Zellentheorie, welche sich aus der Untersuchung ergeben haben. Verbunden damit ist eine kurze Discussion der physiologischen Individualität. — Der zweite Theil behandelt den Einfluss der im ersten erörterten Kraftformen auf die Gestaltung des Pflanzenkörpers in seiner Totalität, von der Keimpflanze an bis zum complexen Stock, besonders dem Baum; das Spitzenwachsthum und seine Beziehungen zum Geotropismus

wird einer allgemeinen und vergleichenden Untersuchung unterworfen. Den Schluss bildet eine kurze Geschichte der Arbeiten und Anschauungen über Säftebewegung im Pflanzenkörper, soweit dieselbe nicht schon von *Sachs* in seiner Geschichte der Botanik behandelt ist. Dieser zweite Theil ist der Hauptsache nach ebenfalls fertig, und ich gedenke denselben in nicht ferner Zeit nachfolgen zu lassen. — Beide Theile ergänzen sich gegenseitig derart, dass sie ein geschlossenes Ganzes bilden.

Eine Arbeit, welche, wie die vorliegende, so mannigfache Gegenstände behandelt, kann selbstverständlich nur mit zahlreichen Lücken behaftet sein. Derer, welche diese Arbeit besitzt, bin ich mir sehr wohl bewusst; füge aber hinzu, dass ich mit der Ausfüllung derselben und mit der Fortführung der Arbeit ununterbrochen beschäftigt bin.

Die wenigen Bemerkungen über Wachstumsursachen im Allgemeinen, welche den ersten Theil einleiten, sind hervorgerufen durch einige Missverständnisse, welche sich an den Gebrauch der Bezeichnung „innere Kraft“ in meinem Aufsatz in Pflüger's Archiv geknüpft haben. Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die fragliche Erörterung nichts zu sein beansprucht, als eine Darlegung des eigenen Standpunktes gegenüber dem berührten, überaus verwickelten Gegenstand.

Bezüglich der in der nachstehenden Arbeit befolgten Darstellung ist zu erwähnen, dass überall, wo nicht specielle Fälle oder Zahlen angeführt sind, Durchschnittsresultate gemeint sind. Die letzteren beruhen stets auf grösseren, und in allen wichtigeren Fällen auf ausgedehnten Versuchsreihen. Ich hatte anfänglich die Absicht, alle Angaben mit Einzelresultaten zu belegen; stand aber bald von diesem Vorhaben ab, weil die Natur der behandelten Objecte eine nur einiger Maassen übersichtliche Einzelbeschreibung kaum zulässt. Es sind daher Zahlen nur da angeführt, wo es der Gegenstand nothwendig mit sich brachte.

So übergebe ich die Arbeit den Fachgenossen mit der Bitte, dieselbe mit der Nachsicht aufzunehmen, welche jeder erste Versuch eines Autors auf einem von ihm bis dahin nicht bebauten Gebiete zu erwarten sich vielleicht erlauben darf.

Bonn, im Mai 1878.

H. Vöchting.

INHALT.

	Seite
Einleitung.	
Ueber Wachstumsursachen im Allgemeinen	1
Untersuchungs-Methoden	11
Spitze und Basis an Spross, Wurzel und Blatt.	
A. Spitze und Basis am Spross	22
a. Versuche mit Weidenzweigen	22
Dignität der Knospen und Bedeutung der Narben	43
Verhältniss zwischen Wurzeln und Knospen	51
Bedeutung des Alters der Zweige	54
b. Versuche mit Zweigen von <i>Lycium barbarum</i>	62
c. " " " " <i>Ampelopsis hederacea</i>	64
d. " " " " <i>Sambucus nigra</i>	66
e. " " " " <i>Pirus</i>	66
f. " " " " <i>Heterocentron diversifolium</i>	67
g. " " " " <i>Tradescantia Sellowi</i> u. <i>zebrina</i>	75
h. " " " " <i>Lepismium radicans</i>	76
i. " " " " <i>Begonia</i> - Arten	78
Zusammenfassung	82
B. Spitze und Basis an der Wurzel	84
a. Versuche mit Wurzeln von <i>Populus dilatata</i>	85
b. " " " " <i>Paulownia imperialis</i>	92
c. " " " " <i>Ulmus campestris</i>	92
C. Spitze und Basis am Blatt	92
D. Spitze und Basis an Früchten	110
Der Einfluss äusserer Bedingungen	119
A. Wirkung von Wasser-Contact	119
B. Wirkung von Wasser unter erhöhtem Druck	143
C. Wirkung der Berührung mit einem festen Körper	144
D. Einfluss des Lichtes	146
a. Versuche mit <i>Lepismium radicans</i>	148
b. " " Weidenzweigen	152
E. Einfluss der Schwerkraft	164
a. Versuche mit Weidenzweigen	168
b. " " Zweigen von <i>Heterocentron diversifolium</i>	184
c. " " Wurzelstücken	190

	Seite
F. Einfluss von Wachstums-Erscheinungen	193
Verschiedenes.	
Die älteren Umkehr-Versuche und eigne Experimente	198
a. Versuche mit Weidenzweigen	210
b. " " Zweigen von <i>Lycium barbarum</i>	216
c. " " Cacteen	220
d. " " <i>Impatiens grandifolia</i>	222
e. " " anderen krautigen Pflanzen	223
f. " " Wurzeln	223
Zur Theorie der künstlichen Vermehrung durch Stecklinge und Ableger	224
Vermehrung durch Ableger	225
Vermehrung durch Stecklinge	227
a. Stamm- und Stengelstecklinge	227
b. Wurzelstecklinge	230
c. Blattstecklinge	231
Abstossung von Theilen	232
Theilbarkeit niederer Thiere	236
Zur Zellentheorie. Die physiologische Individualität	240

... und die nächsten 10 Seiten ...
... and the next 10 pages ...

zu dürfen, dass eine schon von *de Candolle*¹⁾ gemachte Beobachtung in diesem Sinne zu deuten ist, wengleich sie möglicher Weise auf die verschiedene Dignität der Knospen, deren Bedeutung jener Autor nicht kannte, zurückzuführen wäre. — Die Ursache der fraglichen Erscheinung vermag ich nicht anzugeben.

Nimmt man anstatt der jährigen Zweige solche zum Versuch, welche nur wenige Monate alt sind, oder verwendet man Zweige einer Art, welche nur an der Basis Wurzeln bildet, so treten die Anschwellungen resp. Wurzeln gewöhnlich nur an der Basis auf. Nicht selten kommt es vor, dass solche verkehrt hängende Zweige Monate lang lebendig bleiben, und lange vergeilte Triebe, aber niemals im Wasser Wurzeln bilden.

Um die Frage nach der Wirkung des Wasser-Contactes noch weiter zu verfolgen, wurde dem Versuch eine etwas veränderte Gestalt gegeben. Es wurden nämlich (s. oben) weiche fest anschliessende Gummistopfen auf die Zweige geschoben, auf jene kürzere oder längere Glasröhren gesetzt, und diese mit Wasser gefüllt. Damit die Zweige zu ihren inneren Lebensverrichtungen stets reichlich mit Wasser versehen waren, wurden dieselben mit dem unteren Ende stets auf kurze Strecke in Wasser getaucht. In diesem Falle stand das Wasser, dessen Contact-Wirkung untersucht werden sollte, mit dem den Zweigen als Nahrung gebotenen nicht in Verbindung. Es handelte sich also bei dem ersteren lediglich um äussere Berührung. Derartige Versuche, in welchen die Röhren in sehr verschiedener Höhe angebracht waren, wurden zu verschiedenen Zeiten in grosser Zahl angestellt. Je nach den Species, welche dazu verwendet wurden, ergaben sie ein sehr wechselndes Resultat; jedoch stimmte dieses im Allgemeinen stets mit den Erfahrungen überein, welche sonst über das Verhalten derselben gewonnen waren. So wurden einjährige Zweige von *S. viminalis* von 50 Ctm. Länge mit 3 Glasröhren versehen, die je eine Länge von 10—12 Ctm. hatten, und diese mit Wasser gefüllt; das obere Ende der höchst angebrachten Röhren befand sich nur wenige Centimeter unter der Spitze der aufrecht hängenden Zweige. Das Resultat war, dass im Bereich jeder Röhre Wurzeln auswuchsen, jedoch so, dass die zahlreichsten, längsten und

¹⁾ *de Candolle*. l. c. S. 6.

stärksten im Bereich der unteren Röhre, die minder zahlreichen und schwächeren dagegen in dem der oberen vorhanden waren; die auf mittlerer Höhe stehenden Röhren nahmen auch in Bezug auf die Wurzelbildung eine mittlere Stellung ein. Ausser den ausgewachsenen Wurzeln im Wasser war noch eine Reihe der bekannten Wurzelhügel in den von Luft umgebenen Theilen der Zweige zwischen den Röhren erzeugt, deren Bildung auch hier ganz unabhängig vom äusseren Wasser-Contact erfolgte. Knospen wuchsen auch in diesen Fällen vorwiegend an den Spitzen aus. — Dass das Resultat der Hauptsache nach dasselbe bleibt, wenn man statt dreier nur zwei oder eine Röhre anwendet, braucht kaum erwähnt zu werden.

Nimmt man junge Zweige von *S. viminalis* oder ältere Zweige einer Art zum Versuch, die nach den früher gemachten Erfahrungen nur an der Basis Wurzeln erzeugt, so erhält man ein entsprechend abweichendes Ergebniss. Es bilden sich Wurzeln oder die erwähnten Anschwellungen nur an der Basis, während im Bereich des Wassers der an den übrigen Partien der Zweige angebrachten Glasröhren keine oder nur ganz vereinzelt Wurzeln producirt werden. Da solche aber auch unter Verhältnissen entstehen, in denen kein flüssiges Wasser die Zweigoberfläche berührt, so ist klar, dass kein genügender Grund vorliegt, die im ersteren Falle sich bildenden vereinzelt Wurzeln als Folge des äusseren Wasser-Contactes aufzufassen. Die Möglichkeit eines Einflusses des letzteren ist allerdings nicht ausgeschlossen; das aber lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass in den bisher angestellten Versuchsformen die äussere Berührung der Zweigoberfläche mit Wasser keinen irgendwie erheblich verändernden Einfluss auf den bekannten inneren Charakter der Zweige ausübt.

In den bis jetzt erörterten Versuchen war die Oberfläche der mit Wasser benetzten Zweigtheile beim Beginn derselben völlig unversehrt; sie blieb dies auch während der ganzen Dauer der Versuche, oder es entstanden in grösserer oder geringerer Anzahl Lenticellen, deren Bildung sich nicht unterdrücken liess. Ein directer Einfluss derselben auf den Verlauf der hier besprochenen Erscheinungen hat sich bisher nicht nachweisen lassen, und kann desshalb nicht in Rechnung gebracht werden. — Wir wollen nunmehr den Versuch dahin abändern, dass wir im Bereich einer auf beliebiger Höhe am Zweige befestigten Röhre an demselben

einen Ringelschnitt anbringen, und zwar derart, dass von der durch den letzteren erzeugten Spitze und Basis gleich lange Stücke von Wasser umgeben sind. Es erfolgt, was wir nach dem früher Erwähnten erwarten müssen. Ueber dem Schnitt ist eine Basis gebildet, und aus dieser gehen zahlreiche Wurzeln hervor; unter demselben, — den Zweig aufrecht gedacht, — eine Spitze erzeugt, welche keine Wurzeln führt. Natürlich erhält man auch hier ein verschiedenes Resultat je nach den Species, mit deren Zweigen experimentirt wird. Bei der einen Art entstehen an der Spitze gar keine Wurzeln; bei der anderen bilden sich solche, allein ihre Zahl und Stärke entspricht dem Ort, welchen sie an der Lebens-einheit einnehmen. — Es ist selbstverständlich, dass die eben beschriebenen Verhältnisse der Hauptsache nach dieselben bleiben, wenn man die Objecte umgekehrt hängen lässt. Ein solcher Fall ist auf Taf. I, Fig. 8, abgebildet. Im Bereich des Wassers sind hier Wurzeln nur an der Basis der unteren Lebens-einheit erzeugt; an der Spitze der oberen keine vorhanden. Wohl aber hat diese an ihrer in der Luft befindlichen Basis einige Wurzelanschwellungen, w, gebildet.

Die eben erörterten Versuche wurden vielfach mit Zweigen verschiedener Arten und zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt. Es wurden dazu nicht nur junge, nur wenige Monate alte, und einjährige, sondern auch mehrjährige, selbst 5 — 6 Jahre alte, mit einem Durchmesser von 15 — 16 Mm., verwendet; im Wesentlichen ergab sich immer dasselbe Resultat. Gewöhnlich wurde das Experiment so ausgeführt, dass, nachdem das Zweigstück mit Wasser getränkt war, die obere und untere Schnittfläche desselben mit Lack verschlossen, und dann nach Anbringung des Ringelschnitts der Kautschuckpfropfen und das Glasrohr aufgeschoben, und das letztere mit Wasser gefüllt wurde. Von dem Schnitt aus versah sich der Zweig in genügender Weise mit Wasser, und es konnte so das Ganze an jedem beliebigen Orte leicht aufgehängt werden.

Was die Knospen anbetrifft, so wachsen dieselben, vorausgesetzt dass sie am ganzen Objecte möglichst gleichförmig entwickelt sind, an der Spitze aus, gleichviel in welchem Medium sich diese befindet. Dass im Laufe der weiteren Entwicklung die von Luft umgebenen Triebe den im Wasser wachsenden gewöhnlich voraneilen, braucht kaum hinzugefügt zu werden. — Sind

an den älteren Zweigstücken die Knospen ungleichwerthig, so treten die Verhältnisse ein, welche früher beschrieben wurden. — Es sei hier gleich bemerkt, dass die zuletzt erörterten Experimente auch mit dem Unterschiede angestellt wurden, dass die Objecte das Tageslicht empfangen. Auch in diesem Falle sind die Resultate im Wesentlichen dieselben, doch tritt dann noch die Wirkung eines Faktors hinzu, dessen Einfluss erst später eine specielle Erörterung finden wird.

Es versteht sich von selbst, dass man im Bereich des Wassers anstatt eines vollständigen auch einen partiellen Ringelschnitt anbringen kann, den man am besten zugleich mit einem kleinen Einschnitt in das Holz verbindet, um die Wasserzufuhr zu erleichtern. Das Resultat entspricht dem, was früher über ähnlich behandelte, aber von einem anderen Medium umgebene Objecte gesagt wurde. Stets entstehen dann an der in der Luft befindlichen Basis die meisten Wurzelanschwellungen; ausserdem bilden sich gewöhnlich an der besonderen Basis im Wasser einzelne Wurzeln, die dann natürlich in dem günstigen Medium zu weiterer Entwicklung gelangen.

Allen zuletzt angestellten Versuchen war das gemeinsam, dass die äussere Berührung der Zweigstücke mit Wasser immer nur auf kürzerer Strecke stattfand, und dass relativ grosse Parteeen der Zweigoberfläche von Luft umgeben waren. Dabei fand sich, dass die Erscheinungen, welche wir früher unter Anwendung gleichförmiger Medien genauer studirt haben, im Wesentlichen keine Veränderung erleiden, sondern, soweit es das Wichtigste, die Durchlaufung der ersten Entwicklungsstadien, anlangt, im Allgemeinen gleich bleiben. — Wir wollen nun sehen, wie das Wasser wirkt, wenn es auf weiterer Strecke den Zweig berührt, oder wenn der letztere vollständig von Wasser umgeben ist. Mit der Untersuchung des letzteren Falles soll begonnen werden.

Glascylinder von etwa 30 Ctm. Höhe und verschiedenem Durchmesser wurden ganz mit Wasser gefüllt, und dann die Zweigstücke senkrecht in dasselbe hinabgesenkt. Um sie von vornherein ganz unter Wasser und in senkrechte Lage zu bringen, wurden an ihrem unteren Theile kleine Gewichte befestigt, während um das obere Ende ein Faden geschlungen wurde, der von einem quer über den Cylinder gelegten Glasstabe herabhing. Auf diese Weise konnten je nach der Grösse der Cylinder 6 — 10 Zweig-

stücke in denselben untergebracht werden. Die Höhe der Wasserschicht über den oberen Zweigenden betrug 2—3 und mehr Centimeter. Die stete Erneuerung des Wassers geschah von unten herauf in der Art, wie sie Eingangs beschrieben worden ist.

Solche Versuche wurden zuerst im Sommer 1875 mit vorigjährigen Zweigen, welche eine dünne Korksicht auf ihrer Oberfläche führten, angestellt, und die Objecte zunächst der Dunkelheit ausgesetzt. Nach 17tägigem Aufenthalt in derselben hatten die Zweige keinerlei sichtbare Neubildungen producirt. Nunmehr wurden die Cylinder dem Lichte ausgesetzt, und zwar in der unmittelbaren Nähe eines Fensters, das von etwa 11 Uhr Vormittags bis spät am Nachmittag vom directen Sonnenlicht getroffen wurde. Anfänglich assimilirten die Zweige trotz des sie umgebenden Korkes so lebhaft, dass sie einen mässigen Blasenstrom unterhielten; allein nach und nach erlosch diese Thätigkeit so weit, dass von einer Erzeugung von Blasen nichts mehr zu sehen war. Ausser einer Schaar von Lenticellen war auch jetzt an den Zweigen keinerlei Neubildung wahrzunehmen. Als der Versuch nach 5 Wochen beendet wurde, waren die Zweige noch völlig gesund. Ich zog daraus den Schluss, dass den Zweigen in dem Wasser der Cylinder wohl ein genügendes Quantum Sauerstoff geboten war, um die zum Leben derselben nothwendige Athmung zu unterhalten; dass jenes Quantum aber nicht ausgereicht hatte zu der intensiveren Lebensthätigkeit, welche die Production grösserer Neubildungen mit sich bringt.

Mit den eben beschriebenen Versuchen wurde gleichzeitig ein anderer gemacht, in welchem die Zweige horizontal gelegt wurden. Dieselben waren horizontal auf ein Gerüst von Glasstäben gebunden, das in eine mit Wasser gefüllte grosse Glasschale gesenkt wurde. Die übrige Behandlung war wie im vorigen Versuch. Auch in diesem Falle erzeugten die Zweige ausser Lenticellen keine sichtbaren Neubildungen.

Damit wurden die Versuche vorläufig unterbrochen, um im Frühling und Sommer 1876 weiter fortgeführt zu werden.

Wenn der Schluss richtig war, dass Mangel an freiem Sauerstoff die Ursache des Unterbleibens von Neubildungen abgab, dann handelte es sich darum, wie man denselben reichlicher zuführte. Ich legte mir zunächst die Frage vor, ob nicht das Innere des Zweiges selbst eine genügend breite Strombahn für den

Sauerstoff darstellen möchte, und veränderte den früher beschriebenen Versuch dahin, dass ich die vertical hängenden Versuchszweige mit ihrem oberen Ende ganz wenig über den Wasserspiegel hervorragten liess. Dieser Versuch gelang, jedoch nicht ganz so, wie ich es anfänglich vermuthet hatte. Es wuchsen nämlich an den aufrecht hangenden, einjährigen, kräftigen Zweigstücken von *Salix viminalis*, die zunächst zum Experiment verwendet wurden, nicht die Wurzelanlagen von der Basis nach der Spitze hin aus, sondern es geschah das Umgekehrte. Zuerst bildeten sich die Anlagen aus, welche nicht weit von der Spitze der Zweige in der Nähe der Oberfläche des Wassers standen, und von da aus setzte sich dieser Process allmählig nach der Basis hin fort, um aber manchmal schon auf halber Länge der Zweige stehen zu bleiben. In einzelnen Fällen schollen gleich anfangs die Anlagen an der Basis etwas an, wuchsen aber nicht aus. Dagegen bildeten sich an diesen Objecten die Knospen normal aus; die der Spitze gingen voran, und ihnen folgten tiefer stehende.

Der eben beschriebene Versuch wurde wiederholt, doch mit dem Unterschiede, dass die Zweige umgekehrt aufgehängt wurden, dass nicht die Spitze, sondern die Basis ganz wenig aus dem Wasser hervorsah. Nunmehr bildeten sich die Wurzelanlagen der Basis aus, und zwar so, dass wieder die längsten an und unmittelbar unter der Wasseroberfläche standen, und dass von da aus nach der Spitze hin die Länge der Wurzeln allmählig abnahm. — Die Knospen verhielten sich in diesem Falle verschieden. Bald wuchsen zunächst die apicalen etwas aus, um dann aber im Wachsthum stehen zu bleiben, während sich höher gelegene ausbildeten, und zwar am stärksten die nahe der Basis befindlichen; bald unterblieb die Ausbildung der apicalen Augen gänzlich, indessen sich die basalen oder solche, welche der Mitte des Zweiges nahe standen, entwickelten.

Und zwar war das Resultat der Versuche im Wesentlichen dasselbe, gleichviel ob dieselben dem Einfluss des Lichtes ausgesetzt waren, oder ob dieser ausgeschlossen wurde.

Durch dieses Verhalten der Zweige wurde der Schluss nahegelegt, dass das Quantum Sauerstoff, welches der Zweig mit dem freien Ende aufnehmen und in seinem Innern leiten konnte, in erster Linie zum Athmungs-Process aller lebendigen Zellen des Zweiges verwendet, der Ueberschuss dagegen zum Wachsthum

derjenigen Wurzel- und Sprossanlagen verbraucht wurde, welche der Zufuhrquelle am nächsten lagen; dass die letzteren zunächst möglichst viel von dem verfügbaren Sauerstoff an sich rafften, während die tiefer gelegenen Anlagen weniger und weniger erhielten, bis endlich die Menge desselben zum Wachsthum nicht mehr ausreichte. Inwieweit der in dem äusseren umgebenden Wasser vorhandene Sauerstoff zur Unterhaltung der Athmung der tiefer gelegenen Zweigpartieen mitwirkte, muss dahin gestellt bleiben. Sicher konnte sein Einfluss nicht von erheblicher Bedeutung sein, da das Wasser in diesem Versuche nicht stets von unten herauf erneuert, sondern nur soweit ergänzt wurde, als es durch Verdunstung an der Oberfläche und Bedarf der Zweige verbraucht wurde. — Auf diese Weise liess es sich verstehen, dass in den genannten Versuchen der eine Theil der inneren Kraft nicht zur Geltung kam; zugleich aber zeigte sich die Selbstständigkeit jeder einzelnen Anlage gegenüber der allgemeinen inneren Kraft, und das Zurücktreten der letzteren bei stärker einwirkenden äusseren Eingriffen.

Dass die innere Kraft aber auch in den dieser Versuchsform ausgesetzten Objecten noch vorhanden war, und nur den stärker wirkenden Einflüssen gegenüber nicht zur Geltung gelangte, geht aus folgenden Thatsachen hervor.

Erstens findet man schon unter den Zweigen der *Salix viminalis* einzelne Objecte, welche insofern eine Ausnahme von dem beschriebenen Verhalten machen, als sie bei aufrechter Stellung ihre Wurzeln nur oder fast nur an der Basis erzeugen; bei umgekehrter Lage ihre Knospen an der Spitze auswachsen lassen. Diese Ausnahmen werden zahlreicher, wenn man die Zweige mancher anderen Weidenarten verwendet. — In diesem Falle ist anzunehmen, dass die innere Kraft so stark ist, dass die äusseren störenden Momente ihren Einfluss nicht zu unterdrücken vermögen.

Zweitens lässt sich, wenn die Cylinder dem Tageslichte ausgesetzt werden, oftmals beobachten, dass Zweige, welche bei aufrechter Stellung anfänglich ihre längsten Wurzeln nahe der Wasseroberfläche gebildet haben, später, wenn an der Spitze längere Triebe erzeugt worden sind, an der Basis Wurzeln produciren, welche die höher stehenden nicht nur an Länge erreichen, sondern sogar häufig übertreffen. Offenbar wird durch die in der Luft befindlichen grünen Triebe die Sauerstoffzufuhr so reichlich, und der

gesamte Stoffwechsel in den Zweigen so lebhaft, dass nunmehr die störenden Einflüsse überwunden werden, und die innere Kraft noch nachträglich zur Geltung gelangt.

Drittens. Nimmt man zum Versuch junge, nur wenige Monate alte, aber kräftige Zweige von *S. viminalis*, so bilden diese, — vorausgesetzt, dass sie nicht, was manchmal geschieht, zu Grunde gehen, — bei aufrechter Stellung ihre Wurzeln zuerst und vorwiegend an der Basis, und bei umgekehrter Lage ihre Triebe vorwiegend an der Spitze. Nach dem, was früher über das Verhalten junger Zweige gesagt ist, lässt sich dies nicht wohl anders erwarten.

Endlich erhellt dieselbe Thatsache noch aus folgendem Versuche, der zugleich noch eine andere Bedeutung hat. Es handelte sich nämlich um die Beantwortung der Frage, welche Gewebeformen hauptsächlich den Sauerstoff zu den im Wasser befindlichen Partien der Zweige leiten, die äusseren, Rinde und Weichbast, oder die inneren, Holz und Mark. Um diese Frage zu beantworten, wurden an den Objecten ein oder mehrere Ringelschnitte angebracht, und jene dann mit nahezu ihrer ganzen Länge in Wasser gehängt. Nur in seltenen Fällen enthielten sich die Stücke unter den Ringelschnitten im Wasser aller Neubildung. Gewöhnlich liessen sie Wurzeln und Knospen auswachsen, und zwar manchmal in überaus charakteristischer Weise. Einer dieser Fälle, in welchem der Zweig verkehrt hing, ist auf Taf. I, Fig. 9, abgebildet. Das Zweigstück, welches nur auf ganz kurze Strecke, etwa bis zur Umschlingungsstelle des Aufhängefadens, aus dem Wasser vorragte, war durch zwei Ringelschnitte in drei Einheiten zerlegt. Alle erzeugten Triebe und Wurzeln, allein die Productionen nahmen von oben nach unten an Stärke ab. Die obere Einheit producirte an ihrer in der Luft befindlichen Basis einige Wurzelanschwellungen, und dann unter der Wasseroberfläche verhältnissmässig lange Wurzeln. Drei Knospen bildeten sich zu Trieben aus, von denen der apicale den übrigen weit voraneilte. — Die mittlere Einheit erzeugte an ihrer Basis eine längere und weiter unten zwei kürzere Wurzeln; die apicale Knospe entwickelte sich zu einem schmalen längeren Triebe. — Aus der unteren Einheit endlich gingen an der Basis einige Wurzeln hervor, während die beiden Apicalaugen ganz wenig auswachsen. — Alle Triebe zeigten energische negativ-geotropische Krümmung.

Der Zweig war nebst anderen während der ganzen Versuchsdauer dem vollen Tages- bez. Sonnenlicht ausgesetzt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die inneren Gewebepartien allein im Stande sind, den Sauerstoff zu leiten. Wahrscheinlich ist es allein oder doch weitaus vorwiegend das Holz, welches diese Function erfüllt. Um den Beweis dafür direct zu liefern, hätten Zweige auf kurze Strecke ihres Holzkörpers beraubt, und dann mit den eben beschriebenen unter die gleichen Bedingungen gebracht werden müssen. Allein dieses Experiment habe ich nicht angestellt.

Es wurde bisher stillschweigend angenommen, dass es lediglich mangelhafte Zufuhr von Sauerstoff sei, welche die im vorstehenden besprochenen Erscheinungen hervorruft. So wahrscheinlich die Richtigkeit dieser Annahme auf Grund allgemein bekannter Untersuchungen auch war, so musste doch immer noch ein directer Beweis für dieselbe erbracht werden. Es wurde dieser in folgender Weise zu liefern versucht. Auf das eine Ende eines Zweigstückes wurde mittelst eines durchbohrten Korkes ein kleines Glasgefäss geschoben (Fig. 13) und dieses mit Wasser soweit gefüllt, dass der Zweig in dasselbe hinabtauchte. Ausser der mittleren, für die Durchführung des Zweiges bestimmten Oeffnung war der Kork noch mit mehreren seitlichen Durchbohrungen versehen. Das so ausgerüstete Ende des Zweiges wurde in eine Flasche geführt, und mittelst eines weichen aber fest anschliessenden Kautschuckpfropfens in dieser luftdicht befestigt, während das andere Zweigende frei nach oben in die Luft ragte. Auf dem Boden der Flasche befand sich eine Schicht von Pyrogallussäure und Kalilösung, welche die Luft in der Flasche und das Wasser in dem Gefäss an der Spitze des Zweiges ihres freien Sauerstoffs beraubte, und während der Dauer des Versuchs sauerstofffrei erhielt. So wurde es erreicht, dass ein Theil des Zweigstückes von gewöhnlicher atmosphärischer, der andere dagegen von sauerstofffreier Luft umgeben war. Es fragte sich nun, ob der erstere im Stande war, dem letzteren so viel Sauerstoff zuzuführen, dass auch an diesem die Wachsthumsvorgänge in normaler Weise sich abspielen konnten, oder ob das zugeführte Quantum dazu nicht ausreichte.

Gleichzeitig wurden Controlversuche nach zwei Richtungen angestellt. Erstens wurden kurze Zweigstücke ebenfalls an ihrer Spitze mit Wasser versorgt, aber nicht zur Hälfte, sondern vollständig in die sauerstofffreie Flasche geführt. Sodann wurden Zweige in ganz gleicher Weise wie im Hauptversuch mit ihrem einen Ende in mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft gefüllte Flaschen gesteckt, welche durch eine seitliche Oeffnung stets mit der äusseren Luft in Communication blieb, sodass also keinerlei erhebliche Differenzen zwischen dieser und der im Innern der Flaschen entstehen konnten.

Die Weidenzweige wurden zunächst verkehrt eingesetzt, sodass die Spitzen sich in den Flaschen befanden. Es stellte sich heraus, dass im Bereich der letzteren keinerlei Wachsthum stattfand, dass dagegen die in der Luft befindlichen Knospen, und zwar zunächst die über dem Pfropfen stehenden, auswuchsen. An den in die Luft ragenden Basen bildeten sich einige kleine Wurzelanschwellungen.

Diejenigen Zweigstücke der gleichen Art, welche gleichzeitig in derselben Stellung in mit atmosphärischer Luft gefüllte Flaschen verkehrt gesteckt wurden, erzeugten, wie nicht anders zu erwarten war, in normaler Weise an ihren Spitzen Triebe.

Wurden die Zweige der ersteren Versuchsform nach Verlauf einiger Wochen aus der Flasche genommen, und in gewöhnliche atmosphärische Luft, mit der Basis in Wasser, gestellt, so bildeten sich an dieser die Wurzeln bald aus, während auch die Apicalknospen noch nachträglich auswuchsen. Das Gewebe der von Sauerstoff umgebenen Zweigtheile war demnach gesund und entwickelungsfähig geblieben. Diejenigen kurzen Zweigstücke dagegen, welche vollständig in die sauerstofffreie Luft der Flasche gesenkt wurden, waren, wie der Versuch lehrte, zu Grunde gegangen.

Nunmehr wurde der Versuch wiederholt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Zweigstücke nicht verkehrt, sondern aufrecht in die Flaschen gesteckt wurden. Wiederum fand im Bereich der letzteren kein Wachsthum statt; auch nicht die Spur einer Wurzelanschwellung war zu sehen. An der in der Luft befind-



Fig. 13.