

4. A. Rimbach: Beiträge zur Physiologie der Wurzeln.

Mit Tafel II.

Eingegangen am 20. Januar 1899.

Unter den Wurzeln der höheren Pflanzen kann man mit Rücksicht auf gewisse morphologische und physiologische Eigenthümlichkeiten vier Typen aufstellen, welche sich kurz als „Nährwurzeln“, „Starre Haftwurzeln“, „Zugwurzeln“ und „Speicherwurzeln“ kennzeichnen lassen.

Nährwurzeln.

Es giebt Wurzeln, welche weder bedeutende mechanische Widerstandsfähigkeit in Folge des Besitzes von Stereiden zeigen, noch contractil sind, noch Reservestoffe in sich ablagern. Ihre einzige Leistung besteht offenbar darin, der Pflanze Nährstoffe zuzuleiten, und man kann sie deshalb als reine Nährwurzeln bezeichnen. Ausschliesslich mit derartigen Wurzeln ausgestattet sind zum Beispiel *Dentaria bulbifera*, *Corydalis cava*, *Paris quadrifolia*, *Colchicum auctumnale*, *Gagea lutea*, *Tulipa silvestris*. Neben anders gearteten Wurzeln kommen jene auch bei *Crocus*-Arten, bei *Fritillaria meleagris* und *Scilla bifolia* vor. Sie gehen bei den genannten Pflanzen von im Innern der Erde fest liegenden Rhizomen aus und werden wenig oder gar nicht zur Befestigung der Pflanzen in Anspruch genommen. Die Wurzeln dieses Typus zeigen von allen die einfachsten Verhältnisse in morphologischer und physiologischer Beziehung. Der vorwiegend oder ausschliesslich aus leitenden Elementen bestehende Centralstrang wird von einem verhältnissmässig spärlichen Rindenparenchym umgeben. Letzteres neigt bei manchen Arten zum Zerfall und scheint in den älteren Theilen keine grosse Bedeutung mehr zu haben. Auch geringer Durchmesser, sowie wenig bestimmte, durch locale Einflüsse leicht zu ändernde Wachstumsrichtung gehören mit zu den Eigenthümlichkeiten dieser Wurzeln. Die Merkmale dieses Typus werden übrigens sehr häufig in den Spitzentheilen und den feineren Verzweigungen auch solcher Wurzeln angetroffen, welche in den basalwärts liegenden Theilen andere Eigenschaften besitzen.

Starre Haftwurzeln¹⁾.

Wurzeln, welche keine Reservestoffe speichern, auch nicht contractil sind, und bei denen die Nahrungsaufnahme so sehr zurücktritt, dass das Befestigen der Pflanze am Substrate ihre ausschliessliche

1) Der Ausdruck „Haftwurzeln“ ist hier im weiteren Sinne gebraucht.

oder wenigstens hauptsächlichste Function genannt werden kann — solche Wurzeln finden sich selten, beispielsweise bei epiphytischen Bromeliaceen. Hingegen findet man häufig neben der Function der Nährstoffleitung die mechanische Inanspruchnahme stark hervortretend. Und zwar wird die mechanische Widerstandsfähigkeit meist nicht durch Turgescenz, sondern durch Starrheit dickwandiger Gewebeelemente (Stereiden) bedingt. Das reichliche Vorhandensein von Stereom ist das Hauptmerkmal dieses Typus, und die hierher gehörigen Wurzeln sind von mehr oder weniger starrer Beschaffenheit. Besonders rein ausgeprägt findet sich dieser Typus bei epiphytischen Bromeliaceen, Araceen und Cyclantheen, bei erdbewohnenden Bromeliaceen, bei Gramineen und Palmen. Bei diesen Pflanzen gehen die Wurzeln von sehr oberflächlich liegenden oder ganz über dem Substrate befindlichen Sprossen aus und werden mechanisch stark in Anspruch genommen, stehen also in dieser Beziehung in einem Gegensatze zu den im vorigen Abschnitt gekennzeichneten Nährwurzeln. Im Centrum der Wurzel liegt stets ein Strang von Stereom, und hierzu gesellt sich häufig noch ein peripherischer Stereom-Hohlzylinder. Das dünnwandige Parenchym ist auch hier verhältnissmässig spärlich und neigt vielfach zum Zerfall.

Die bei den Monocotylen allgemeine und auch bei den Dicotylen häufige adventive Bewurzelung bei gleichzeitiger Entlastung der primären Hauptwurzel führt bei beiden Pflanzenklassen leicht zur Bildung von Stelzwurzeln.

Die Palmengattung *Iriarteia* bietet hiervon ausgezeichnete Beispiele. Fig. 1 der Tafel II stellt den Wurzelkegel einer Species dieser Gattung aus den tropischen Anden dar. Der etwa 35 m hohe Stamm nimmt vom Boden ab erst an Dicke zu, bis er seinen grössten Durchmesser von 18—20 cm in 2—3 m Höhe erreicht, und verjüngt sich nach oben zu wieder derart, dass er unterhalb der Blattrone nur noch etwa 9 cm Dicke besitzt. Die Krone besteht gewöhnlich aus fünf Blättern von je 2—2,5 m Länge und 1,5 m Breite. Die Zahl der Wurzeln beträgt an alten Exemplaren etwa 100; die jüngsten Wurzeln haben 3—4 cm Durchmesser und entspringen in 1,5 m Höhe über dem Boden. So entsteht ein stützender Kegel von 1,5 m Höhe und ungefähr ebenso viel Grundflächendurchmesser. Die Wurzeln verzweigen sich erst in der Erde, und nur, wenn ihre Spitze in der Luft verletzt wird, brechen aus derselben dünnere Seitenwurzeln hervor, welche in derselben Richtung fortwachsend ohne weitere Verzweigung die Erde aufsuchen. Der unmittelbar über dem Boden befindliche älteste Stammtheil stirbt nebst den dazu gehörigen ältesten und dünnsten Wurzeln im späteren Alter der Pflanze meistens ab, so dass der schwankende Spross dann von den Wurzeln ganz frei getragen wird.

Bekannt ist die Stelzwurzelbildung beim Mais¹⁾. Im tropischen Tieflande mit feuchter Luft sah ich an Maispflanzen häufig noch aus 20 cm Höhe über dem Boden hervorbrechende Wurzeln die Erde erreichen.

Unter den einheimischen Dicotylen ist *Galeopsis Tetrahit* ein Beispiel für die Bildung von Stelzwurzeln. Wenn diese einjährige Pflanze in feuchten Waldlichtungen wächst, so wird sie etwa $\frac{1}{2} m$ hoch und bildet einen schweren, reich verzweigten, ausgebreiteten Spross. Die Hauptwurzel bleibt verhältnissmässig schwach. Es brechen aber aus dem unteren Theile des Stengels, manchmal noch aus 5 cm Höhe über dem Boden, Adventivwurzeln hervor, welche erst in der Erde sich verzweigen (Fig. 2, A). Der über der Erde befindliche Theil der Wurzeln (sowie die knapp an der Oberfläche entspringenden Seitenwurzeln) zeichnet sich durch eine Eigenthümlichkeit des Baues aus: Während in den tiefer im Boden liegenden Wurzelstrecken die Holzmasse einen centralen, soliden Strang bildet (Fig. 2, C), erweitert sie sich in dem oberirdischen Theile zu einem Hohlcylinder, welcher der Peripherie näher liegt als dem Centrum und ein umfangreiches Mark in sich einschliesst (Fig. 2, B). Die Dicke dieses Holzringes ist auf der Aussenseite bedeutender als auf der Innenseite. Bekanntlich kommt solcher stammähnlicher Bau auch bei anderen Stelzwurzeln vor.

Zugwurzeln.

Bei manchen Pflanzen kommen Wurzeln vor, welche zur Befestigung wenig oder nichts beitragen, auch keine Reservestoffe speichern, welche aber durch Contractilität ausgezeichnet sind, d. h. durch das Bestreben, sich in der Längsrichtung zusammenzuziehen²⁾. Diese Wurzeln enthalten wenig oder keine Stereiden; solche Gewebeelemente würden ja auch die Zusammenziehung erschweren. Hingegen ist das dünnwandige Parenchym, welches die Contraction herbeiführt, relativ umfangreich und auch ausdauernd. Solche Wurzeln finden sich in höchst charakteristischer Weise ausgebildet beispielsweise bei *Scilla bifolia*, *Ornithogalum nutans*, *Crocus Imperati*, *Tigridia pavonia*, *Gladiolus communis*, *Oxalis lasiandra* und anderen. Die genannten Arten besitzen ausser den contractilen noch gewöhnliche Nährwurzeln, welche von jenen scharf geschieden und denjenigen von *Colchicum* oder *Tulipa* äusserst ähnlich sind. Andere Arten dagegen, wie *Arum maculatum*, *Hyacinthus candicans*, *Leucoium vernum*, zeigen keinen so schroffen Unterschied zwischen Nähr- und Zug-

1) Vergl. G. HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, 1884, S. 129.

2) Vergl. A. RIMBACH, Die contractilen Wurzeln und ihre Thätigkeit. Beiträge zur wissenschaftl. Botanik, herausgeg. von Prof. Dr. M. FÜNFSTÜCK, 1897.

wurzeln, sondern vielmehr einen allmählichen Uebergang zwischen beiden. Ein solcher Uebergang findet auch statt zwischen dem contractilen und nicht contractilen Theile jeder einzelnen Wurzel und ist auch am Verhältniss der Querschnittsfläche des Rindenparenchyms zu jener des Centralstranges zu erkennen. Bei *Lilium Martagon*, *Hyacinthus candicans*, *Convallaria majalis*, *Leucoium vernum*, *Arum maculatum* ist die absolute Dicke des Centralstranges im Basal- und Spitzentheile der Wurzel annähernd die gleiche. Die Querschnittsfläche des Rindenparenchyms jedoch ist im contractilen Basaltheile bei *Lilium* ungefähr 6mal, bei *Hyacinthus* 4mal, bei *Leucoium*, *Convallaria* und *Arum* 3mal grösser als im zugehörigen, nicht contractilen Spitzentheile.

Weil die in Rede stehenden Wurzeln unter allen Umständen einen Zug auf die Theile ausüben, von denen sie entspringen, so kann man sie als „Zugwurzeln“ bezeichnen. Durch ihren Zug werden die zugehörigen Sprosse der oben genannten Species in die Erde versenkt. Ausser zur Ernährung und Fortbewegung werden aber die contractilen Wurzeln bei manchen Arten, wie *Anthericum Liliago*, *Veratrum nigrum*, *Symphytum officinale*, *Plantago major*, *Succisa pratensis*, noch zur Speicherung von Reservestoffen verwendet. Bei den Genannten handelt es sich dabei, wenigstens in den späteren Lebensstadien, immer um Adventivwurzeln. Hier seien einige Beispiele vorgeführt.

Die im Herbst gereiften Samen der *Succisa pratensis* keimen im darauf folgenden Frühjahr. Während das Hypocotyl gewöhnlich sehr kurz bleibt und die Plumula nur wenig über den Boden sich erhebt, dringt die Keimwurzel schnell in die Tiefe und treibt Seitenwurzeln 1. und 2. Grades (Fig. 3, A). Das Epicotyl schwillt im Verlaufe der weiteren Entwicklung zu einem knollenförmigen, gestauchten Stämmchen an und entsendet seitlich Adventivwurzeln, welche, gleich der Keimwurzel selbst, sich verkürzen und das sich langsam nach oben verlängernde Stämmchen unter die Erdoberfläche ziehen (Fig. 3, B). Die Zahl der im ersten Jahre von der Pflanze hervorgebrachten Wurzeln beträgt etwa 12; die Keimwurzel sowie die ihr zunächst folgenden Adventivwurzeln sterben indessen meist schon innerhalb der ersten Vegetationsperiode ab. Auch später werden von jedem Jahrestriebe etwa 12 Stück Wurzeln erzeugt. Da an der älteren Pflanze die senkrecht stehende unterirdische Axe immer zwei Jahrgänge umfasst (Fig. 3, C) und die späteren Wurzeln auch zwei Jahre ausdauern, so findet man durchschnittlich ungefähr 24 Stück derselben an einem Exemplare vor. Die Wurzeln sind über 20 cm lang und im Basaltheil 2—3 mm dick, mit umfangreichem, von kleinen Stärkekörnern angefüllten Rindenparenchym und kleinem, ebenfalls stärkehaltigen Marke. Während sie in einigermassen feuchter

Erde keine Wurzelhaare hervorbringen, bilden sie einen dichten Pelz von solchen in Höhlungen des Bodens.

Bei *Plantago major* liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Auch hier steht nach der Keimung der Gipfel des Sprosses über der Erde, wird jedoch von der Keimwurzel und den bald aus dem knollenförmig sich entwickelnden, gestauchten Stamme hervorkommenden, schief abwärts gerichteten, contractilen Adventivwurzeln in kurzer Zeit unter die Erde gezogen. Der Gipfel des Stämmchens, der im Frühjahr nach der Keimung etwa 5 mm über der Erdoberfläche sich befindet, liegt im Herbst des ersten Jahres um eben so viel unter derselben. Die Wurzeln werden an 30 cm lang und treiben, zumal in ihrem Spitzentheile, zahlreiche dünne Seitenwurzeln. Sie haben bloss 1 mm Durchmesser, jedoch ist das mit Stärke gefüllte Rindenparenchym dem Gefässbündelstrange gegenüber verhältnissmässig umfangreich. Ist die Dicke der Wurzeln relativ gering, so ist ihre Zahl um so bedeutender. Bereits im ersten Jahre entstehen ungefähr 40 Stück, und an älteren Exemplaren zählt man an 60 lebende Wurzeln. Der senkrecht aufwärts wachsende Stamm, welcher im ersten Jahre etwa 1 cm Länge und fast eben so viel Dicke, später an 3 cm Länge und 1½ cm Dicke erreicht, treibt schon im ersten Jahre Blütenstengel und stirbt von unten her allmählich ab.

Ein gleichartiges Verhalten findet sich auch bei *Petasites officinalis*. Der Same dieser Art keimt sofort nach der Reife, wobei die Plumula etwa 3 mm über den Boden erhoben wird. Die Hauptwurzel wird etwa 10 cm lang. Es entstehen aber aus dem zu einem kugeligen Knöllchen anschwellenden, gestauchten Epicotyl immer stärkere Adventivwurzeln, welche sich steil abwärts richten und durch ihre Zusammenziehung das Stämmchen bis zum Herbst unter die Erde versenken. Die Adventivwurzeln, deren im ersten Jahre an 12 Stück sich bilden, werden über 20 cm lang und an 2 mm dick und treiben spärliche Seitenwurzeln 1. und 2. Grades. Sie enthalten ein verhältnissmässig reichliches, dem feuchten Standorte entsprechend mit weiten Intercellularen versehenes Rindenparenchym, in welchem sich Reservestoffe ansammeln.

Im Gegensatze zu *Succisa pratensis*, *Plantago major*, *Petasites officinalis* und ähnlichen wird bei einer Reihe anderer krautiger Gewächse die contractile Hauptwurzel zur Speicherung benutzt. Es gehören hierher von zweijährigen Stauden: *Dipsacus silvester*, *Daucus Carota*, *Petroselinum sativum*, *Verbascum*-Arten, von perennen Stauden: *Taraxacum officinale*, *Phyteuma spicatum*, *Atropa Belladonna*, *Aquilegia vulgaris* und andere. In der Art der Bewurzelung besteht zwischen den Perennen *Aquilegia vulgaris* und *Succisa pratensis* beispielsweise dasselbe Verhältniss wie zwischen den Annuellen *Delphinium Consolida* oder *Papaver Rhoeas* und *Galeopsis Tetrahit* oder *Impatiens noli tangere*.

Denn auch *Delphinium* und *Papaver* treiben eine senkrecht tief in die Erde hinabgehende Pfahlwurzel.

Auf ein Beispiel von stoffspeichernder, contractiler Hauptwurzel sei näher eingegangen. Die im Juli gereiften Samen von *Phyteuma spicatum* kommen im nächsten Frühjahr zur Keimung. Der Gipfel des Keimlings erhebt sich dabei ungefähr um 5 mm über den Boden (Fig. 4, A). Während der im Laufe des Jahres nur wenige Blätter hervorbringende Spross gestaucht bleibt, dringt die Hauptwurzel in die Tiefe und verzweigt sich sehr reichlich. Bald schwellen das Hypocotyl und der Basaltheil der Wurzel rübenförmig an und verkürzen sich gleichzeitig um so viel, dass im Herbst des ersten Jahres die Spitze des nur ganz unbedeutend verlängerten epicotylen Stengels nicht mehr über die Erdoberfläche hervorragt (Fig. 4, B). Auch in den nächsten Jahren bleibt der Spross gestaucht, und erst später gewinnt er eine ansehnliche Grösse und wird durch Verzweigung mehrköpfig. Die Hauptwurzel wird während dessen länger und dicker und verkürzt sich fortwährend, so dass die Grenze zwischen ihr und dem Sprosse immer weiter in die Erde hinabrückt (Fig. 4, C). Meistens werden einige Seitenwurzeln in Form und Thätigkeit der Hauptwurzel ähnlich. Wenn am Basaltheile der letzteren Seitenwurzeln dünn bleiben und sich erhalten, so werden sie im Laufe der Zeit, wie auf der Figur 4, C zu erkennen ist, mit in die Tiefe gezogen. Im fleischigen Gewebe der Wurzel lagern sich Reservestoffe ab. Wenn Gewebestücke in Alkohol aufbewahrt werden, so scheiden sich an den Zellwänden bedeutende Mengen von grossen Sphaerokrystallen ab, welche aus Inulin zu bestehen scheinen.

In manchen Fällen liegt die Bedeutung der contractilen Wurzeln nicht so sehr darin, dass sie die zugehörigen Sprosse fortbewegen, als vielmehr darin, dass sie diesen einen festeren Stand geben, indem sie dieselben an den Boden festspannen. Das tritt da ein, wo die Form, Grösse oder Lage der Sprosse eine Fortbewegung nicht zulässt, oder wo die contractilen Wurzeln selbst von so weit aus einander liegenden Punkten ausgehen oder in so verschiedenen Richtungen arbeiten, dass sie ihre Wirkung gegenseitig aufheben. Man könnte in solchen Fällen von „contractilen Haftwurzeln“ reden im Gegensatze zu den oben besprochenen „starren Haftwurzeln“. Ein Beispiel ist *Scrophularia nodosa*.

Speicherwurzeln.

Bekanntlich werden nicht immer sämtliche Glieder des Pflanzenkörpers zur Stoffspeicherung in gleicher Weise benutzt, sondern manchmal die Wurzel, manchmal der Spross, und in letzterem wieder im einen Falle der Stamm, im anderen das Blatt hierin bevorzugt.

Die betreffenden Organe erfahren dann eine besondere Ausbildung, und wir können sie Speicher-Stamm, Speicher-Blatt, Speicher-Wurzel nennen. Der Stamm dient ganz vorzugsweise als Speicher-Organ beispielsweise bei *Arum maculatum*, *Colchicum autumnale*, *Paris quadrifolia*, *Corydalis cava*, *Circaea lutetiana*; das Blatt bei *Scilla bifolia*, *Hyacinthus candicans*, *Fritillaria meleagris*, *Tulipa Gesneriana*, *Oxalis lasiandra*; der ganze Spross bei *Dentaria bulbifera* und *Adoxa moschatellina*; die Wurzel ist nahezu ausschliessliches Speicherorgan bei *Asparagus officinalis*, *Alstroemeria chilensis*, *Listera ovata*, *Phyteuma spicatum*, *Campanula Trachelium*, *Vincetoxicum officinale*.

Die Speicherwurzel ist, wie alle Speicherorgane, ausgezeichnet durch das Vorhandensein von ausdauerndem, mit Nahrungsstoffen gefüllten Parenchym. Dieses Parenchym ist in manchen Fällen so massig entwickelt, dass die ganze Wurzel oder bestimmte Strecken derselben die Form einer Knolle zeigen (*Hemerocallis fulva*, *Alstroemeria chilensis*, *Orchis mascula*, *Aconitum Napellus*, viele Marantaceen etc.). Vielfach sind die Speicherwurzeln contractil, wovon bereits im Vorhergehenden Beispiele angeführt wurden. Andere Speicherwurzeln sind ohne Contractilität und zeigen, besonders wenn sie von tief im Boden liegenden Rhizomen ausgehen und in Folge davon mechanisch wenig in Anspruch genommen werden, den Typus am reinsten (*Listera ovata*, *Alstroemeria chilensis*).

Was die Qualität der Reservestoffe betrifft, so unterscheiden sich die Wurzeln, wie es scheint, in nichts von den Speicher-Sprossen. Die quantitativ vorwiegenden stickstofflosen Reservestoffe treten gewöhnlich als Kohlenhydrate oder kohlenhydratähnliche Substanzen auf, und zwar entweder in Form von Stärkekörnern oder in Form von im Zellsaft gelösten Zuckerarten, Inulin u. dergl. Stärkekörner führen in ganz vorwiegender Menge zum Beispiel: Die Speicherstämme von *Arum maculatum*, *Paris quadrifolia*, *Circaea lutetiana*, *Dentaria bulbifera*, die Speicherblätter von *Lilium Martagon* und *Oxalis tetraphylla*, die Speicherwurzeln von *Tradescantia virginica*, *Listera ovata*, *Epipactis latifolia*, *Succisa pratensis*, *Aconitum Napellus*; vorwiegend gelöste Substanzen enthalten hingegen die Speicherstämme von *Polygonatum multiflorum*, *Physalis Alkekengi*, *Helianthus tuberosus*, die Speicherblätter von *Allium ursinum*, die Speicherwurzeln von *Asparagus officinalis*, *Hemerocallis fulva*, *Symphytum officinale*, *Phyteuma spicatum*, *Aquilegia vulgaris*.

Um eine Vorstellung von der Menge der in den Speicherorganen vorhandenen Reservestoffe zu bekommen, habe ich an einigen dieser Organe die Quantität des Zellinhaltes zu ermitteln gesucht¹⁾.

1) Die Untersuchungen wurden während der Winterruhe der Pflanzen, von November bis Januar, angestellt.

Zu diesem Zwecke wurde zuerst der Wassergehalt der Pflanzentheile durch dreistündiges Trocknen bei 100 ° C. im Trockenschranke bestimmt. Sodann wurde der Gehalt an Zellhautgerüst ermittelt, und zwar auf folgende Weise: A) Die stärkefreien Pflanzentheile (etwa je 20 g der frischen Substanz) wurden in kleine Stückchen geschnitten, 12 Stunden mit kaltem, dann 3 Stunden mit kochendem Wasser ausgezogen, indem während dieser Zeit die Masse wiederholt mit dem Porcellanstempel zerquetscht und das Wasser wiederholt abgesaugt und erneuert wurde. Der Rückstand wurde schliesslich auf ein bei 100 ° C. getrocknetes, gewogenes Filter gebracht, mit heissem Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen, bei 100 ° C. getrocknet und gewogen. B) Die stärkehaltigen Objecte wurden (ungefähr je 10 g der frischen Substanz) mit etwa dem doppelten Volum Wasser im Dampftopf 3 Stunden lang bei 3 Atmosphären Druck erhitzt und darauf nach dem Abkühlen mit Diastaselösung versetzt bei 65 ° C. im Wasserbade erwärmt bis zum Verschwinden der Stärke. Der Rückstand wurde auf ein vorher bei 100 ° C. getrocknetes, gewogenes Filter gebracht, mit heissem Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen, sodann bei 100 ° C. getrocknet und gewogen.

Der hierbei gewonnene Rückstand stellt im Wesentlichen das Zellhautgerüst vor. Die Menge, welche nach Abzug des Zellhautgerüsts von der Trockensubstanz übrig bleibt, sei hier als „Zellinhalt“ bezeichnet. Die gefundenen Mengen entsprechen selbstverständlich der Wirklichkeit nicht ganz genau. Zum Vergleiche habe ich auch bei einigen der untersuchten Pflanzen die sogenannte „Rohfaser“ nach der von W. HENNEBERG eingeführten und bei der Untersuchung von Futterstoffen gebräuchlichen WEENDER-Methode¹⁾ bestimmt. Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle auf der folgenden Seite (26) mitgetheilt.

Eine annähernd richtige Vorstellung von der Menge der in einem Pflanzentheile vorhandenen Reservestoffe kann man in den Fällen, wo die letzteren im Zellsafte gelöst sind, auch durch Untersuchung des ausgepressten Saftes erhalten. Deshalb wurden Wurzeln von *Asparagus officinalis* und *Hemerocallis fulva*, sowie Rhizome von *Polygonatum multiflorum* und *Helianthus tuberosus* auf den Trockensubstanzgehalt ihres Saftes untersucht: Die Pflanzentheile wurden eigens

1) Eine etwa 3 g Trockensubstanz entsprechende Menge frischer Pflanzentheile wird mit 200 ccm einer 1 $\frac{1}{4}$ proc. Schwefelsäure $\frac{1}{2}$ Stunde lang gekocht, die Flüssigkeit mit Heber entfernt, darauf zweimal mit je 200 ccm Wasser je $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht, hierauf mit 200 ccm 1 $\frac{1}{4}$ proc. Kalilauge und nach Entfernung der Flüssigkeit sodann zweimal mit je 200 ccm Wasser je $\frac{1}{2}$ Stunde lang gekocht, hierauf mit Alkohol und Aether beim Abfiltriren ausgewaschen, der Rückstand bei 100 ° getrocknet.

	Procente der frischen Substanz.				pCt. der Trocken-Substanz.
	Trocken-substanz	Zellhaut	Rohfaser	Zellinhalt	Zellinhalt
A. Rhizome.					
a) Stärkehaltige.					
<i>Paris quadrifolia</i>	25,23	2,15	1,63	23,08	91,47
<i>Circaea lutetiana</i>	19,71	2,59	—	17,12	86,85
<i>Dentaria bulbifera</i>	28,92	6,48	—	22,44	77,59
<i>Anemone nemorosa</i>	27,82	11,57	—	16,25	58,41
b) Stärkefreie.					
<i>Polygonatum multiflorum</i>	29,18	4,92	1,40	24,26	83,13
<i>Physalis Alkekengi</i>	16,56	4,99	—	11,57	69,86
<i>Helianthus tuberosus</i>	15,32	1,76	0,52	13,56	88,51
B. Zwiebelschuppen.					
<i>Lilium Martagon</i>	24,37	2,88	0,62	21,49	88,18
<i>Oxalis tetraphylla</i>	29,88 ¹⁾	3,41	—	26,47	89,58
C. Wurzeln.					
a) Stärkehaltige.					
<i>Aconitum Napellus</i>	25,11	3,73	1,62	21,38	85,14
<i>Vincetoxicum officinale</i>	35,51	7,81	4,34	27,70	78,00
b) Stärkefreie.					
<i>Asparagus officinalis</i>	27,06	6,18	2,61	20,88	77,16
<i>Hemerocallis fulva</i>	31,68	5,26	2,16	26,42	83,45

ausgesucht und sorgfältig gereinigt, dann rasch in Stücke geschnitten und mittels einer Presse von 5000 *kg* Druck ausgepresst. Dabei war Vorkehrung getroffen, dass der Saft auf keine Weise Verunreinigung erlitt. Eine bestimmte Gewichtsmenge des Saftes wurde sodann durch Verdünnung mit Wasser auf ein bestimmtes Volum gebracht. Dieser Flüssigkeit wurden bestimmte Volumina (je 10 *ccm*) entnommen und im Porcellanschälchen mit ausgeglühtem Sande zuerst auf dem Wasserbade unter beständigem Umrühren, zuletzt im Trockenschranke bei 100 ° C. zur Trockne gebracht. Der Trockenrück-

1) Nach Abzug von 3,06 pCt. rothbrauner, harzartiger, in Aether löslicher Substanz, welche, den Zwiebelschuppen äusserlich anhaftend, diese mit einander verklebt.

stand wurde dann durch Wägung festgestellt. Die Resultate sind folgende:

Asparagus officinalis. Angewandt wurden etwa 600 g ausgelesener, tadelloser Wurzeln erwachsener Exemplare. Der frisch ausgepresste Saft hatte das specifische Gewicht 1,0885. Die Trockensubstanz des Saftes betrug im Mittel 21,734 pCt.

Hemerocallis fulva. Angewandt wurden ca. 400 g ausgesuchte Wurzeln. Specifisches Gewicht des Saftes: 1,0798. Die Trockensubstanz des Saftes betrug im Mittel: 18,219 pCt.

Polygonatum multiflorum. Angewandt wurden etwa 400 g Rhizomstücke der drei jüngsten Jahrgänge, an denen Wurzeln und Knospen entfernt waren. Specifisches Gewicht des Saftes: 1,0890. Trockensubstanz des Saftes im Mittel: 20,660 pCt.

Helianthus tuberosus. Angewandt ca. 400 g Knollen. Specifisches Gewicht des Saftes: 1,0684. Trockensubstanz des Saftes im Mittel: 14,86 pCt.

Um annähernd die Menge der Kohlenhydrate des Saftes zu bestimmen, wurden 13,66 g Saft von *Hemerocallis fulva* auf 200 ccm verdünnt. Von dieser Flüssigkeit wurden je 50 ccm mit 2 ccm concentrirter Salzsäure im Wasserbade 20 Minuten lang bei 70° erwärmt, dann abgekühlt, mit kohlensaurem Natron neutralisirt und auf 100 ccm aufgefüllt. Die Lösung war dann etwa 0,5procentig. Mit dieser Flüssigkeit wurde die Zuckerbestimmung nach ALLIHN's Methode vorgenommen. Dieselbe ergab im Mittel 0,2895 g reducirtes Kupfer, woraus sich 17,64 pCt. Dextrose berechnen als Gehalt des ursprünglichen Saftes.

Oxalis tetraphylla bildet, wie *O. lasiandra* und *elegans*, rübenförmige, fleischige, stark contractile Wurzeln, welche die zugehörigen Zwiebeln in die Erde hinabziehen und dabei allmählich zusammenschrumpfen. Wegen ihrer bedeutenden relativen Grösse — der verdickte Theil ist oft 10 cm lang und 4—5 cm dick und hat durchschnittlich das Dreifache des Volums der zugehörigen Zwiebel — machen diese Wurzeln äusserlich den Eindruck von Reservestoffbehältern. Ich untersuchte dieselben, als eben die in Folge der Contraction auftretende Runzelung der Oberfläche sich an ihrer Basis zu zeigen begann, die Wurzeln also auf dem Höhepunkte ihrer Entwicklung sich befanden.

Das Parenchym der ganz prallen Wurzeltheile hatte einen Trockensubstanzgehalt von durchschnittlich 5,15 pCt. Ungefähr 400 g der sorgfältig gereinigten Wurzeln wurden ausgepresst. Der leicht trübe, schwach süsslich schmeckende und mit Lakmus schwach sauer reagirende Saft hatte das specifische Gewicht 1,015. Von diesem Saft wurden je 10 ccm mit Sand im Schälchen zur

Trockne gebracht, und es ergab sich ein mittlerer Trockenrückstand von 4,60 pCt. Der Gehalt an Kohlenhydraten, auf analoge Weise wie bei *Hemerocallis* ermittelt, entsprach 3,10 pCt. Dextrose. Es zeigt sich also, dass der Saft der *Asparagus*- und *Hemerocallis*-Wurzel sowie des *Polygonatum*- und *Helianthus*-Rhizoms 3 bis 5mal soviel Trockensubstanz enthält als derjenige der *Oxalis*-Wurzel. Ein ähnliches Verhältniss besteht auch zwischen dem Stickstoffgehalte der *Oxalis*-Wurzel und demjenigen einiger anderer Speicherorgane, wie aus der hier folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist. Den Stickstoff habe ich in diesen Pflanzentheilen nach der Methode von KJELDAHL bestimmt.

	Stickstoffgehalt in Procenten	
	der frischen Substanz	der Trockensubstanz
<i>Lilium Martagon</i> , Schuppen	0,3152	1,29
<i>Paris quadrifolia</i> , Rhizom	0,4063	1,61
<i>Asparagus officinalis</i> , Wurzel	0,4614	1,70
<i>Oxalis tetraphylla</i> , Wurzel	0,1034	2,00

Bei den *Oxalis*-Pflanzen verhält sich aber zur Zeit der vollständigen Ausbildung der contractilen Wurzel das Frischgewicht der Wurzel zu demjenigen der Zwiebel wie 3:1, das Trockengewicht wie 1:2. Da nun in Wurzel und Zwiebel das Verhältniss zwischen Trockensubstanz des Zellinhaltes und des Gesammtorganes ziemlich dasselbe ist, so ergibt sich, dass die Wurzel etwa $\frac{1}{2}$ mal so viel Zellinhalt beherbergt, als die Zwiebel. Trotzdem scheint die Wurzel nicht einmal als vorübergehender Nahrungsspeicher zu dienen, da zur Zeit, wo sie zusammenzuschrumpfen beginnt, die Zwiebel schon ihre vollständige Ausbildung beinahe erreicht hat. Die Bedeutung des voluminösen Parenchyms scheint demnach nicht in der Stoffspeicherung, sondern in der Zugkraft zu liegen.

Lebensdauer der Wurzeln.

Unter den krautigen Perennen finden sich die grössten Verschiedenheiten bezüglich der Lebensdauer der Wurzeln. Bei *Phyteuma spicatum*, *Plantago media*, *Aquilegia vulgaris* hat die Hauptwurzel eine scheinbar unbegrenzte Dauer. Die Wurzeln von *Polygonatum multiflorum*, *Anthericum Liliago*, *Asparagus officinalis*, *Paris quadrifolia*, *Listera ovata* dauern viele Vegetationsperioden hindurch

aus, sterben aber dann ab, während der Spross weiterwächst. Nur etwa 3 Jahre dauern jene von *Lilium Martagon* und *Leucoium vernum*.

Die Wurzeln mancher Arten dauern nur eine Vegetationsperiode. So diejenigen von *Arum maculatum*, *Colchicum auctumnale*, *Fritillaria meleagris*, *Gagea lutea*, *Tulipa silvestris*, *Ornithogalum nutans*, *Scilla bifolia*, *Gladiolus communis*, *Adoxa moschatellina*, *Corydalis cava*. Der Stamm letzterer Pflanze bleibt beim Absterben der Wurzeln erhalten und treibt jährlich neue. Bei manchen Arten der zuletzt genannten Gruppe sind während einer kürzeren oder längeren Zeit des Jahres Wurzeln überhaupt an der Pflanze nicht vorhanden. Die Reservestoffe werden in diesem Falle von den Sprossen beherbergt. Auch die einheimischen Ophrydeen sowie *Aconitum Napellus* haben einjährige Wurzeln; doch sind die letzteren hier Speicherorgane und werden deshalb immer noch vor ihrem gänzlichen Zerfall durch neue ersetzt.

Verzweignungsverhältnisse.

An manchen Pflanzen kommen nur einfache, unverzweigte Wurzeln vor. Solche sind: *Arum maculatum*, *Colchicum auctumnale*, *Merendera sobolifera*, *Gagea lutea*, *Tulipa silvestris*, *Ornithogalum nutans*, *Fritillaria meleagris*, *Leucoium vernum*, *Listera ovata*, die einheimischen Arten von *Orchis*, *Ophrys*, *Platanthera*, *Gymnadenia*. Unter diesen Wurzeln befinden sich sowohl einjährige (*Tulipa*, *Arum*), als auch mehrjährige (*Listera*, *Leucoium*); auch sind darunter sowohl einfache Nährwurzeln (*Gagea*) als auch Speicherwurzeln (*Listera*), sowie Zugwurzeln (*Arum*, *Fritillaria*). Für die letzteren ist also die Bildung von Seitenwurzeln nicht erforderlich, um Verankerung im Boden zu erzielen und Zugwirkung zu ermöglichen.

Unter den sich verzweigenden Wurzeln giebt es sowohl einjährige, wie die von *Gladiolus communis*, *Aconitum Napellus*, *Corydalis cava*, *Adoxa moschatellina*, *Oxalis tetraphylla*, *Circaea lutetiana*, als auch mehrjährige, wie die von *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Lilium Martagon*, *Anemone nemorosa*. Die Verzweigung ist bei den einen, wie *Paris* und *Anemone*, sehr spärlich, bei den anderen, wie *Polygonatum* und *Phyteuma*, sehr reichlich. Sie geht in der Regel nur bis zum zweiten Grade bei *Paris quadrifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Allium ursinum*, *Hemerocallis fulva*, *Anemone nemorosa*, *Dentaria bulbifera*, bis zum dritten Grade bei *Lilium Martagon*, *Phaedranassa chloracea*, *Bomarea Caldasiana*, *Corydalis cava*, bis zum vierten Grade bei *Phyteuma spicatum*, *Campanula Trachelium*. Auch unter den verzweigten giebt es sowohl einfache Nährwurzeln (*Corydalis*), als auch Speicherwurzeln (*Aconitum*) und Zugwurzeln (*Oxalis*).

Periodicität der Wurzelbildung.

Unter Periodicität der Wurzelbildung soll hier zunächst bloss das periodische Entstehen von Wurzeln aus dem Spross, nicht das periodische Fortwachsen der Wurzel an ihrer Spitze, noch die Periodicität in der Verzweigung verstanden werden. An vielen krautigen Perennen ist die Periodicität der Wurzelbildung aus dem Stamme sehr scharf ausgeprägt, indem die Wurzeln einer Pflanze alle gleichzeitig oder innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes auftreten, während der ganzen übrigen Dauer der Vegetationsperiode aber keine neuen mehr gebildet werden.

Es giebt nun Arten mit einmaliger und andere mit zweimaliger Wurzelbildung.

Arten mit einmaliger Wurzelbildung sind: *Gagea lutea*, *Tulipa silvestris*, *Arum maculatum*, *Corydalis cava*, bei welchen die Wurzeln bloss eine, und *Leucoium vernalis*, bei welchem dieselben mehrere Vegetationsperioden hindurch erhalten bleiben. Die Jahresperiode von *Arum*¹⁾ ist von mir bereits beschrieben worden, die der anderen Species möge hier kurz geschildert werden.

Gagea lutea. An den erwachsenen, meist über 10 cm tief in der Erde liegenden Exemplaren entstehen im Herbst, gewöhnlich im September, 50—60 Wurzeln von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ mm Dicke, welche etwa 15 cm lang werden und zahlreiche, lange Härchen tragen. Auch in der Zwiebel, aus deren Grunde jene hervorkommen, beginnt zu dieser Zeit das Wachsthum; doch treten gewöhnlich erst im folgenden Frühjahr, Ende Februar oder Anfang März, die Blätter und Blütenstengel aus dem Boden hervor. Während des April sind die Blüten geöffnet, und Ende Mai bis Anfang Juni kommen die Früchte zur Reife. Im Juni sterben die oberirdischen Theile und auch die Wurzeln ab, und während des Juli und August ruht die Zwiebel in der Tiefe. Im September beginnt derselbe Kreislauf von Neuem.

Tulipa silvestris. Die Zwiebel ruht im Juli und August blatt- und wurzellos unter der Erde. Im September treibt sie 20—30 fadenförmige Wurzeln von $\frac{1}{2}$ mm Dicke und etwa 15 cm Länge. Haare fand ich an denselben nicht. Zu Anfang März des folgenden Jahres erscheinen die Blätter über dem Boden. An Exemplaren, welche Ausläufer treiben, erscheinen diese letzteren zur selben Zeit, und wachsen, 10—15 cm Länge erreichend, bis zum Mai, in welchem Monate die an ihrer Spitze gebildete Zwiebel durch Auflösung des verbindenden Theiles frei wird. Im Mai entfalten sich die Blüten. Im Juni verwelken bereits die Blätter wieder, und es öffnen sich die Kapseln. Zur selben Zeit sterben auch die Wurzeln ab, und von Neuem tritt Ruhe ein.

1) Diese Berichte, 1897, Bd. XV, S. 181.

Corydalis cava. Die Knollen liegen während des Juli und August ohne Wurzeln und Blätter in der Erde. Anfang September brechen aus einzelnen Stellen der Knolle die fadenförmigen, $\frac{1}{2}$ mm dicken, Haare tragenden Wurzeln hervor und wachsen nach allen Seiten hin aus. Die Knospe entwickelt sich während des Herbstes und Winters nur wenig. Mitte März durchbrechen die Blätter und Blüten tragenden Stengel mit knieförmiger Biegung die Erde und entfalten sich schnell. Die Blüthezeit währt von Anfang Mai bis Ende Mai. Die Fruchtreife fällt von Anfang Mai bis Mitte Juni. Anfang Juni verwelken die Stengel und Blätter, gleichzeitig sterben die Wurzeln ab, und es beginnt wieder die Ruhezeit.

Leucoium vernum. Im Herbste, meist September, entstehen aus der Zwiebelachse stärkerer, blühbarer Exemplare 10—20 Stück 1—2 mm dicker, meist contractiler Wurzeln. Da dieselben 2—3 Jahre lang lebend bleiben, so besitzt eine solche Zwiebel 30—60 Stück. Die Blätter erreichen während des Winters mit ihren Spitzen die Erdoberfläche und treten in der Blüthezeit, im Februar oder März, über dieselbe hinaus; sie verlängern sich nach der Blüthe bedeutend und bleiben bis Anfang Juni erhalten, um dann zu verwelken. Ruhe herrscht auch hier im Juli und August.

Arten mit zweimaliger Wurzelbildung, d. h. Arten, deren Wurzelbildung sich auf zwei deutlich von einander geschiedene Zeitabschnitte vertheilt, sind folgende: *Colchicum auctumnale*, *Bulbocodium vernum*, *Merendera sobolifera*, *Scilla bifolia*, *Allium ursinum*, *Fritillaria meleagris*, *Crocus*-Arten, *Gladiolus communis*, die einheimischen Arten von *Orchis*, *Ophrys*, *Platanthera* und *Gymnadenia*. Die zu verschiedenen Zeiten gebildeten Wurzeln aller dieser Arten sind auch gestaltlich von einander verschieden.

Bezüglich *Colchicum* und *Allium* verweise ich auf die bereits von mir in diesen Berichten gegebene Beschreibung.¹⁾

Bei *Bulbocodium vernum* fand ich, dass, nachdem im Herbste sehr zahlreiche, dünne Wurzeln gebildet worden waren, im darauf folgenden März, während des Blühens, ähnlich wie bei *Colchicum*, eine einzige dicke Wurzel oberhalb des Wurzelbüschels zum Vorschein kam.

Die Knolle der verwandten *Merendera sobolifera* entsendet im Herbste eine Anzahl ganz dünner (etwa $\frac{1}{4}$ mm Durchmesser besitzender) mit spärlichen Haaren versehener Wurzeln. Im folgenden Frühling brechen neben diesen bedeutend dickere (1—2 mm starke) Wurzeln, 50—60 an Zahl, hervor. Dieselben sind, wie die ersteren, von gleichem Durchmesser in ihrem ganzen Verlaufe und stellen, gleich jenen, einfache Nährwurzeln dar. Im Sommer gehen sie mit dem zugehörigen Stammtheile sämmtlich zu Grunde.

1) Diese Berichte, 1897, Bd. XV, S. 248 und 298.

Die Zwiebel der *Scilla bifolia* ruht im Spätsommer unter der Erde verborgen. Im Herbst treibt sie eine grössere Anzahl etwa $\frac{1}{2}$ mm dicker, fadenförmiger Nährwurzeln. Blätter und Blüten treten im April des darauf folgenden Jahres über den Boden. Im Mai, während der Vegetation der Blätter, kommt dann eine einzige, fleischige, bis 5 mm dicke Zugwurzel hervor, welche senkrecht abwärts wächst. Der Basaltheil derselben, Anfangs glatt, wird, sobald die Verkürzung 30 pCt. überschreitet, an seiner Oberfläche runzelig. Die Verkürzung erreicht stellenweise eine Intensität von 60 pCt. auf 5 mm Länge und ist in etwa 6—8 Wochen beendet.

Fritillaria meleagris. Die zweimalige Wurzelbildung ist auch hier sehr auffallend. Die Zwiebel ruht während der Monate Juli und August wurzellos im Boden. Im Herbst brechen aus dem Zwiebelstamm ungefähr 20 Stück $\frac{1}{2}$ mm dicke, mit Haaren versehene, einfache Nährwurzeln hervor, welche an 20 cm lang werden. Im darauf folgenden März, also 5—6 Monate später, erscheinen nochmals etwa 20 ebenfalls behaarte Wurzeln, welche etwas höher als die früheren aus dem aufrecht stehenden Zwiebelstamm entspringen, steil abwärts wachsen und ebenfalls etwa 20 cm Länge erreichen. Die meisten von ihnen sind im Basaltheil ungefähr 2 mm dick und verkürzen sich beträchtlich in diesem Theile während der ersten 4—5 Wochen ihrer Entwicklung. Die Verkürzung beträgt bis zu 30 pCt. auf 5 mm Länge, und die Wurzel wird im Ganzen ungefähr um 10 mm kürzer. In Folge davon werden diese Wurzeln auf eine Strecke von 20 mm vom Grunde her runzelig, was sie beim ersten Anblick vor den Herbstwurzeln kennzeichnet, welche nicht contractil sind und glatt bleiben. Durch die contractilen Wurzeln wird der Zwiebelstamm, welcher sich jährlich um 3—5 mm nach oben verlängert, abwärts gezogen. Während des Juni sterben sowohl die im Herbst als auch die im Frühling entstandenen Wurzeln und ebenso die oberirdischen Theile der Pflanze ab. Mittlerweile hat sich auch nach Aussaugung der alten eine neue Zwiebel gebildet, welche nun bis zum Herbst in Ruhe bleibt.

Bei verschiedenen *Crocus*-Arten (z. B. *Crocus Imperati*) und *Gladiolus communis* entspringen im Herbst aus der Basis der alten Knolle zahlreiche dünne Nährwurzeln, darauf im Frühjahr eine einzige oder mehrere dicke, fleischige Zugwurzeln aus der Basis der neu gebildeten Knolle. Diese letztere treibt dann im Herbst wiederum die zahlreichen Nährwurzeln.

Als Beispiel für das Verhalten der Ophrydeen dienen *Gymnadenia conopsea*. Hier kommen im August aus dem Grunde der neuen Knospe 6—8 einfache, 2 mm dicke Wurzeln hervor, welche ungefähr in horizontaler Richtung ausstrahlen und an 15 cm lang werden. Die Knospe streckt sich dabei und erreicht mit ihrer Spitze die Erd-

oberfläche, verharret aber in diesem Zustande den Winter hindurch. Im folgenden April entfalten sich die Blätter über der Erde. Im Mai treibt der entfaltete Spross aus seinem Grunde die Ersatzknospe, welche sofort ihre knollige, in 6—9 steil abwärts wachsende Spitzen endende Speicherwurzel — eigentlich ein Wurzel-Conglomerat — entwickelt. Letztere wird etwa 20 cm lang und erreicht bis zum Sommer ihre endgiltige Grösse. In den Juni und Juli fällt das Blühen. Im August aber treibt die auf der zum Ueberwintern bestimmten Speicherwurzel stehende Ersatzknospe ihrerseits die horizontalen Wurzeln, mit deren Bildung die Jahresperiode begann. Im September öffnen sich die reifen Kapseln. Im selben Monat verwelken die Blätter und stirbt auch die vorjährige Wurzelknolle nebst dem zugehörigen Spross und den aus diesem entspringenden horizontalen Wurzeln ab. Zu einer eigentlichen Ruhezeit kommt es bei dieser Art nicht.

Vorkommen verschiedenartiger Wurzeln an derselben Pflanze.

Viele Pflanzenarten, wie *Paris quadrifolia* und *Corydalis cava*, zeigen grosse Uebereinstimmung ihrer sämtlichen Wurzeln in Bau und Thätigkeit; bei anderen Arten treten aber mehr oder weniger bedeutende Unterschiede auch zwischen Wurzeln einer und derselben Ordnung auf. Die verschiedenartig ausgebildeten Wurzeln sind bei manchen regelmässig durch Uebergang bildende Formen verbunden. So die dünnen, nicht contractilen und die dicken, contractilen Wurzeln von *Arum maculatum* oder *Polygonatum multiflorum*. Bei anderen Arten fehlen indessen die Uebergänge oder treten doch nur selten auf. Beispiele hierfür haben die vorausgehenden Ausführungen bereits gebracht. Es seien folgende Fälle besonders hervorgehoben:¹⁾

1. Sonderung in Nähr- und Zugwurzeln.

Getrennte Bildung von einfachen Nährwurzeln und Zugwurzeln findet sich bei *Allium ursinum*, *Scilla bifolia*, *Ornithogalum nutans*, *Fritillaria meleagris*, *Crocus*-Arten (*iridiflorus*, *Imperati*), *Gladiolus communis*, *Tigridia pavonia*, sowie zahlreichen verwandten Irideen. Abgesehen von der Contractionsfähigkeit unterscheiden sich die Zugwurzeln von den Nährwurzeln durch grösseren Durchmesser. Sie

1) Ueber Haft- und Nährwurzeln bei Kletterpflanzen und Epiphyten siehe bei F. A. F. C. WENT in Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Vol. XII, 1894. — E. WARMING berichtet über das Vorkommen von zweierlei Wurzeln bei *Sparganium ramosum* sowie *Oenanthe fistulosa* in „Botaniske Ekursioner“ (Vidensk. Meddel. fra den naturh. Foren. i Kbhvn. 1897) und bei *Carex arenaria* in „Ekursionen til Skagen“ (Botanisk Tidsskrift, 1897).

sind bei *Allium ursinum* und *Fritillaria meleagris* etwa 3 mal, bei *Scilla bifolia* 8 mal, bei *Gladiolus communis* 10 mal so dick, als die zugehörigen Nährwurzeln. In den Zugwurzeln pflegt der Gefässbündelcylinder etwas grösseren Durchmesser und zahlreichere Gefässstrahlen zu besitzen, wie in den Nährwurzeln. Ich fand bei *Allium ursinum* in der Zugwurzel 4—5, in der Nährwurzel 3, bei *Scilla bifolia* in der Zugwurzel 6, in der Nährwurzel 3, bei *Crocus Imperati* in der Zugwurzel 15, in der Nährwurzel 4 Gefässstrahlen. Besonders aber ist das Rindenparenchym in der Zugwurzel im Verhältniss zum Centralstrang weit umfangreicher als in der Nährwurzel. Die Querschnittsfläche des Centralstranges verhält sich zur Querschnittsfläche der Rinde

	in der Zugwurzel	in der Nährwurzel
bei <i>Allium ursinum</i>	wie 1 zu 60,	wie 1 zu 20,
„ <i>Fritillaria meleagris</i>	„ 1 „ 100,	„ 1 „ 15,
„ <i>Scilla bifolia</i>	„ 1 „ 145,	„ 1 „ 15.

2. Sonderung in Nähr- und Speicherwurzeln.

Zweierlei Wurzeln, und zwar Nähr- und Speicherwurzeln, finden sich bei zahlreichen Arten der Gattung *Bomarea*, im Besonderen bei *B. Caldasiana*, wo sie von der Unterseite des langen, horizontal in der Erde kriechenden, 1—2 cm dicken Rhizomes entspringen. Die Nährwurzeln sind 2—3 mm dick, werden ca 60 cm lang, sind behaart und treiben Zweige 1., 2. und 3. Ordnung. Die Speicherwurzeln, mit den vorigen gemischt, aber nur etwa in der halben Anzahl vorhanden, sind jenen ähnlich, ebenfalls behaart, werden aber nur 20—30 cm lang, verzweigen sich nicht und endigen ganz plötzlich in eiförmige Knollen von 6—10 cm Länge und 3—6 cm Dicke. Die Knollenstiele werfen später die peripherische Gewebeschicht ab, und es ist dann die ein weites Mark umschliessende Gefässbündelröhre durch eine zwei bis drei Lagen starke Schicht dickwandiger, gebräunter Zellen nach aussen abgeschlossen. In der Knolle sind Mark und Rinde stark erweitert und dicht mit Stärkekörnern angefüllt.

Eine ganz ähnliche Sonderung in dünne Nährwurzeln und knollenförmige oder wenigstens knollentragende Speicherwurzeln kommt auch bei *Dioscorea*-Arten, ferner bei verschiedenen Commelinaceen und Marantaceen vor. Eine Neigung dazu besteht auch bei *Hemerocallis fulva* und *flava*.

Herrn Prof. Dr. B. TOLLENS, Director des chemischen Laboratoriums des landwirthschaftlichen Instituts zu Göttingen, schulde ich vielen Dank für seine Rathschläge bezüglich des chemischen Theiles der vorstehenden Untersuchungen.

Erklärung der Abbildungen.

Die gestrichelten Horizontallinien bedeuten in allen Figuren die Erdoberfläche.

- Fig. 1. *Iriarteia spec.* $\frac{1}{40}$ natürl. Grösse. Unterer Theil des Stammes mit dem Stelzwurzelkegel. Die nach vorn abgehenden Wurzeln sind abgeschnitten, jene der Hinterseite der Deutlichkeit wegen weggelassen.
- „ 2. *Galeopsis Tetrahit* L. Aus einer Waldlichtung. A Unterer Theil des Stengels mit den Wurzeln. Natürl. Grösse. Bei *a* sind aus der beschädigten Spitze einer Wurzel mehrere Seitenwurzeln entsprungen. B und C Querschnitte einer Adventivwurzel; 10fache Grösse. — B vom oberirdischen Theile (*a* Aussen-, *i* Innenseite), C vom unterirdischen Theile (etwa 3 cm unter der Erdoberfläche). — *h* Holz.
- „ 3. *Succisa pratensis* Mch. Natürl. Grösse. A Keimpflanze im Frühling. B Dieselbe im Herbst des ersten Jahres, Längsschnitt. C Mehrjähriges, blühbares Exemplar, Längsschnitt. *st* Stamm, *w* contractile, reservestoffhaltige Adventivwurzeln.
- „ 4. *Phyteuma spicatum* L. Natürl. Grösse. A Keimpflanze im Frühling. B Dieselbe gegen Ende des ersten Jahres. Der Vegetationspunkt ist durch die gleich dem Hypocotyl sich verkürzende und zugleich zum Reservestoffbehälter umwandelnde Hauptwurzel unter die Erdoberfläche verlegt worden. C Altes Exemplar, im October. Der umfangreiche Stamm (*st*) trägt Narben abgestorbener Luftstengel und zahlreiche Knospen. — *hw* Hauptwurzel; *sw* Seitenwurzeln, deren Ausgangspunkt durch die Verkürzung der Hauptwurzel abwärts gezogen worden ist.
- „ 5. *Scilla bifolia* L. Natürl. Grösse. Oberflächlich sitzendes, jüngeres Exemplar, im Frühling, eben die fleischige, contractile Wurzel (*kw*) treibend. *nw* Die dünnen, im vorhergehenden Herbste gebildeten Nährwurzeln.

5. E. Ule: Ueber einen experimentell erzeugten Aristolochienbastard.

Mit Tafel III.

Eingegangen am 20. Januar 1899.

In einem Briefe, welchen ich am 3. Januar aus Rio de Janeiro erhielt, hatte man Blätter und Blüthen des von mir durch Fremdbestäubung hervorgerufenen Bastardes zwischen *Aristolochia macroura* Gomez und *A. brasiliensis* Mart. et Zucc. beigelegt. Ueberraschend für mich war nicht nur die rapide Entwicklung dieses Bastardes, denn ich hatte ihn noch im Juni als etwa 2 dm langes Pflänzchen gesehen, sondern auch die wunderbare Form, hervorgegangen aus so bizarr und verschieden gestalteten Blüthen. Die eine hat ein zwei-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Rimbach A.

Artikel/Article: [Beitrage zur Physlologie der Wurzeln 18-35](#)