

III.

Ueber Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Pflanzen.

Von

Dr. G. Volkens.

(Mit Tafel IV—VI.)

Liquide Wasserausscheidung als normale Funktion beblätterter Pflanzen ist zuerst bei Aroideen festgestellt worden. Habenicht¹⁾ beschrieb sie von der *Calla aethiopica* L., Schmidt²⁾ von der *Colocasia Antiquorum* Schott (*Arum Colocasia* L.). Die Beobachtungen des letzteren wurden von Duchartre³⁾ in einer eingehenden Arbeit weiter ausgeführt. — Das Phänomen ist an der *Colocasia*, die seit mehr als hundert Jahren in unseren Gärten eingeführt ist, ein so auffallendes, dass man sich füglich fragen darf, worin eine verhältnissmässig so späte Erwähnung in der Literatur — die Arbeit Schmidt's datirt vom Jahre 1831 — ihren Grund habe. Wahrscheinlich ist es der, dass bei Pflanzen, die in den Gärten unter gewöhnlichen Verhältnissen kultivirt werden, die Wasserausscheidung vorzugsweise nur in der Nacht stattfindet, sich also der Wahrnehmung leicht entzieht. Schmidt hielt seine Versuchsexemplare unter reichlicher Bewässerung innerhalb des geschlossenen Raumes eines Zimmers, während Duchartre die Pflanzen im Freien beobachtete, ein Umstand, der, wie aus späterem ersichtlich wird, es erklärt, dass Schmidt im Gegensatz zu Duchartre die Ausscheidung als Tag und Nacht fast in gleich hohem Grade auftretend beschreibt.

Das Wasser tritt bei der *Colocasia* aus der Spitze eines jeden Blattes hervor, da, wo die sich zusammenneigenden und in Folge eines peripherischen Nerven stark verdickten Blattränder plötzlich in ein mehrere Millimeter langes, fast cylindrisches Acumen übergehen. Bei

1) Habenicht: Ueber die tropfbare Absonderung des Wassers aus den Blättern der *Calla aethiopica*. Flora, 1823, Nr. 34, p. 529–536.

2) Schmidt: Beobachtungen über die Ausscheidung von Flüssigkeit aus der Spitze der Blätter des *Arum Colocasia*. Linnaea, 1831.

3) Duchartre: Recherches physiol., anatom. et organog. sur la *Colocase des Anciens*. Ann. des sc. nat. sér. IV, T. XII.

Anwendung einer Lupe erkennt man hier auf der Oberseite des Blattes in einer seichten medianen Aushöhlung gelegen zwei oder mehrere ungleiche Oeffnungen als die unmittelbaren Ursprungsstellen des Wassers, das später an der äussersten herabneigenden Spitze zu einem Tropfen gesammelt herniederfällt. Das Wasser ist fast chemisch rein; wenigstens hat Berthelot in ungefähr 400 *g* nur ganz geringe Spuren von kohlensaurem Kalk, Chlorkalium und einer organischen Substanz entdecken können.

Die Wasserausscheidung zeigte sich bei den sechs Stöcken, welche Duchartre beobachtete und die den verschiedensten Varietäten der Pflanze angehörten, ununterbrochen während der ganzen Vegetationsperiode hindurch. Sie begann gegen Abend, kurz vor oder nach Sonnenuntergang, wuchs graduell während der Nacht und hörte erst am Morgen auf, zur Zeit, wo die ersten Sonnenstrahlen die Blätter trafen. Nur an aussergewöhnlich trüben Tagen und bei einem hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft kam es vor, dass die Tropfenbildung volle 24 Stunden hindurch nicht aussetzte. — Was die Menge des ausgeschiedenen Wassers betrifft, so erwies sich dieselbe als abhängig einerseits von den meteorologischen Einflüssen, wie sie der Wechsel von Tages- und Jahreszeiten mit sich bringt, andererseits von der individuellen Natur der cultivirten Exemplare, ja es zeigten sich grosse Schwankungen zwischen verschiedenen sonst gleich grossen Blättern derselben Pflanze. Sie betrug als Ergebniss der Sekretion eines erwachsenen Blattes während einer Nacht im Mittel etwa 9–12 *g*, stieg aber bis zu 22 *g* und darüber. Infolge hiervon lösten sich die Tropfen bald in langen Intervallen von der Blattspitze ab, bald folgten sie so rasch auf einander, dass ihre Zahl kaum genau zu bestimmen war. Duchartre zählte zu Zeiten 20, 30 und mehr Tropfen, die innerhalb einer Minute von einem Blatt ausgeschieden wurden, er schätzt sie bei anderen Blättern bis zu 120 in der Minute. Mit Heftigkeit hervorgestossen, sichtlich unter dem Einfluss eines inneren Druckes stehend, ergossen sie sich im letzteren Falle wie ein Regen auf den Boden nieder. Dieses Resultat muss um so auffallender erscheinen, wenn man bedenkt, dass den beobachteten Pflanzen keineswegs ein so wasserreicher Boden und ein so feuchtwarmes Klima zu Gute kam, wie der den Tropen angehörige heimatliche Standort bietet, und es erscheint daher nicht ungerechtfertigt, wenn hier von einer wahren „*distillation végétale*“ gesprochen wird.

Während der Verfasser nicht in der Lage war, die geschilderten Angaben Duchartre's in Bezug auf das Thatsächliche der Erscheinung einer näheren Prüfung unterziehen zu können, — weitere Untersuchungen liegen in der Literatur auch nicht vor — vermag er dessen anatomische Befunde, aus denen sich die Bahnen des austretenden Wassers innerhalb des Blattstiels und der Blattfläche ergeben, lediglich nur zu be-

stättigen. — Zwei Dinge sind an der Blattspreite der *Colocasia* näher ins Auge zu fassen, einmal der äusserste Rand, der während seines ganzen Verlaufs fühlbar verdickt ist, dann die Blattspitze mit ihren Oeffnungen, aus denen das Wasser hervorquillt. Der verdickte Rand enthält, wie oben schon gesagt, einen submarginalen Nerven. Mit diesem vereinigen sich alle sekundären Nerven, die von der Mittelrippe ausgehend im spitzen Winkel und unter sich parallel fast in grader Linie auf ihn zustreben. — Bei einem Schnitt, der senkrecht zu Blattumriss und Blattfläche geführt ist, erkennt man mikroskopisch in der verdickten Randpartie die Querschnitte von vier, durch gewöhnliches Mesophyll getrennten Gefässbündeln. Das äusserste von diesen, das mit den drei übrigen, unter sich anastomosirenden keinerlei Verbindung einzugehen scheint, fällt, da es nur aus einer kleinen Gruppe trachealer Elemente besteht, wenig auf. Um so mehr springen die drei inneren in die Augen und zwar dadurch, dass jedes einen ausserordentlich grossen, unregelmässig ausgebildeten Intercellularraum enthält, dessen Höhlung nach der einen inneren Seite zu von weiten Spiralgefässen begrenzt wird. In der That also sind drei Kanäle vorhanden, die unter sich und der Peripherie des Blattes parallel in ungefähr gleichem Abstände von einander das Blatt am Rande in seiner ganzen Länge durchziehen. Leicht überzeugt man sich dabei, dass der Umfang der Kanäle von der Basis nach der Spitze des Blattes hin bedeutend zunimmt, also in dem Masse wächst, als der Zahl nach sekundäre Nerven in den Randnerven einmünden. — Apparate sui generis sind die drei Randkanäle nicht. Ein jedes Gefässbündel in der Blattspreite sowohl wie im Blattstiel enthält ebenfalls eine lakunäre, zum Theil von dicht anliegenden Gefässen begrenzte Höhlung, nur ist dieselbe im Umriss rundlich und unendlich viel kleiner als in einem jener marginalen Bündel. Bei den zahlreichen Anastomosen, welche zwischen all den einzelnen Bündeln bestehen, hat man es demnach im Blatt der *Colocasia* mit einem an den Verlauf der Fibrovasalstränge gebundenen System von Intercellularräumen zu thun, das sich zusammensetzt aus einem Netzwerk zahlloser feiner Röhren und einem Apparat, gebildet von drei grossen für diese gleichsam als Sammelbassins dienenden Randkanälen. Als Sammelbassins und damit als wirkliche letzte Behälter und Leiter des Wassers vor seinem Austritt qualificiren sich letztere erstens darum, weil sie, wie anatomisch feststeht, mit den unmittelbaren Ursprungsstellen des Sekrets, den erwähnten Löchern an der Blattspitze direkt communiciren. Fährt man nämlich mit einem Haar oder einer feinen Borste in eine jener oft mit blossen Auge erkennbaren Oeffnungen, so geräth man bald in den mittleren, bald in den inneren der drei Kanäle. Zweitens stimmen damit auch physiologische Thatsachen überein. Durchschneidet man den peripherischen Nerven rechts und links an einem Punkte nicht weit von der Spitze, so hört die Ausscheidung

durch die apikalen Oeffnungen sofort auf und man sieht das Wasser direkt aus den Kanälen austreten. — Dass die kleineren Intercellularräume, die sich in sämtlichen Gefässbündeln des Blattstiels und der Blattnervatur vorfinden, die weiter rückwärts gelegenen Circulationsbahnen des secernirten Wassers bilden, dürfte bei ihrem notorischen Zusammenhange mit den Randkanälen kaum zu bestreiten sein.

Was die Oeffnungen an der Blattspitze selbst anbetrifft, so sind sie nichts weiter als modificirte Spaltöffnungen. Einerseits erkennt man deutlich an ihnen zwei schmale, rudimentäre Schliesszellen als Begrenzung des grossen ovalen Porus, anderseits zeigen sich auch an jener Stelle der Blattspitze zahlreiche andere Stomata, die in Grösse und Form alle Uebergänge von den gewöhnlichen Luftspalten zu jenem von einem späteren Forscher als „Wasserspalten“ bezeichneten abnorm grossen Oeffnungen.

Die wahrscheinliche Ursache der Wasserausscheidung an den Blattspitzen der *Colocasia* ergibt sich für Duchartre aus den Beobachtungen, die er über die Periodicität der Erscheinung gemacht hat. „Es folgt aus ihnen“, sagt er, „dass die Wasserabscheidung im flüssigen Zustande der Verminderung der Transpiration der Blätter zugeschrieben werden muss. In der That ist es während der Nacht und während der Tagesstunden, in denen die Atmosphäre mit Feuchtigkeit überladen ist, d. h. also stets dann, wenn äussere Umstände die Verflüchtigung des Wassers in Dampfform ganz oder fast ganz unmöglich machen, wo man das Wasser als Flüssigkeit tropfenweis aus den Oeffnungen an der Blattspitze austreten sieht. . . .“ „Es scheint mir nicht schwer daraus, den Schluss zu ziehen, dass das Wasser, welches in Tropfen während der Nacht herausfliesst, dem entspricht, welches das Blatt während des Tages in Dampfform in die Luft entlässt. Mit anderen Worten, die Transpiration und die wässrige Sekretion stehen im umgekehrten Verhältniss zu einander, obwohl sie in Wirklichkeit nichts sind als verschiedene Aeusserungen desselben physiologischen Phänomens; die letztere nimmt zu, wenn die erstere sich bedeutend vermindert oder ganz aufhört; die eine und die andere haben zum Gegenstand und Ziel, die Pflanze des überflüssigen Wassers zu entledigen, welches sie mit Hülfe ihrer Wurzeln aus dem sehr feuchten oder sumpfigen Boden schöpft, in dem sie lebt. Das Phänomen, welches die *Colocasia* darbietet, ist also, wenn ich diesen Ausdruck gebrauchen darf, eine nächtliche liquide Transpiration, welche die gewöhnliche gasförmige Transpiration am Tage ersetzt.“

I. Wasserausscheidung bei *Calla palustris* L.

Dem Verfasser lag es zunächst daran, festzustellen, ob bei anderen Aroideen, von denen noch *Remusatia vivipara* von Rosanoff¹⁾ und

1) Bot. Ztg. 1869, p. 881. 882.

Arum peltatum von Mettenius¹⁾ als wasserabscheidende bezeichnet werden, dieselben Einrichtungen wiederkehren, wie sie von Duchartre bei der *Colocasias* beschrieben sind. Schon Sperk²⁾ hat in einer, von Rosanoff sonst mit Grund zurückgewiesenen Entgegnung auf Duchartre's Arbeit darauf aufmerksam gemacht, dass bei anderen Pflanzen, die ebenfalls Wasser ausschieden, keine intercellularen Kanäle als Leiter desselben vorhanden seien. — Verfasser wählte zu seiner Untersuchung die bei uns einheimische *Calla palustris* L.

Im Freien, an ihrem natürlichen Standort wurde eine Wasserabscheidung an den Blättern dieser Pflanze nicht beobachtet, dagegen konnte sie bei Exemplaren, die im Zimmer in reinem Brunnenwasser kultivirt wurden, den ganzen Sommer hindurch und zu jeder Tageszeit willkürlich hervorgerufen werden. Es genügt zu diesem Zweck, die Pflanzen in eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre zu bringen, was am einfachsten durch Ueberstülpen einer nach unten mit Wasser abgesperrten Glasglocke erreicht wird. Räthlich ist es, die Glocke innen mit schmalen, bis in das Wasser hinabreichenden Streifen von Fliesspapier zu belegen, damit eine schnellere und ausgiebigere Sättigung des abgesperrten Luftvolumens mit Wasserdampf erfolge. — Bei Anwendung dieses Verfahrens und so lange die Pflanzen noch nicht eine bestimmte Grenze ihrer Entwicklung überschritten haben, gelingt es meist schon vor Ablauf einer Stunde, Wasserabscheidung an den Blättern hervorzurufen. Sie zeigt sich als kleiner, vollkommen klarer Tropfen an der Spitze fast eines jeden Blattes, von den jüngsten unaufgerollten, mit ihrem Stiel noch in der Scheide verborgenen herauf bis zu den zu voller Grösse entwickelten. Das erste Sichtbarwerden des Tropfens ist, was seine genaue Lokalisierung anbetrifft, etwas schwankend. Wenn auch stets auf der oberen Seite der abgesetzten, zu einem cylindrischen Fortsatz ausgebildeten Blattspitze hervorquellend, tritt er doch bald auf der äussersten Kuppe zuerst auf, bald unmittelbar an der Basis des Organs, in dem Winkel, welcher von den sich zusammenneigenden und etwas aufwärts gebogenen Blatträndern gebildet wird. Die Erwähnung dieses Umstandes ist bemerkenswerth, weil bei entfalteten Blättern die schliessliche Placirung des Tropfens nach seinem allmählichen Anwachsen, sowie die Art seines Niederfallens davon abhängig ist. Erfolgte der Anfang der Sekretion am äussersten Ende des Blattacumens, so zieht sich der Tropfen, nachdem er eine gewisse Grösse erreicht hat, auf der nach unten gewendeten Seite der cylindrischen Spitze zusammen und fällt von dort bei der gewöhnlichen, schräg aufwärts gerichteten Lage der Blätter, sobald sein Volumen genügend genommen, durch seine eigene Schwere frei auf den Boden nieder.

1) Mettenius, Filices hort. bot Lips.

2) Bot. Ztg. 1869, p. 881 und 882.

Traten dagegen die ersten Spuren des ausgeschiedenen Wassers an der Basis der Blattspitze auf, an der Stelle, wo die Blattfläche in das Acumen übergeht, so rinnt der gebildete Tropfen auf der Oberseite des Blattes längs der Mittelrippe und weiter am Blattstiel herunter.

Die Zeit, welche von der Entstehung eines Tropfens bis zu seinem Abfallen vergeht und die als Maass für die quantitativen Verhältnisse in dem Phänomen dienen kann, ist verschieden je nach dem Stadium der Entwicklung, in dem die Versuchs-Exemplare stehen und je nach besonderen individuellen Eigenthümlichkeiten. Im Allgemeinen und im Verhältniss zur *Colocasia* ist sie eine äusserst lange, gewöhnlich zwei bis drei Stunden weit überschreitende, so dass im günstigsten Falle nur drei oder vier Tropfen als Ausscheidungsprodukt eines Blattes innerhalb zwölf Stunden gezählt wurden. Die Sekretion ist am ausgiebigsten zur Zeit, wo die Pflanzen sich noch im Wachsthum befinden, also etwa in den Monaten Mai und Juni. Später, namentlich nachdem die Blüthen- und Fruchtbildung eingetreten ist, hört an manchen Blättern die Tropfenbildung ganz auf, bei anderen ist sie auf einen Tropfen in etwa zwölf Stunden reducirt.

Wie die Einflüsse der Temperatur sich auf die Wasserausscheidung der *Calla*-Blätter geltend machen, lässt sich bei der gewählten Untersuchungsmethode und bei der geringen Menge des Sekrets, das von einem Blatt producirt wird, nicht mit Sicherheit angeben. — Das Licht ist für die Erscheinung ohne jeden Belang, denn ob die Glocken frei am Fenster oder in der Dunkelkammer standen, eine Vermehrung oder Verminderung der Sekretion trat dadurch nicht hervor. Wenn daher auch viele, namentlich jüngere Pflanzen, auch ohne dass sie sich in Wasserdunst gesättigter Atmosphäre befanden, sondern frei im Zimmer stehend in den frühesten Morgenstunden Wassertropfen an einzelnen Blattspitzen gewahren liessen, so ist dieses Resultat jedenfalls nicht auf Rechnung der Lichtentziehung während der Nacht zu stellen.

Um das Sekret aus den Blättern hervorzutreiben, ist eine gewisse Kraft nöthig. In der Blattfläche und dem Blattstiel kann der Sitz derselben nicht sein, denn Blätter dicht über der Ansatzstelle am Rhizom abgeschnitten und mit dem Stiel in Wasser gestellt, sind auf keine Weise mehr zur Sekretion zu bringen, obwohl sie oft eine Woche lang sich vollkommen frisch erhalten. Auch das Rhizom kann jene Druckkräfte nicht produciren. Entfernt man von einem solchen, das mehrere lebenskräftige Blätter trägt, sämtliche Wurzeln an ihrer Basis, verklebt auch wohl die Wundstellen mit irgend einer geeigneten Substanz, so dass ein Aufsaugen des Wassers nur durch eine am Ende des Rhizoms hergestellte freie Schnittfläche stattfinden kann, so hört jede Tropfenbildung auf, wenngleich die übrigen Funktionen der Blätter für eine geraume Zeit keine merkliche Einbusse erleiden. Wir können demnach gleichsam das Hebewerk des secernirten Wassers nur in den

Wurzeln suchen, in einer Kraft, die mit dem sogenannten Wurzeldruck identisch ist. Es geht dies auch aus anderen Thatsachen hervor. Durchschneidet man einen Blattstiel eines mehrblättrigen *Calla*-Stockes, ganz gleich ob dicht über dem Rhizom oder oben in der Nähe der Lamina, und betrachtet die Schnittfläche des stehenbleibenden Stumpfes, so sieht man, wie sich dieselbe in dem Moment, wo das Messer durchgeföhren, mit einer Wasserschicht bedeckt, die schnell anwachsend zu einem grossen halbrunden, schliesslich herabrinnenden Tropfen wird. Stundenlang währt dies „Nachbluten“ fort und zwar unabhängig davon, ob die Versuchspflanze in wasserdunstgesättigtem oder wasserdunstfreiem Raume steht, mit anderen Worten, ob sie an den Spitzen ihrer unverletzten Blätter in der Sekretbildung begriffen ist oder nicht. Unzweifelhaft geht hieraus hervor, dass die Druckkräfte, die das Wasser aus einer Schnittwunde resp. den Blattspitzen hervortreiben, rückwärts von den Blattansätzen gelegen sein müssen, also entweder im Rhizom oder in den Wurzeln. Der direkte Beweis für letzteres wäre geführt, wenn eine einzelne frisch losgelöste Wurzel, mit ihrer Spitze in Wasser gestellt, am freien Ende ebenfalls Tropfenbildung gewahren liesse. Buchstäblich ist dies in der That nicht der Fall. Immerhin aber lässt sich constatiren, dass die Schnittfläche einer abgeschnittenen noch jungen, etwa bis zur Hälfte ins Wasser tauchenden Wurzel sich bald mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt, die sich so oft erneuert, als sie vorsichtig mit Fliesspapier abgetrocknet wird. Druck in den Wurzeln, der Wasser aufwärts presst, ist demnach vorhanden. Seine Geringfügigkeit für eine einzelne Wurzel, die bekanntlich höchstens einen Millimeter Durchmesser hat, kann kein Hinderniss sein, ihn dennoch als ausschlaggebend für die Sekretion an der *Calla*-Pflanze hinzustellen. Die äusserst zahlreichen Wurzelfäden eines Stockes kompliciren sich in ihren Druckkräften sicherlich zu einem für die Erklärung des Phänomens genügenden Resultat.

Es ist oben darauf hingewiesen, dass ein Wasseraustritt aus den Stümpfen durchschnittener Blattstiele, und, wie wir hier hinzufügen wollen, auch aus Rhizomquerschnitten oberhalb der Wurzelansätze jederzeit stattfindet, auch dann, wenn eine Sekretion an den unverletzten Blättern nicht wahrgenommen wird. Der Wurzeldruck, der das Aufpumpen des Sekrets bewirkt, ist also eine ununterbrochen wirkende Kraft. Wie kommt es nun, dass die Wasserproduktion an den Blattspitzen nur während der Nacht, am Tage nur in einer wasserdunstreichen Atmosphäre zur Erscheinung kommt? Die Beantwortung dieser Frage kann nicht zweifelhaft sein. Sie wird das bestätigen müssen, was bereits Duchartre als wahrscheinlichen Grund der flüssigen Ausscheidung bei Aroideen bezeichnet hat. Der Wurzeldruck treibt Tag und Nacht beständig Wasser in die Höhe. Am Tage bei trockener Luft genügt die Transpiration der breiten Blattflächen, um ein gleiches

Aequivalent des aufgesogenen Wassers in Dampfgestalt frei in die Luft zu entlassen. In der Nacht und stets, sobald die Feuchtigkeit der Atmosphäre zunimmt oder sobald die transspirirenden Flächen, wie durch Abscheiden der Lamina, vermindert werden, reicht die Transpiration nicht mehr aus, es tritt eine Ausscheidung in flüssiger Form ergänzend oder ersetzend ein. Eigens dazu geschaffene Organe vermitteln dieselbe am Blatt.

Anatomie der Blattspitze.

Die Wassertropfen treten bei der *Calla* aus der Spitze der Blätter hervor. Dieselbe stellt ein 5—7 mm langes, nach vorn sich verjüngendes, seltner ein kurz knopfartiges, nach vorn verbreitertes Organ dar, das wahrscheinlich aus der Umrollung und Verwachsung der Blattränder zu einem soliden Cylinder entstanden ist. Sie ist bedeutend dicker als die eigentliche Blattfläche. In dieser verbreiten sich von einem starken Mittelnerv ausgehend zahlreiche, feine, bogig aufwärts gekrümmte Sekundärnerven, die sich alle, soweit sie nicht schon vorher Verbindungen untereinander eingehen, an den inneren zweier äusserst zarter paralleler Randnerven anlehnen. Die Epidermis der Blattfläche weist oben und unten normale Spaltöffnungen auf, doch ist deren Zahl oben bedeutend geringer als auf der Unterseite. Interessiren muss hier besonders die Epidermis der Blattspitze oder des Acumens. Zieht man dieselbe ringsherum ab, was sich an älteren Blättern meist leichter als an jüngeren bewerkstelligen lässt, so gewahrt man unter dem Mikroskop auf ihrem nach oben gewendeten Theil neben gewöhnlichen Spaltöffnungen noch andere, die sich in Grösse und Form von jenen auffällig unterscheiden. Um ein bedeutendes grösser als normale zeigen sich die Schliesszellen dieser heteromorphen Stomata ausserordentlich stark bogig nach aussen gekrümmt, so dass bei den charakteristischsten unter ihnen der Porus als ein weit offen stehendes, fast kreisrundes Loch erscheint. Physiologisch sind sie durch vollkommene Starrheit bemerkenswerth, wenigstens gelingt es nicht, durch Kontraktion ihres Plasmaschlauches mittelst Glycerin eine sichtbare Aenderung in ihrer Krümmung hervorzubringen. Bei dem Mangel anderer Perforationen der Epidermis dürfte schon aus dieser Thatsache hervorgehen, dass die heteromorphen Spaltöffnungen die Austrittsstellen des Sekrets darstellen, ihnen also auch der Funktion nach die zuerst von De Bary gebrauchte Bezeichnung „Wasserspalt“ zusteht. Bedürfte es dafür noch eines weiteren Beweises, so kann ein solcher aus der Art ihrer Vertheilung auf dem Blattacumen deducirt werden. Sie finden sich nämlich in ihrer typischsten Form an den Stellen, wo die ersten Spuren des Sekrets bei Beginn der Ausscheidung sichtbar werden, zu drei oder vier auf der äussersten Kuppe des Acumens und eine schwankende Anzahl weniger ausgebildeter an der Basis desselben, in dem Winkel, den die zartschwielig sich fortsetzenden Blattränder nach ihrer Verschmelzung zur Spitze mit einander bilden. Zwischen beiden

Gruppen treten neben äusserlich vollkommen normalen Luftspalten mitunter Uebergangsformen zu den typischen Wasserspalten auf. Auf der Unterseite des Acumens fehlen die Wasserspalten.

Das innere Gewebe des Acumens setzt sich aus dreierlei Elementen zusammen, aus gewöhnlichen, chlorophyllhaltigen Blattparenchym- oder Mesophyllzellen, aus zartwandigen, mit wasserhellem Inhalt erfüllten Epithemzellen und aus zahlreichen Enden zu einem centralen Bündel vereinigter Spiralgefässe. Die Anordnung dieser drei Elemente wird klar, wenn man unter Vergegenwärtigung der äusseren Form des Acumens sich einen grade abgestumpften Kegel denkt, dessen obere Abstumpfungsfäche nach aussen einem Kugelsegment, nach innen einem Cylinder zur Basis dient. Nur der Raum zwischen Cylinder- und Kugelmantel enthält Mesophyll, das Kugelsegment ist vorzugsweise von Epithemzellen, der Cylinder vorzugsweise von Spiralgefässen erfüllt. — Die Mesophyllzellen, deren Schichtenzahl an der Basis des Acumens gewöhnlich 4 bis 5 beträgt, unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der übrigen Blattfläche, weder ihrem chlorophyllreichen Inhalt noch der Form nach. Die der Epidermis zunächst liegenden sind langgestreckt, weiter nach innen und oben zu runden sie sich mehr und mehr ab. Die Intercellularräume zwischen ihnen sind mit Luft erfüllt, auch bei solchen Pflanzen, die in der Sekretion begriffen sind; sie stellen also keine Circulationsbahnen für das zur Ausscheidung kommende Wasser dar. — Etwas länger zu verweilen ist bei den Epithemzellen.

De Bary¹⁾ versteht unter einem Epithem ein Gewebe kleiner chlorophyllloser Zellen mit wasserhellem Inhalt, das an den Blattspitzen und Blattzähnen vieler Pflanzen (*Fuchsia*-, *Crassula*-, *Primula*-Arten) den fächerförmigen Ausbreitungen der Gefässelemente einer angeschwollenen Nervenendigung wie ein Deckel aufsitzt. Aus den Abbildungen, die er giebt, geht hervor, dass das Gewebe ihm meist als ein interstitienloses erschienen ist.

Was nun Inhalt und Vorkommen anbetrifft, so stimmen die Zellen, welche sich im Acumen der *Calla*-Blätter über und zwischen den Gefässenden vorfinden, vollkommen mit der von De Bary gegebenen Charakterisirung von Epithemzellen überein, sie weichen indessen ab in der Art ihrer Verbindung unter einander. Sie bilden ein Schwammgewebe, dessen zahlreiche und grosse Intercellularräume, so lange ein Blatt nicht welk erscheint, stets mit Wasser angefüllt sind. Zu dieser Ueberzeugung kann man nur durch Injektionsversuche gelangen. Das blosses mikroskopische Bild, welches Längsschnitte durch ein Acumen bieten, lässt eine Entscheidung über die Frage, ob besagte Zellen lückenlos oder mit Interstitien an einander grenzen, deshalb nicht zu, weil die Zellwände ausserordentlich zart sind und weil keine Differenz in der Licht-

1) De Bary: Vergleichende Anatomie, p. 391.

brechung der Inhaltsbestandtheile der Zellen einerseits und der Räume zwischen ihnen anderseits besteht.

Die Injektionsversuche wurden zuerst mit der Luftpumpe in der Weise angestellt, dass abgeschnittene Blattacumina mit ihrer Spitze in eine Carminemulsion tauchend unter den Recipienten gebracht wurden. Das Resultat war ein negatives. Nur die Athemhöhlen der Luftspalten und die ihnen zunächst liegenden Intercellularräume zwischen den Mesophyllzellen gelingt es auf diese Weise mit Carmin zu erfüllen. Durch den weit offen stehenden Porus der grossen Wasserspalten auf der Kuppe des Acumens dringt keine Spur der färbenden Substanz in das Innere des doch unmittelbar unter ihnen gelegenen Epithemgewebes. — Bei einem zweiten Versuch wurde eine Blattspitze in das fein ausgezogene Ende eines mit Carminemulsion gefüllten Röhrchens soweit eingeschoben, bis ein wasserdichter Verschluss erreicht war. Da die Blattspitze sich kegelförmig zuspitzt, hat dies keine Schwierigkeit, namentlich wenn man noch eine Verdichtung durch Talg zur Hülfe nimmt. Ueber die offene Mündung des Röhrchens wurde ein Schlauch gezogen und nun mittels eines an diesen luftdicht befestigten Kautschuckballons 10 bis 20 Minuten lang ein Druck auf die Flüssigkeit in der Röhre ausgeübt. Längsschnitte so behandelter Acumina zeigen keine Injektion innerhalb der Intercellularräume des Mesophylls, dagegen ein ausserordentlich reich verzweigtes rothes Netzwerk in der ganzen Ausdehnung des Epithemgewebes. — Die Resultate der beiden geschilderten Versuche, so lehrt eine einfache Ueberlegung, sind nur möglich, wenn zwischen den Epithemzellen ein mit Wasser erfülltes, zwischen den Mesophyllzellen ein mit Luft erfülltes System von Intercellularräumen existirt, von denen, wie sich aus der räumlichen Anordnung ergibt, das eine durch besondere grosse Wasserspalten, das andere durch gewöhnliche Luftspalten mit der Atmosphäre communicirt.

Gutgelungene Präparate von Blattspitzen, die nach der zweiten oben behandelten Methode injicirt worden sind, lassen die Zellformen des Epithems scharf hervortreten. Im allgemeinen kann man zwei davon unterscheiden, nach oben, der Epidermis zu, im ganzen rundliche, nur einige, wenige grössere Ausbuchtungen tragende, nach unten zu, sich zwischen die Gefässenden einschiebend, langgestreckte charakteristisch wellig hin und her gebogene. Die Aneinanderlagerung der einzelnen Zellen sowie ihre Anlage an die Gefässe erfolgt zumeist, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, mit den Wellenbergen.

Eine scharfe Grenze zwischen den Mesophyllzellen und denen des Epithems lässt sich nicht ziehen, vielmehr gehen sie durch Zwischenformen, die bei entsprechender Grösse und mehrfach buchtig ausgetriebener Gestalt geringen Chlorophyllgehalt besitzen, allmählich in einander über.

An völlig ausgewachsenen Blättern färben sich bald früher bald

später die obersten Schichten der Epithemzellen sowie die sie überlagernde Epidermis braun, um schliesslich gegen Ende der Vegetationsperiode ganz abzutrocknen. Diese Erscheinung, die an den Blattzipfeln vieler anderen Pflanzen ebenfalls vorkommt, erklärt sich wohl direkt aus dem Phänomen der Wasserausscheidung. Im Frühjahr, wo der Wurzeldruck stark ist, die Zahl der transspirirenden Blätter gering, tritt die Wasserksekretion fast allnächtlich ein, und die zarten Epithemzellen werden an einer reichlichen, sie umspülenden Wasserzufuhr nie Mangel leiden. Später, nachdem alle Blätter zur Ausbildung gelangt sind, verstärkt sich der Wurzeldruck zum mindesten nicht, die Fläche, welche Wasser in Gasform abzuscheiden vermag, ist mit der Zahl und Entwicklung der Blätter bedeutend gewachsen, und die Abscheidung von flüssigem Wasser wird aus diesem Grunde und, wie die Erfahrung bestätigt, um vieles verringert sein oder ganz aufhören. Den Epithemzellen fehlt jetzt die für sie nothwendige Wassermenge und sie kommen zur Abtrocknung in einer Reihenfolge, die in direktem Verhältniss zu ihrer Entfernung von der transspirirenden Oberfläche des Organs steht.

Das dritte Element, das in der Zusammensetzung des inneren Acumengewebes der *Calla*-Blätter bei weitem den grössten Raum in Anspruch nimmt, bildet der centrale Gefässcylinder. Derselbe geht aus der Verschmelzung zweier Fibrovasalstränge hervor, die als peripherischer Nerv dem äussersten Rande des Blattes folgen und in direkter oder indirekter Verbindung mit sämmtlichen, als sekundäre Nerven hervortretenden Gefässbündeln der Blattspreite stehen. Die einzelnen Gefässe in der Blattspitze, deren Zahl eine ganz bedeutende ist, tragen alle ein spiralgiges Verdickungsband. Während sie im unteren Theil des Acumens zu einem geschlossenen Bündel angeordnet sind, treten sie an der äussersten Spitze etwas auseinander und schieben sich allenthalben mit ihren Enden zwischen die Epithemzellen ein. Einige und zwar die mittleren von ihnen erstrecken sich häufig bis auf wenige Zellschichten unterhalb der Epidermis. Am oberen Ende sind sie geschlossen. Man erkennt dies einerseits aus ihrer scharfen Zuspitzung, die deutlich wird, sobald man sie durch Maceration isolirt, andererseits aus der Thatsache, dass ihre Injicirung mit Carmin von oben her durch die Wasserspalten der Epidermis in keinem Falle gelingt.

Circulation des Ausscheidungswassers.

Wenn aus der vorhergehenden Anatomie der Blattspitze mit Bestimmtheit hervorgeht, dass das Sekret, welches *Calla*-Blätter absondern, durch die Intercellularräume des Epithems und durch die Wasserspalten hindurch gepresst wird, so fragt sich weiter: Auf welchem Wege gelangt das ausgeschiedene Wasser in die Blattspitze, welches sind seine Circulationsbahnen innerhalb Blattspreite und Blattstiel? Da in den Gefässbündeln der *Calla*-Blätter intercellulare Kanäle, die bei der

Colocasia eine wasserleitende Rolle spielen, nirgends vorgefunden werden, wären a priori drei Antworten auf diese Fragen möglich. Entweder wandert es durch die zahlreichen zusammenhängenden Intercellularräume des parenchymatischen Grundgewebes oder durch die Gefässe oder endlich in den Wänden von Zelle zu Zelle. Das erste ist darum zurückzuweisen, weil alle Interstitien von den grössten im Parenchym des Blattstiels bis zu den kleinsten im Mesophyll auch zur Zeit der lebhaftesten Sekretion stets mit Luft erfüllt sind. Für das zweite, die Gefässe als die wasserführenden Gebilde anzusehen, spricht von vornherein der Umstand, dass sie in dem secernirenden Organ, der Blattspitze, einmal eine ausserordentliche quantitative Entwicklung erreichen, dann auch bis zu den letzten als wasserführend bereits festgestellten Räumen unterhalb der Epidermis, den Intercellulargängen des Epithems, unmittelbar heranreichen. — Dazu kommen noch andere Beobachtungen. Durchschneidet man einen Blattstiel eines in Wasser vegetirenden, nicht zu alten Stockes und betrachtet die Schnittfläche des Stumpfes, nachdem man dieselbe mit Fliesspapier abgetrocknet hat, schnell darauf mit einer Lupe, so sieht man, wie sich nur aus den Gefässbündeln kleine Wassertropfen erheben, die erst später zusammenfliessen und die bereits geschilderte Erscheinung des Nachblutens hervorrufen. Ferner, trennt man von der Spreite eines jüngeren Blattes etwa die obere Hälfte mit einem scharfen Messer ab, so treten an dem stehenbleibenden Theil aus allen durchschnittenen Nerven und nur aus diesen Wassertropfen hervor, eine zierliche einer Perlschnur vergleichbare Reihe bildend. Aus beiden Thatsachen ergibt sich soviel als bestimmter Schluss: Das Wasser, welches in den *Calla*-Blättern unter einem gewissen Druck emporgetrieben wird und unter Umständen an der Spitze in flüssiger Form zur Abscheidung kommt, bewegt sich innerhalb der Gefässbündel.

Um weiter zu entscheiden, ob die Hohlräume der Gefässe selbst oder die zelligen Elemente innerhalb des Bündels Träger der Wasserleitung sind, sei es gestattet, von dem speciellen Fall bei der *Calla* zunächst abzusehen und einen allgemeinen Blick auf die Ansichten über Wasserleitung im Holz, über Inhalt und Bedeutung der Gefässe zu werfen.

II. Wasserleitung im Holz.

Sachs sagt in seinem Lehrbuch¹⁾: „Während die für die Wachstums- und Ernährungsprocesse nöthige Wasserbewegung nothwendig in den verschiedensten Gewebeformen stattfinden muss, im Parenchym und selbst im Urmeristem der Wurzelspitzen und Knospen sich vollzieht, ist es dagegen gewiss, dass die durch Verdunstung hervorgerufene

1) Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl., p. 647.

Wasserströmung sich ausschliesslich im Holzkörper der Fibrovasalstränge bewegt; alles übrige Gewebe kann an irgend einer Stelle zerstört werden, ohne dass die Wasserströmung aufhört, wenn nur das Holz erhalten bleibt.“

Er bezeichnet im weiteren den Transpirationsstrom im Holze als einen durch Saugung hervorgerufenen, sich nicht in geschlossenen Hohlräumen bewegenden und unterscheidet ihn ausdrücklich von einem zweiten Strom, der „unabhängig von dem Verbrauch des Wassers zum Zwecke der Verdunstung“ durch einen Druck von hinten her, von den Wurzeln vermittelt wird. Letzterer, der in den Gefässröhren selbst aufsteigt, macht sich nach ihm an vielen Pflanzen von geringer Höhe (Gräser, Aroideen, Alchemillen) dadurch bemerklich, dass an bestimmten Punkten der Blätter Wasser in Form von Tropfen herausgepresst wird. — Sachs beantwortet nach diesem die Frage nach der Wasserleitung im Holz in dem Sinne: Das Wasser, welches die Blätter durch Transpiration verlieren, nimmt seinen Weg durch die Zellwände des Xylems, das Wasser, welches in liquider Form ausgestossen wird, steigt in den Gefässröhren auf. Das eine schliesst er vornehmlich aus der Thatsache, dass die Hohlräume des leitenden Holzes gerade zur Zeit der stärksten Transpiration nicht Säfte sondern Luft enthalten, das andere aus dem Umstande, dass Pflanzen mit starkem Wurzelsystem wie Birke, Ahorn, Kürbis, Mais, Nessel, über der Wurzel abgeschnitten sogleich oder nach einiger Zeit reichlich Wasser aus den Gefässen des Xylems austreten lassen. Direkte Beobachtungen, ob denn Pflanzen, die in der Sekretion liquiden Wassers begriffen sind, wirklich Wasser in den Gefässen der Blätter, Blattstiele, überhaupt der oberen Theile enthalten, führt er nicht an.

Die Bedeutung der Sachs'schen Auffassung für vorliegende Arbeit liegt in der scharfen Trennung und Gegenüberstellung eines Transpirations- und eines Wurzeldruckstromes. Beide sind nicht nur räumlich durch ihre Bahnen von einander geschieden, sondern auch zeitlich, indem der eine eintritt, sobald der andere ganz oder theilweise unterdrückt ist. Ausdrücklich wird hervorgehoben, dass abgesehen von den Zeiten, wo die Transpiration gering ist oder wo sogar Wasser an den Blättern in Tropfenform ausgeschieden wird, der Wurzeldruck (also auch der Wurzeldruckstrom) an der unverletzten Pflanze überhaupt gar nicht existirt.¹⁾

1) Wenn Sachs der Ansicht zu sein scheint, dass die künstlich durch gewaltsames Einpressen von Wasser mittelst Quecksilberdruck hervorgerufene Sekretion an den Blättern abgeschnittener Sprosse von Kartoffeln, Aroideen, Mais etc. der freiwilligen Tropfenabscheidung unverletzter Pflanzen an die Seite zu stellen sei, so kann sich Verfasser nicht damit einverstanden erklären.

Wasser, das gewaltsam und gleichmässig auf der ganzen Fläche eines hergestellten Querschnitts eingepresst wird, tritt natürlich immer, sobald der Druck nur gross genug

Zu wesentlich anderen Ergebnissen als Sachs wird Höhnel¹⁾ in Bezug auf die Wasserleitung im Holz der Pflanzen geführt. Gestützt auf vorbereitende Arbeiten Hartig's²⁾ und Böhm's³⁾ und auf eigene, zahlreiche und exakte Experimente gelangt er zunächst zu dem bestimmten Schluss, dass die Gefässe innerhalb einer Pflanze ein allseits geschlossenes Röhrensystem darstellen, welches schon deshalb weder durch die Spaltöffnungen noch durch die Lenticellen mit der äusseren Luft communiciren kann, weil gewöhnlich ein bedeutender negativer Druck in ihm vorhanden ist. Er zerstört damit einen alten physiologischen Irrthum, der in den Gefässen vorzugsweise Luftcirculations-, also der Athmung dienende Organe erkannte.

Die Frage nach der Herkunft des scheinbar konstant auftretenden negativen Druckes in den Gefässen aber führt weiter zu der Annahme, dass in ihnen selbst im Sommer flüssiges Wasser, wenigstens zeitweise, vorhanden sein muss. Im anderen Falle wäre es unerklärlich, warum die Gefässe, die, wenn auch schwer, für Gase diffundibel sind, sich nicht allmählich mit Luft gewöhnlicher Spannung erfüllen.

Durch solche Erwägungen und durch gewisse Beobachtungen bewogen, wird nun Höhnel zu folgender Darstellung der Wasserleitung im Holz veranlasst: Am Abend, sobald die Transpiration aufgehört hat oder doch bedeutend herabgedrückt ist, wird durch Wurzeldruck und Saugung Wasser in die Gefässe bineingepresst. Das Wasser, welches dort verdünnte Luft vorfindet, löst dieselbe während der Nacht theilweise auf, theilweise komprimirt es dieselbe und bringt sie schliesslich bei stetem Anwachsen des Drucks zum Austritt. Am frühen Morgen, bevor die Sonne ihre Wirksamkeit auf die Pflanzenwelt begonnen hat, sind alle Gefässe mit Wasser erfüllt und repräsentiren nun gleichsam die Reservoirs, aus denen die Transpiration ihren anfänglichen Bedarf schöpft. Sowie diese sich eingestellt oder vielmehr eine gewisse Höhe erreicht hat, führt die geringste Entnahme von Wasser aus den Gefässen das Auftreten eines negativen Druckes in ihnen herbei, der seinerseits wieder, als Saugkraft wirkend, das Aufsteigen neuer Wassermengen begünstigt.

ist, an der Stelle, wo der geringste Widerstand herrscht, in Tropfenform heraus; ob aber am gleichen Orte und nach Zurücklegung desselben Weges wie freiwillig von den Wurzeln aufwärts gedrücktes Wasser, dies ohne weiteres anzunehmen, wäre doch nur möglich für Pflanzen, deren Epidermis ein vollkommen homogenes Gewebe umschliesst. — J. W. Moll experimentirt in seinen „Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Injektion bei Blättern“ ebenfalls nur mit abgeschnittenen Sprossen und Blättern.

1) Höhnel: Ueber den negativen Druck der Gefässluft. Inaug.-Dissert. — Beiträge zur Kenntniss der Luft- und Saftbewegung in der Pflanze. Pringsheim's Jahrb. f. w. B. 1879.

2) Hartig, Bot. Ztg. 1861 und 1863.

3) Böhm, Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen. XX. Bd. 1877.

In der ungezwungensten Weise werden durch Höhnel's Theorie alle Thatsachen gedeutet, welche die auf Erforschung der Wasserleitung gerichtete Beobachtung bis dahin festgestellt hatte. Selbst das scheinbar widersprechende Factum, dass die mikroskopische Untersuchung in den Gefässen nur Luft als Inhalt ergeben hat, findet eine einfache Erklärung. Alle nach dieser Richtung hin gemachten Beobachtungen nämlich sind am Tage und gewöhnlich in der Weise ausgeführt, dass Längsschnitte eines abgelösten Zweigstückes oder Blattstiels nach Einlegen in Wasser unter das Mikroskop gebracht wurden.

Nun ist Folgendes klar. Sind in einem Pflanzentheile, z. B. einem Spross, so lange er sich am Hauptstamm befindet, in den Gefässen neben flüssigem Wasser auch Blasen stark verdünnter Luft enthalten, so wird in dem Moment, wo die Abtrennung mit dem Messer und damit die Oeffnung der Gefässe erfolgt, im distalen wie im proximalen Stück eine Zusammenziehung der zur normalen Spannung gelangenden Gefässluft eintreten, derzufolge alles Wasser sich von der Schnittfläche aus höher resp. tiefer in die Gefässe zurückzieht. Am freigelegten Sprossende wird dann, wenigstens bis auf eine gewisse Entfernung hin, nur Luft in den geöffneten Gefässen zu entdecken sein.

Höhnel ist zu seinen Resultaten hauptsächlich nur durch scharfsinnige und logische Folgerungen aus der streng bewiesenen Thatsache gelangt, dass in den Gefässen der Pflanzen am Tage meist ein bedeutender negativer Druck herrscht. Durch mikroskopische Untersuchungen hat er seine Argumentationen, soweit sie hier in Betracht kommen, nur in einem Falle insofern zu bestätigen unternommen, als er bei Gräsern, die in frühester Morgenstunde eines Maitages an sämtlichen Blattspitzen einen herausgepressten Secrettropfen gewahren liessen, in der That um diese Zeit die Erfüllung sämtlicher Gefässe mit Wasser zu konstatiren vermochte.

Um nun zu einer festeren Grundlage zu kommen, um sich durch Beobachtung zu überzeugen, dass die Gefässe wirklich mit zu den Trägern der Wasserleitung im Holz der Pflanze gehören, hat Verfasser einige eigene Versuche angestellt, die hier ihren Platz finden sollen. Von vorn herein sei bemerkt, dass dieselben die Höhnel'sche Auffassung der Wasserleitung zwar bestätigen, eine Verallgemeinerung ihrer Ergebnisse indessen nur für krautartige Pflanzen in Anspruch nehmen. Dem Verfasser erscheint es im vorliegenden Falle gewagt, Resultate, die vorzugsweise an krautartigen oder doch nur niedrig bleibenden Pflanzen gewonnen sind, in ihrer Gültigkeit ohne weiteres auf hochstämmige Bäume zu übertragen. Man denke, um solche Zurückhaltung zu rechtfertigen, beispielsweise nur daran, dass bei niedrigen Pflanzen Kräfte wie Wurzeldruck, Capillarität und durch negativen Druck hervorgerufene Saugung vollkommen genügen dürften, um das Aufsteigen des Wassers in den Gefässen bis zum Gipfel zu erklären,

bei hohen Bäumen aber dieselben Kräfte selbst in ihrer Gesamtwirkung bei weitem nicht ausreichen, um einen gleichen Effect zu erzielen.

I. Versuchsreihe.

1) Kräftig vegetirende Stöcke von *Calla palustris*, *Caltha palustris*, *Menyanthes trifoliata* und *Fuchsia spec.* (die ersten drei in Wasser, *Fuchsia* in feuchter Gartenerde wurzelnd) wurden in einen abgesperrten, dauernd dampfgesättigten Raum gebracht. Nach Verlauf von sechs bis acht Stunden zeigten alle vier Arten deutliche Tropfensecretion an den Blättern, *Calla* an den Blattspitzen, *Caltha* und *Fuchsia* am Ende fast sämtlicher Blattzähne, *Menyanthes* in gewissen Abständen längs des Blattrandes. Mit möglichster Geschwindigkeit und ohne die Blätter vom Stock abzulösen, wurden in diesem Zustande Blattflächenschnitte meist über stärkeren Nerven hergestellt und dieselben trocken und ohne Auflegung eine Deckgläschens mikroskopisch geprüft. In allen sichtbaren Gefässen war Wasser.¹⁾

Wohl je nach der Dicke und Art des Schnitts tritt oft schon nach wenigen Secunden, gewöhnlich nach mehreren Minuten ein Moment ein, wo fast gleichzeitig in allen Gefässen, in den engen blitzschnell, in den weiten langsamer, Luft die Stelle des Wassers ersetzt.

2) Von denselben Pflanzen, die jetzt unbedeckt im Zimmer standen, wurden im Laufe des Tages, nachdem sie stundenlang transspirirt hatten und theilweise dem directen Sonnenlicht ausgesetzt worden waren, Blattflächenschnitte in gleicher Weise wie vorher angefertigt und untersucht. Die einzelnen Gefässe enthielten selten in ihrer ganzen sichtbaren Ausdehnung nur Wasser, gewöhnlich Wasser mit Luftblasen abwechselnd oder nur Luft. Die engsten Gefässe, welche als vereinzelte Abzweigungen oder Verbindungen stärkerer Gefässstränge sich im Mesophyll verbreiten, sind in der Regel nur mit Wasser erfüllt.

3) Im Freien angestellte Beobachtungen an Blattflächenschnitten von *Ribes*, *Sambucus*, *Fraxinus*, *Aesculus*, *Quercus* etc. liessen stets, besonders in den engeren Gefässen, neben Luft auch reichliche Mengen von Wasser erkennen.

II. Versuchsreihe.

Nachdem durch die erste Versuchsreihe der Inhalt der Gefässe innerhalb der Blattfläche in seiner Abhängigkeit von dem Mangel oder dem Vorhandensein einer der Untersuchung vorangehenden Transpiration

1) Ob ein Gefäss nur Luft oder nur Wasser enthält, ist unter dem Mikroskop aus der Färbung allein nicht immer mit Sicherheit zu schliessen. Als unzweifelhafter Beweis für die Wasserfüllung galt dem Verfasser stets erst das unter dem Mikroskop nach dem Austrocknen des Schnittes leicht verfolgbare Eindringen und Anwachsen von Luftblasen.

festgestellt ist, bleibt noch übrig den Inhalt der Gefässe im Innern von Stammstücken zu prüfen. Die bisherige Methode der Untersuchung hat in ihnen nur Luft zu entdecken vermocht, aus Gründen, wie sie nach den Schlussfolgerungen Höhnel's bereits oben angeführt wurden.

Um am Tage dem wahren Verhalten auf die Spur zu kommen, muss man sich eines Kunstgriffes bedienen. Da in dem Augenblick, wo ein Pflanzenstengel vom Hauptstamm abgeschnitten wird, das etwa in den Gefässen befindliche Wasser sich infolge der Zusammenziehung gleichzeitig vorhandener verdünnter Luft von der Schnittfläche aus aufwärts, beziehungsweise abwärts bewegt, so gilt es, um in einem aus der Mitte eines Internodiums entnommenen Stengelstück alles Wasser innerhalb der Gefässe festzuhalten, die Gefässe genau in demselben Moment an zwei Punkten gleichzeitig zu öffnen. Von oben wie von unten tritt dann gleichzeitig Luft von atmosphärischer Spannung in die Gefässe ein, etwa in ihnen vorhandenes Wasser aber vermag nach keiner Seite hin zu entweichen.

Verfasser benutzte zur Ausführung seiner Versuche eine Art Doppelscheere. Dieselbe bestand aus zwei gleichen, parallel in einem 2 cm weiten Abstand neben einander befindlichen Scheeren, deren einzelne Blätter, da sie sich um dieselbe horizontale Achse drehten und nur einem Hebelwerk gehorchten, auf einen Druck gleichzeitig gegen einander bewegt werden konnten.

Mit Hülfe eines solchen Instruments gelingt es leicht, mitten aus einer im Boden festgewurzelten Pflanze 2 cm lange Stengelstücke (im Folgenden einfach „Scheerenstücke“ genannt) mit einem Male herauszuschneiden. Längsschnitte derselben trocken und möglichst schnell unter dem Mikroskop betrachtet, müssen sichern Aufschluss über den Inhalt der Gefässe in der lebenden und unverletzten Pflanze geben.

1) 4. August $\frac{1}{2}5$ — $\frac{1}{2}6$ Uhr Morgens.

Die Temperatur, die am vorhergehenden, sehr sonnigen Tage im Freien bis zu 26° C. betrug, war während der Nacht auf etwa 16° C. gefallen.

Freiwachsende Pflanzen von *Galinsoga parviflora*, *Chenopodium album*, *Polygonum Persicaria*, *Cucurbita Pepo* in verschiedenen Höhen am Hauptstengel und an Seitenzweigen mit dem Messer durchschnitten, liessen das Vorhandensein eines positiven Drucks in den Gefässen gewahren, indem im Moment des Durchschneidens Wasser aus ihnen herausgepresst wurde.

Galinsoga parviflora. Längsschnitte eines Scheerenstücks, das dem Hauptstengel etwa 15 cm über dem Boden entnommen war, wiesen in den meisten Gefässen nur Wasser auf; wenige besonders weite Gefässe waren theilweis mit Luft erfüllt. Dasselbe Verhalten war bei *Chenopodium album* und *Polygonum Persicaria* zu constatiren.

Ampelopsis hederacea. In einem Scheerenstück, vom Ende eines Zweiges mit noch unentwickelten Blättern an der Spitze, 2 Meter über dem Boden stammend, bestand der Inhalt sämtlicher unter dem Mikroskop geprüften Gefässe nur aus Wasser; das Eindringen von Luft, selbst in die weitesten Gefässe, wurde nach dem Austrocknen der Schnitte direct beobachtet.

2) 25. August. Zimmertemperatur 18—19° C.

Verschiedene zu einer Zeit ausgesäte, etwa $\frac{1}{2}$ Meter hohe Exemplare von *Phaseolus vulgaris*, die unter denselben Bedingungen in Töpfen, reichlich bewässert, hinter einem vor der Sonne geschützten Fenster wuchsen, wurden mit folgendem Resultat untersucht.

a) 10 Uhr Morgens.

Längsschnitte eines Scheerenstücks, dem ersten Internodium oberhalb der Cotyledonen entnommen, zeigten nur an den offenen Gefässenden Luftblasen von geringer Ausdehnung; der übrige Theil der Gefässe erwies sich als völlig mit Wasser erfüllt. Die Luft drang nach dem Austrocknen der Schnitte, etwa nach fünf Minuten, langsam von den Enden her ein. — Ein Stengelstück, vom Ende des im Boden verbliebenen Stumpfes derselben Pflanze mit dem Messer abgeschnitten, liess neben langen Luftblasen nur wenig Wasser in den Gefässen gewahren.

b) 2 Uhr Nachmittags.

In einem Scheerenstück (eben daher wie a) waren einzelne Gefässe in der ganzen Länge voll Luft, in anderen wechselten Wasser und Luftblasen mit einander ab, wenige enthielten nur Wasser. — Ein Stengelstück vom distalen Rudiment derselben Pflanze, mit dem Messer abgeschnitten, enthielt in den meisten Gefässen nur Luft, in sehr wenigen waren lange Luftblasen durch minime Wassertröpfchen getrennt.

c) 5 Uhr Nachmittags.

Ein Scheerenstück, vom hypocotylen Internodium gewonnen, zeigte in den meisten Gefässen fast nur Wasser, in einigen daneben auch Luftblasen. Leitete man den Längsschnitten, nachdem alle Gefässe sich mit Luft erfüllt hatten, von einem Ende her mit Hülfe eines Streifchens Fliesspapier Wasser zu, so wurde aus einigen Gefässen alle Luft wieder herausgetrieben, in anderen erhielten sich lange Luftblasen.

3) 7. September.

Da es während der Nacht stark geregnet hatte, war am Morgen der Boden sehr feucht, die Blätter der Pflanzen bis gegen 9 Uhr mit Wasser bedeckt, die Transpiration bis zu dieser Zeit jedenfalls also unbedeutend.

a) $1\frac{1}{2}$ 8—9 Uhr Morgens.

I. *Galinsoga parviflora*. In einem Scheerenstück¹, das von der Hauptachse, $\frac{1}{4}$ Meter über dem Boden, herrührte, waren sämtliche Gefässe in ihrer ganzen Länge nur mit Wasser erfüllt. Längsschnitte von Stengelstücken, die von verschiedenen Stöcken mit Hülfe eines Messers abgetrennt waren, zeigten ebenfalls nur Wasser in den Gefässen.

II. *Papaver somniferum*. Verhielt sich wie I. Eine schnelle Präparation war hier besonders geboten, da das Wasser oft schon nach Secunden von plötzlich eindringender Luft aus den Gefässen verdrängt wurde.

III. *Cucurbita Pepo*. Die geprüften Scheerenstücke stammten theils von Blattstielen, theils von niederliegenden Internodien. Der Inhalt aller Gefässe, unter denen ausserordentlich weiltumige vorkommen, war allein Wasser.

IV. *Ampelopsis hederacea*. Die meisten Gefässe der Scheerenstücke eines diesjährigen Triebendes enthielten Wasser, einige indessen daneben auch Luftblasen. Die Pflanze hatte zur Zeit der Untersuchung (9 Uhr) jedenfalls schon reichlich transspirirt, da sie, die Bedeckung eines Laubendaches bildend, der Sonne und dem Winde mehr ausgesetzt war als die niedrigen, zwischen und unter den Bäumen eines Obstgartens wachsenden, unter I—III genannten Arten.

b) $1\frac{1}{2}$ 2— $1\frac{1}{2}$ 3 Uhr Nachmittags.

I. *Galinsoga parviflora*. Während in den Gefässen der Scheerenstücke das Wasser den luftförmigen Inhalt überwog und die Gefässe nur hier und da eine kleine Luftblase in ihrem Innern gewahren liessen, erwiesen sich die Gefässe von Stengelstücken, die mit dem Messer von den Stöcken losgelöst waren, grösstentheils mit Luft erfüllt.

II. *Papaver somniferum*. Verhielt sich im Ganzen wie I. Die Gefässe der Scheerenstücke waren etwas luftreicher.

III. *Cucurbita Pepo*. Der Gefässinhalt von Scheerenstücken der Blattstiele und Internodien war ungefähr zu gleichen Theilen Luft und Wasser. Einzelne Gefässe waren ganz voll Wasser, einzelne ganz voll Luft, noch andere mit Luft und Wasser erfüllt¹). —

Die Resultate der beiden Versuchsreihen lehren, dass die Gefässe krautartiger Pflanzen in den frühesten Morgenstunden, solange die Transpiration fehlt oder nur geringfügig bleibt, nur Wasser in ihrem

2) Verfasser hat sich unter Anwendung der geschilderten Untersuchungsmethode auch von dem Inhalt der Gefässe an den Gipfeltheilen höherer Baume (*Prunus*, *Platanus*) zu überzeugen versucht. Das einzige, was er indessen hier als sicheres Ergebniss anführen möchte, ist dies, dass in den jüngsten Zweigen, die 10 und mehr Meter vom Boden entfernt sind, sich selbst an warmen Sommertagen noch mehr oder weniger Wasser in den Gefässen vorfindet. — Dass die Gefässe der Blätter höherer Bäume auch am Tage theilweise flüssigen Inhalt führen, wurde bereits oben erwähnt.

Innern führen und dass im Laufe des Tages ein Theil des Wassers durch Luft ersetzt ist. Sie bestätigen somit die Theorie der Wasserleitung im Holz, welche Höhnel von der Thatsache des negativen Drucks der Gefässluft ausgehend bereits früher aufgestellt hat.

Der Ausgangspunkt aller auf den letzten Seiten gepflogenen Erörterungen war die Frage: Wird das Wasser, welches aus den Blattspitzen der *Calla palustris* bei Unterdrückung der Transpiration ausfließt, in den Gefässen aufwärts geleitet oder nicht? Der Bejahung derselben stand die immer noch herrschende Ansicht entgegen, dass die Gefässe Luftcirculationsorgane seien und mit der Wasserleitung nichts oder wenig zu thun hätten. Jetzt, nachdem zum Ueberfluss auch die Gefässe von *Calla* auf ihren Inhalt vor und während lebhafter Transpiration in analoger Weise wie die anderer krautartiger Pflanzen geprüft wurden, glaubt Verfasser auf Grund der ermittelten Thatsachen folgende Darstellung des Phänomens der liquiden Wasserausscheidung als dem Sachverhalt entsprechend geben zu können: Am Abend, sobald die Transpiration genügend abgenommen hat, beginnen sich die Gefässe, veranlasst durch Wurzeldruck und Saugung, mit Wasser zu erfüllen. Die in den Gefässen tagsüber durch die Transpiration entstandenen Blasen stark verdünnter Luft werden vom eindringenden Wasser theils aufgelöst, theils comprimirt und herausgepresst. Zu gewisser, von meteorologischen Einflüssen abhängiger Stunde ist die Erfüllung der Gefässe mit Wasser vollendet. Von da ab drückt das eingeschlossene Wasser mit der vollen Kraft des gleichmässig fortbestehenden Wurzeldrucks auf die Wandung der Gefässe. Diesem Druck wird so lange das Gleichgewicht gehalten, als die Transpiration, die ja in der Nacht, wenn auch bedeutend abgeschwächt, fort dauert, der aufsaugenden Thätigkeit der Wurzeln in Bezug auf Intensität noch gerade entspricht. Sinkt sie tiefer herab, was bei starker Abkühlung und damit verknüpfter grosser Sättigung der Luft mit Wasserdampf des Nachts in der Regel eintreten wird, so muss ein Theil des Wassers aus den Gefässen heraustreten. Nimmt man an, dass die Gefässwandung der Filtration des Wassers überall gleichen Widerstand bietet, so wird dies da geschehen, wo die Gefässe nicht von dicht anlagernden, safterfüllten Zellen, sondern von Intercellularräumen umgeben sind, die, vielleicht dauernd mit Wasser erfüllt, möglichst leicht mit der Atmosphäre communiciren. Bei der *Calla* sind solche Stellen die cylindrisch verlängerten, ein interstitienreiches Epithemgewebe mit zahlreich darin verbreiteten Gefässenden bergenden Blattspitzen mit ihren grossen, stets geöffneten Wasserspalten.

Die Erklärung, wie sie in obigem gegeben ist, passt, soweit Verfasser dies übersehen kann, für alle Pflanzen, die flüssiges Wasser aus

ihren Blättern infolge Sinkens der Transpiration ausscheiden. Sie passt auch für die am Anfang ausführlich besprochene *Colocasia antiquorum*, obgleich deren anatomischer Bau in den hier in Betracht kommenden Punkten wesentlich von dem der *Calla* abweicht. Das Wasser, welches aus der Blattspitze der *Colocasia* herausquillt, bewegt sich allerdings innerhalb der Blattspreite und des Blattstiels nicht in den Gefässen, sondern in Intercellularräumen. Diese Intercellularräume aber sind in ihrem ganzen Verlauf an die Gefässbündel gebunden, theilweise von direct anlagernden Gefässen umgeben, sind also wie die Interstitien eines Epithems nichts weiter als schliesslich durch die Wasserspalten sich entleerende Behälter für das Wasser, welches aus den Gefässen in sie hineingepresst wird. Die Abweichung bei der *Colocasia* erklärt sich aus den colossalen Quantitäten von Wasser, die zur Abscheidung kommen, was wiederum Folge eines abnormen Wurzel-drucks sein muss.

III. Die liquide Wassersekretion seitens der Blätter eine allgemeine Erscheinung im Pflanzenreich.

Sind die Vorgänge, welche beim Sinken der Transpiration eine liquide Secretion von Wasser an den Blättern veranlassen, im Vorhergehenden richtig gedeutet, so ist die Vermuthung gerechtfertigt, dass sich das Phänomen der Wasserausscheidung nicht auf einzelne bestimmte Arten und Familien beschränkt, sondern bei krautartigen Pflanzen ganz allgemein vorkommt.

Sachs¹⁾ bestätigt diese Vermuthung bereits in einer kurzen Notiz und Moll behauptet, eine lange Liste von Pflanzen aufstellen zu können, die in der feuchten Luft von Gewächshäusern Tropfen absonderten.

Unter Nennung des Namens und näherer Charakterisirung des Secretionsapparates sind indessen, abgesehen von Aroideen und Gräsern, in der Literatur bisher immer nur einige wenige Arten aufgeführt worden. Wenn De Bary²⁾ besondere heteromorphe Spaltöffnungen, die von einer grossen Zahl von Pflanzen bekannt sind, Wasserspalten nennt, so beruht diese Bezeichnung nur auf einem Analogieschluss. Weil er die heteromorphen Stomata bei Aroideen und einzelnen anderen Pflanzen der wasserabscheidenden Function hat dienen sehen, misst er ihnen allen den gleichen Zweck zu.

Verfasser suchte sich von der Verbreitung der liquiden Secretion durch Beobachtungen zu überzeugen, die er in den frühesten Morgenstunden vom Frühjahr bis zum Herbst im Freien auf Wiesen und Feldern, zum geringeren Theil im botanischen und Universitätsgarten

1) Lehrbuch der Botanik. p. 598.

2) Vergleichende Anatomie. p. 54.

anstellte. Danach gelang es ihm, die Tropfenabscheidung seitens der Blätter bei mehr als 150 in 91 Gattungen und 36 Familien vertheilten Species zu constatiren. Diese Zahlen, die auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen, da sie beliebig hätten vergrößert werden können, geben den Beweis von der Allgemeinheit des Phänomens. Wenn solche bisher nicht genügend erkannt wurde, so liegt dies daran, dass im Freien die Tropfenausscheidung der Blätter in der Regel mit einer meteorologischen Erscheinung, der Thaubildung, zusammenfällt und dadurch in ihrer Erkennbarkeit verwischt wird. Nur selten, in Frühlingsnächten, zeigen viele unserer wildwachsenden und angebauten Pflanzen bloss Secretionstropfen an ihren Blattspitzen, Blattzähnen oder Blatträndern, später sind fast immer Thautropfen diesen untermischt.

Die im letzteren Falle nothwendige Entscheidung der Frage: Was ist Secret? Was ist Thau? wird bei den meisten Arten durch den Umstand ermöglicht, dass die sich immer durch ihre Grösse auszeichnenden Secrettropfen eine regelmässige, durch gleiche Abstände charakterisirte Lage längs des Blattrandes einnehmen. In wirklich zweifelhaften Fällen wird man bei Pflanzen, die an bestimmten Blattstellen secerniren, durch genaueres Nachsuchen immer Blätter aufzufinden im Stande sein, die, aus irgend welchen Gründen von der Thaubedeckung freigebieben, die dann stets unverkennbare Secretbildung rein gewahren lassen.

Um die Tropfenabscheidung wildwachsender Pflanzen zu beobachten, ist man nicht allein auf die Morgenstunden angewiesen. Auch zu jeder anderen Tageszeit, wenn nur die Luft warm und durch kurz vorhergegangene Regengüsse mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann man sich im Laufe des Sommers überall davon überzeugen. Man braucht nur auf Blätter zu achten, die durch überhängende vor der Benetzung der niederfallenden Regentropfen geschützt waren.

Die folgenden Ausführungen sollen die Mannigfaltigkeit charakterisiren, welche der Secretionsapparat in Bezug auf seine äussere Erscheinung, seine Vertheilung über die Blattfläche und seinen anatomischen Bau aufweist. Die Mannigfaltigkeit ist, wie man sehen wird, eine ziemlich bedeutende. Gemeinsam ist allen als tropfenausscheidend aufgeführten Pflanzen eigentlich nur die stets unverkennbare Beziehung des Secretionsapparates zu den Gefässen, ein Beweis mehr dafür, dass er in der That wie ein Ventil zu wirken bestimmt ist, welches beim Sinken der Transpiration die Verminderung des hydrostatischen Drucks in den Gefässen ermöglicht.

1. *Dicotyledoneae.*

Ranunculaceae.

Wasser aus den Blatzzähnen secernirten: *Thalictrum majus, flavum. Anemone japonica. Ranunculus repens, acer, sceleratus, abortivus. Caltha palustris. Helleborus lividescens. Delphinium tricolor, elatum, montanum, cheilanthum. Aconitum Lycocotnum, Stoerkeanum, septentrionale. Actaea spicata.*

Thalictrum flavum. An der Spitze der Blattlappen gewahrt man mit der Lupe einen kleinen hellgefärbten Fleck, in den drei Nerven einmünden, ein mittlerer und zwei periphere. Während auf der ganzen übrigen Oberseite der Blattfläche sich keine Spaltöffnungen vorfinden, treten über jener weisslichen Stelle 3—5 kreisrunde, mit kleinem, ebenfalls kreisrunden Porus versehene auf. Diese Wasserspalten sind um ein geringes grösser als die Luftspalten der Blattunterseite.

Ranunculus repens. Die äusserste Spitze der Blatzzähne ist zu einem weissen, oben flachen, seltener concaven Polster angeschwollen, auf dem sich eine Gruppe von ungefähr 12 dicht zusammengedrängten Wasserspalten zeigt. Die Schliesszellen derselben sind so gekrümmt, dass die Spalte selbst wie ein weit offnes rundes Loch erscheint. Das Gewebe des Polsters wird von kleinen, zartwandigen, chlorophyllösen, nach allen Seiten hin stark ausgebuchteten Zellen gebildet, zwischen denen sich die zahlreichen, sehr weiten Gefässenden dreier Nerven verbreiten. Luftspalten, die länger aber bedeutend schmaler als die Spaltöffnungen des Polsters sind, finden sich auf der Oberseite wie auf der Unterseite der Blätter. — In allen Punkten ähnlich verhält sich *Ranunculus acer.*

Caltha palustris. (Vergl. Taf. VI Fig. 1—3). Auf der höchsten Wölbung eines jeden Kerbzahns und etwas vor dem äussersten Rande erhebt sich aus der Blattfläche ein kleines, oben weissliches Knöpfchen, dessen einzellige Epidermis etwa 10 typische Wasserspalten erkennen lässt. Die letzteren haben bei einer Höhe von 32 Mikrm. eine Breite von 38 Mikrm. Ihre Schliesszellen, die eine kreisrunde, 13 Mikrm. breite Spalte zwischen sich lassen, werden durch Glycerinzusatz in keiner Weise beeinflusst, tragen auch keine der zum Verschluss dienenden Verdickungsleisten an der inneren, dem Porus zugekehrten Seite ihrer Wandung. Die Luftspalten, die auf der oberen und unteren Epidermis vorkommen, sind kleiner und länglich oval. Eine der grössten mass 30 : 25 Mikrm. — In dem Knöpfchen selbst schieben sich zwischen die stets wassergefüllten Interstitien eines Epithems aus länglichen, wellig hin und her gebogenen Zellen, die stark verbreiterten und spiralig verdickten Gefässenden dreier Nerven, von denen zwei je rechts und links am Rande entlang laufen, einer in der Mittellinie verbleibt. — Die Wasserausscheidung bei der *Caltha* ist eine sehr reichliche; sie wurde

nicht nur im Freien den ganzen Sommer hindurch beobachtet, sondern konnte auch jeder Zeit im Zimmer an Exemplaren, die in Wasser wuchsen, durch Ueberstülpen einer innen reichlich benetzten Glasglocke hervorgerufen werden.

Helleborus viridis. In die Spitze der Blattzähne, die etwas heller gefärbt ist als die Blattfläche, tritt ein einzelner Nerv, dessen enge Spiralgefässe nicht wie in den vorhergehenden Fällen sich am Ende fächerartig ausbreiten, sondern in geschlossenem Zuge bis unmittelbar an die Epidermis heranreichen. Sie streben gleichsam zu auf 3—4 grosse Wasserspalten, von denen eine der grösseren 59 : 54 Mikrm. ergab, während die Luftspalten, die nur auf der Blattunterseite vertheilt sind, es höchstens auf 48 : 37 Mikrm. bringen. — Ein besonderes Epithem ist nicht vorhanden. Man wird an ein solches nur dadurch erinnert, dass einige der letzten Holzparenchymzellen, welche die Gefässe bis oben herauf begleiten, etwas wellig ausgebuchtete Wandungen bekommen, und dass die wenigen Mesophyllzellen zwischen Wasserspalten und Gefässenden mit einer unregelmässigen Gestalt einen nur geringen Chlorophyllgehalt verbinden.

Nigella sativa. Die Pflanze hat Spaltöffnungen auf der Ober- wie Unterseite der Blätter. Von den Spaltöffnungen auf der äussersten Spitze der Blattzipfel sind einige etwas rundlicher als die auf der übrigen Lamina, sonst aber von keiner abweichenden Grösse und Vertheilung. In die Spitze münden drei schwache Gefässstränge zwischen Zellen, die abgesehen von einer weniger intensiven Chlorophyllfärbung mit den Mesophyllzellen der Blattunterseite vollkommen übereinstimmen.

Aconitum Napellus. Während Luftspalten der Blattoberseite fehlen, trägt die gelbliche Spitze der Blattzähne eine enorm grosse Wasserspalte. Dieselbe ist so heteromorph wie möglich, denn bei 66 Mikrm. Höhe und 69 Mikrm. Breite, hat ihr kreisrunder Porus 40 Mikrm. im Durchmesser, so dass die völlig unbeweglichen Schliesszellen nur eine schmale Einfassung dieses vorstellen. Eine Luftspalte, die vergleichsweise gemessen wurde, hatte 46 : 33 Mikrm.

Bis wenige Zellschichten vor der Athem- oder besser Wasserhöhle der grossen Spaltöffnung reicht ein Gefässstrang, der eine Strecke vorher zwei seitliche Bündel aufgenommen hat und dessen Elemente aus zahlreichen Spiralaröhren und wenigen langgestreckten, wellig hin und her gebogenen Holzparenchymzellen bestehen. — Ein eigentliches Epithem ist auch hier nicht vorhanden.

Die Wasserausscheidung an der Art selbst zu beobachten, wurde unterlassen, dagegen zeigten *Aconitum Lycoctonum*, *Storckeanum* und *septentrionale* in gewissen Nächten an sämmtlichen Blattspitzen auffallend grosse Tropfen, deren Abfallen und Neubildung wiederholt constatirt werden konnte.

Clematis-Arten ergaben weder in Bezug auf das Vorkommen von Wasserspalten und anderen gewöhnlich mit der Wassersekretion verbundenen anatomischen Merkmalen ein positives Resultat, noch wurden an ihren Blättern jemals Tropfen bemerkt, die auf eine Ausscheidung hätten schliessen lassen.

Askenasy¹⁾ hat an Wasserformen von *Ranunculus aquatilis* und *divaricatus* zwischen den Haaren der Blattspitze 1—3 Spaltöffnungen von dem Aussehen der normalen, aber von geringerer Grösse vorgefunden. Eine besondere physiologische Bedeutung schreibt er ihnen nicht zu und hat jedenfalls Recht, wenn er sie für rudimentäre Organe ausgiebt. Sie sind für Wasserspalten zu halten, die functionslos wurden, als die Pflanzen sich von Land- zu Wasserbewohnern umwandelten. — Mettenius²⁾ erwähnt heteromorphe Spaltöffnungen, die nach allem mit den Wasserspalten identisch zu erklären sind, bei *Ranunculus geranioides*, *cassubicus*, *lanuginosus*. *Delphinium flexuosum*. *Helleborus niger*. *Eranthis hiemalis*. *Aconitum uncinatum*, *Stoerkeanum*, *tauricum*.

Papaveraceae.

Ausgeschiedene Wassertropfen zeigten sich wiederholt an den Blattspitzen und Zähnen von *Papaver somniferum*, *Papaver Rhoeas* und *Chelidonium majus*.

Papaver somniferum. Das apikale Ende der Blattränder ist durch Umschlagen und Verwachsen der Blattränder zu einer Art Kapuze ausgebildet, die nach der Blattunterseite zu offen steht. Die Spitze der Kapuze erscheint als ein solider, cylindrischer Fortsatz, in den drei Nerven mit zahlreichen Gefässen eintreten und dessen Gewebe ein Epithem aus charakteristisch nach allen Seiten hin kugelig ausgestülpten Zellen darstellt. Auf der Blattoberseite finden sich keine Luftspalten, auf der Innenseite der Kapuze liegt neben normalen Luftspalten eine grosse Wasserspalte.

Chelidonium majus. Der Blattrand ist am Ende jedes Lappens nach unten umgeschlagen und ein wenig verdickt. Eine grosse runde Wasserspalte mit weiter Wasserhöhle liegt hier über den Gefässausbreitungen dreier Nerven. Ein eigentliches Epithem fehlt, da nur wenige Zellen in unmittelbarer Nähe der Gefässenden chlorophyllfrei sind, die übrigen in der Randverdickung aber von den Mesophyllzellen weder der Form noch dem Inhalt nach abweichen.

Fumariaceae.

In der Wasserausscheidung aus den Spitzen der Blattzipfel betroffen wurden mehrere nicht näher bestimmte *Corydalis*-Arten. Bei einer untersuchten *Fumaria* waren die beiden obersten Spaltöffnungen

1) Bot. Ztg. 1870 p. 235.

2) Filices hort. bot. Lips.

auf den Blattzipfeln mindestens doppelt so gross als die übrigen, dabei kreisrund und mit weit offenem Porus versehen. Besondere Epithemzellen waren nicht vorhanden; ein einzelner schwacher Nerv endete ohne besondere Vermehrung seiner Gefässe zwischen gewöhnlichen grünen Parenchymzellen.

Cruciferae.

Als wasserausscheidend an den Blattzähnen resp. dem Blattrande wurden beobachtet: *Nasturtium amphibium*, *Alliaria officinalis*, *Brassica oleracea* var. *sabauda*.

Brassica oleracea var. *sabauda*. Die Tropfenbildung fällt bei dieser Pflanze ausserordentlich deutlich in die Augen. Da längs der gesamten Peripherie des etwas nach unten umgebogenen Blattrandes des secernirenden, heller gefärbten Stellen in regelmässigen kurzen Abständen vertheilt sind, hängt in den ersten Morgenstunden mancher Tage ein ganzer Kranz von Tropfen an jedem einzelnen Blatt. — Die Epidermis über den wasserabscheidenden, etwas verdickten Randpartieen des Blattes trägt etwa 20 Spaltöffnungen, die zwar etwas grösser und zum Teil ein wenig rundlicher als die auch auf der Blattoberseite vertretenen Luftspalten sind, im ganzen aber doch keine hervorragenden Unterscheidungsmerkmale aufweisen. Sie schliessen sich auf Glycerinzusatz, ihre Schliesszellen besitzen charakteristische Verdickungsleisten, in ihrer Anordnung weit von einander getrennt, bilden sie keine so geschlossene Gruppe, wie es die Wasserspalten anderer Pflanzen zu thun pflegen. — Das Gewebe unter ihnen setzt sich aus schwach wellig gebogenen Zellen zusammen, deren gelblich gefärbter Inhalt einige wenige kleine Chlorophyllkörner enthält. Zahlreiche Spiral- und Netzgefässe, die an ihrem Ende keulig bis auf das Doppelte ihres Durchmessers anschwellen, breiten sich von drei Seiten her zwischen diesen Zellen aus.

Arabis arenosa. Die Spitze der Blattzähne ist zu einem grünen Kölbchen ausgezogen, dessen centrales Gewebe aus langgestreckten, wellig ausgebuchteten, sehr chlorophyllarmen Zellen besteht, die nach oben kleiner und rundlicher werden, nach den Seiten hin allmählig in gewöhnliche grüne Mesophyllzellen übergehen. Wasserspalten wurden nicht bemerkt.

Violaceae.

Verschiedene unserer einheimischen *Viola*-Arten wurden mit Secretionstropfen auf den Blattzähnen beobachtet.

Viola odorata. Am oberen Rand der Kerbzähne, an der Basis einer blassen hornartigen Verlängerung derselben, findet sich ein weisser, callöser Fleck, in den ein starker mittlerer und zwei schwache Seitennerven einmünden. Auf ihm eine Gruppe von 10–12 Wasserspalten, die sich ausser in der Grösse und Form noch dadurch von den Luft-

spalten unterscheiden, dass sie in der Ebene der Blattfläche liegen, während jene sich darüber erheben. Das innere Gewebe der callösen Stelle besteht aus Zellen, die in der Form den Palissadenzellen des Blattparenchyms gleichen, aber fast gar kein Chlorophyll enthalten. Auch ihre Stellung zur Blattfläche ist eine andere; denn sie streben nicht senkrecht gegen dieselbe an, sondern lagern sich parallel zu ihr und schmiegen sich also in ihrer Längsrichtung den zahlreichen zwischen ihnen verbreiteten spitzen Gefässenden an.

Resedaceae.

Bei ihnen scheint eine Wassersecretion an bestimmten Blattstellen nicht vorzukommen. *Reseda alba*, *odorata* und *festiva* zeigten an ihren Blättern weder jemals Tropfen, die als nicht vom Thau herrührend hätten festgestellt werden können, noch finden sich an ihnen Organe, die auf eine Secretion hinwiesen. Die Nerven enden eine Strecke vor der Spitze der Blätter oder Blattzipfel ohne Vermehrung der Gefässe. Spaltöffnungen, die durch Gestalt oder Vertheilung auffielen, sind nirgends vorhanden.

Silenaceae.

Sie verhalten sich ähnlich wie die vorigen. *Saponaria officinalis*, *Silene nutans* und *inflata*, *Cucubalus baccifer* und *Agrostemma Githago*, die im Freien beobachtet wurden, liessen keine ausgeschiedenen Tropfen an ihren Blättern gewahr werden. — Bei der *Silene inflata* endet der Mittelnerv zwischen gewöhnlichen Mesophyllzellen mit wenigen, sich nicht ausbreitenden Gefässen, unterhalb etwa 4—5 Spaltöffnungen, die um ein geringes grösser als normale Luftspalten der übrigen Blattfläche sind. Während das Maass der letzteren 29:24 Mikrm. beträgt, bringen sie es auf 32:30. Den übrigen Arten fehlt auch dieses schwache Anzeichen einer möglichen Wasserausscheidung.

Alsineae.

Die Tropfenbildung wurde beobachtet an den Blattspitzen von *Stellaria media* und *Malachium aquaticum*.

Stellaria media. Kurz vor der äussersten Blattspitze vereinigen sich die Gefässe dreier Nerven zu einem centralen Strange, dessen einzelne Elemente innerhalb eines Gewebes aus kleinen wellig hin und her gebogenen farblosen Epithemzellen mit spitzen Enden auslaufen. Die Blattfläche ist oben und unten mit Luftspalten bedeckt. Ueber dem Epithem eine kleine unbestimmte Zahl von Wasserspalten, die grösser als die Luftspalten sind, dabei kreisrund und mit weit offenem Porus. — *Malachium aquaticum* wie *Stellaria*.

Linaceae und *Malvaceae.*

Beobachtet und untersucht wurden *Linum flavum* und *usitatissimum*, *Malva alcea* und *neglecta*, *Althaea officinalis* und zwar mit negativem

Erfolg sowohl was Wassersecretion als auch das Vorkommen von Wasserspalten und Gefässausbreitungen in den Blattspitzen resp. Zähnen anbetrifft.

Hypericaceae.

Ausscheidungstropfen am Ende der Blätter zeigten *Hypericum perforatum* und *tetrapterum*.

Hypericum perforatum. Auf der Oberseite der Blätter, die sonst der Spaltöffnungen ermangelt, findet sich unterhalb der Einbuchtung des Randes an der Spitze eine Gruppe von etwa 20 Wasserspalten, von denen die obersten 4—5 aussergewöhnlich gross (48 : 48 Mikrm.), kreisrund und mit ziemlich weitem Porus versehen sind, während die übrigen höchstens die Hälfte des Umfangs jener erreichen. — Unter den Wasserspalten endet im Blattgewebe der Mittelnerv, welcher weiter rückwärts zwei schwache Seitennerven aufgenommen hat, unter ausgedehnter Vermehrung seiner Gefässe.

Ampelideae.

Wasserausscheidung konnte an *Ampelopsis hederacea* nicht mit Sicherheit constatirt werden; sie mag indessen unter günstigen Verhältnissen dennoch vorkommen, da an der Spitze der Blattzähne über den Gefässenden 6—7 Spaltöffnungen als einzige auf der oberen Blattepidermis auftreten.

Geraniaceae.

Geranium pusillum, *Robertianum*, *pyrenaicum* und *collinum*, die als Vertreter der Familie geprüft wurden, secernirten sämmtlich Wasser aus den Spitzen der Blattzipfel.

Geranium pusillum. Die Spitze der Blattzipfel ist zu einem cylindrischen Kölbchen angeschwollen, in dem sich pinselförmig die zahlreichen Gefässe eines schwachen Mittel- und zweier starken Seitennerven ausbreiten. Auf dem Gipfel des Kölbchens, dessen inneres interstitienreiches Gewebe aus kleinen, unregelmässig ausgebuchteten, sehr chlorophyllarmen Zellen besteht, finden sich dicht bei einander 6—8 Wasserspalten von rundlicher Form mit kleinem Porus.

Geranium Robertianum. Die Ausscheidungsstelle, ein Fleck an der Zahnspitze, dessen weisse Färbung unter der Lupe hervortritt, ist von etwa 30 Wasserspalten bedeckt, die kreisrund und bedeutend kleiner sind als die Luftspalten, welche nur auf der Blattunterseite vorkommen. Die Gefässe dreier Nerven enden unterhalb der Wasserspalten. — Blätter, die der Pflanze eines anderen Standorts entnommen waren, zeigten sich in dem Bau ihrer Blattzähne dem *Geranium pusillum* conform.

Tropaeolaceae.

Bereits Mettenius ist es bekannt, dass *Tropaeolum majus* aus dem callösen Blattrande über den Nervenenden unter geeigneten Umständen Wassertropfen austreten lässt und dass an jenen Stellen grosse

heteromorphe Spaltöffnungen vorhanden seien. Die Schliesszellen der letzteren sterben nach ihm ab, sobald sie und der Intercellulargang zwischen ihnen beträchtliche Grösse erlangt haben.

Oxalideae.

Wasserausscheidung wurde beobachtet in dem inneren Winkel der herzförmigen Blatteinbuchtung von *Oxalis tetraphylla*. Drei Nerven vereinigen sich dort, ohne indessen ihre Gefässenden fächerartig auseinander treten zu lassen. Während Luftspalten (32:24 Mikrm.) der Blattoberseite fehlen, weist die Secretionsstelle 2—4 Wasserspalten (40:43 Mikrm.) auf, die infolge der bedeutenden Krümmung ihrer Schliesszellen weniger lang als breit sind. — An der einheimischen *Oxalis stricta* sind keine Wasserspalten bemerkbar.

Papilionaceae.

Von ihnen gilt das gleiche wie von den Resedaceen etc. Alle untersuchten Arten (*Trifolium*, *Medicago*, *Onobrychis*, *Vicia*, *Orobis*, *Coronilla*, *Hippocrepis*, *Phaseolus*) zeigen weder Ausscheidung noch Organe, die auf eine solche Function schliessen lassen. — Sind kleine Zähnnchen am Blattrande vorhanden, wie bei den Trifolien, so treten wohl Nervenenden in dieselben ein, aber ohne dass besondere Gefässausbreitungen stattfänden oder Spaltöffnungen über ihnen vorhanden wären.

Rosaceae.

Im Gegensatz zur vorigen ist bei dieser Familie die Wassersecretion und zwar an den Blatträndern eine ganz allgemeine Erscheinung. Sie wurde beobachtet bei *Ulmaria Filipendula*, *pentapetala*. *Geum urbanum*, *rivale*. *Waldsteinia geoides*, *trifolia*. *Rubus saxatilis*. *Fragaria vesca*, *collina*, *grandiflora*, *elatior*. *Comarum palustre*. *Potentilla anserina*, *collina*, *opaca*, *reptans*, *praecox*, *Tormentilla*, *aurea*, *heptaphylla*, *holopetala* etc. *Alchemilla vulgaris*, *alpina*, *fissa*. *Sanguisorba officinalis*, *alpina*, *Poterium sanguineum*.

Fragaria vesca. (Vergl. Taf. V. Fig. 6--8.) Die Secretionsstelle, die sich als ein circa $\frac{1}{4}$ mm langes und breites weisses Fleckchen auf der Zahnschneide zu erkennen giebt und in der sich die gefässreichen Enden dreier Nerven vereinigen, ist von etwa hundert dichtgedrängten, kreisrunden, mit sehr kleinem Porus versehenen Wasserspalten bedeckt. Eine derselben mass 22:21, ihr Porus 3:4, eine der Luftspalten, die nur auf der Blattunterseite vorkommen, 25:19, ihr Porus 8:11 Mikrm. — Auf die obere Epidermis folgt in der Secretionsstelle zunächst bis zur Mitte der Blattdicke ein Complex von kleinen, chlorophyllösen, runden, nach allen Richtungen des Raumes ausgebuchteten Epithemzellen, zwischen denen sich von unten her die Gefässspitzen einschieben, dann bis zur grosszelligen Epidermis der Blattunterseite ein Gewebe

aus gewöhnlichen grünen Mesophyllzellen. — *Comarum palustre* und *Alchemilla vulgaris* verhalten sich ähnlich.

Ulmaria pentapetala. In die äusserste Zahnspitze, die häufig roth gefärbt erscheint, tritt nur ein mittlerer Nerv, dessen Gefässe sich wenig seitlich ausbreiten. In Uebereinstimmung damit zeigt sich in der Epidermis darüber eine schmale, bandartig verlängerte Gruppe von 30—40 Wasserspalten, die in allem, auch in ihrem Verhältniss zu den Luftspalten, denen von *Fragaria* gleichen.

Geum urbanum und *Potentilla reptans* führen neben den Wasserspalten auf der Zahnspitze auch Luftspalten auf der Blattoberseite.

Mettenius erwähnt Wasserspalten bei *Aremonia agrimonoides*, *Geum*, *Potentilla thuringiaca* und *umbrosa*.

Onagraceae.

In der Wassersecretion an den Blättzähnen wurden betroffen: *Epilobium parviflorum*, *hirsutum*, *montanum*, *tetragonum*. *Oenothera biennis*, *speciosa*, *riparia*, *pumila*, *grandiflora*. *Circaea Lutetiana*, *alpina*, *intermedia*. *Fuchsia spec.*

Oenothera biennis. (Vergl. Taf. IV. Fig. 2—5.) Die Blättzähne sind als kleine unscheinbare Knötchen ausgebildet, die längs des Blatt-randes einen ungleichmässigen Abstand innehalten. Die Spitze jedes Knötchens krönt eine runde, enorm grosse Wasserspalte, deren weit-lumige Schliesszellen ihre Krümmung nach dem Zusatz von Glycerin wenig oder gar nicht ändern. Unterhalb der Wasserspalte liegt ein weiter, unregelmässig ausgebildeter Intercellularraum, der seitlich von mehr rundlichen, an seiner Basis von cylindrischen, langgestreckten, chlorophyllosen Zellen begrenzt wird. Letztere setzen sich nach rück-wärts in mehreren Schichten fort und bilden so ein compactes Epithem-gewebe, zwischen dessen Elemente sich die pinselartig auseinander-tretenden Gefässenden eines centralen Bündels verbreiten. Zweifelhaft muss es bleiben, ob die Epithemzellen sich mit oder ohne Interstitien verbinden; soviel steht fest, dass etwaige wasserführende Zwischen-räume nur als äusserst kleine zwischen den schmalen Querwänden gesucht werden können.

Fuchsia. (Vergl. Taf. IV. Fig. 1.) Die Blättzähne laufen in ein cylindrisches Acumen aus, das sich an der Spitze gewöhnlich früh-zeitig braun färbt, später auch wohl am oberen Ende abtrocknet. Der anatomische Bau desselben ist ganz analog dem der Knötchen eines *Oenothera*-Blattes, nur ist die einzige grosse Wasserspalte nicht direct auf der höchsten Kuppe des Acumens, sondern mehr abwärts, nach der Oberseite des Blattes zu gelagert. — De Bary¹⁾ hat, wie schon gesagt, Secretion aus den Blattspitzen eintreten sehen, sobald er Wasser

1) Bot. Ztg. 1869. p. 887.

in die Schnittfläche eines gekappten Zweiges einpresste. Dasselbe findet an jeder unverletzten Pflanze statt, wenn man sie gut bewässert in eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre bringt.

Bei *Epilobium parviflorum* und *Circaea Lutetiana* kehren in Bezug auf die Secretionsstelle dieselben Verhältnisse wie bei *Fuchsia* wieder.

Hippuridaceae.

Hippuris vulgaris. Auf der Spitze der jüngsten Blätter, die sich über dem oberen Stengelende büschelig zusammenneigen, erkennt man dicht an einander stossend 4—5 kreisrunde Wasserspalten mit weit offenem Porus. Bis wenige Zellschichten unterhalb derselben erstrecken sich die Gefässenden des Mittelnerven, umgeben von chlorophyllosen, geradwandigen, nicht allzu zahlreichen Epithemzellen. An älteren Blättern fehlt die Blattspitze und das Blatt erscheint dort wie abgebissen.

Callitrichaceae.

Callitriche autumnalis. An den Spitzen jüngerer Blätter findet sich ein Epithem mit darüber liegenden charakteristischen Wasserspalten. Borodin¹⁾ giebt eine ausführliche Beschreibung davon mit dem Zusatz, dass er im Gegensatz zu Askenasy glaube, es hier mit einem wirklichen Secretionsorgan zu thun zu haben.

Lythraceae.

Lythrum Salicaria. (Vergl. Taf. V. Fig. 1—5.) Die Ausscheidung wird in den Morgenstunden durch grosse, gleiche Distanz innehaltende Tropfen an dem durchaus glatten Rande solcher Blätter augenscheinlich, die aus irgend welchen Gründen von der Benetzung durch Thau frei geblieben sind. An Blättern, die mit Thau bedeckt sind, wird die Erscheinung natürlich hier, wo keinerlei Zahnbildung vorhanden ist, besonders leicht verwischt. Aeusserlich sind die Secretionsstellen durch kein Merkmal, weder eine Anschwellung, noch Farbennuance oder dergleichen erkennbar. Unter dem Mikroskop indessen gewahrt man bald auf dem scharfen Rande, bald um ein geringes nach der Oberseite des Blattes zu davon entfernt in gewissen Abständen je eine ausserordentlich grosse Wasserspalte mit halbkreisförmigen, unbeweglichen, weiltumigen Schliesszellen, denen jegliche Andeutung von Verdickungsleisten oder anderen Verschlusseinrichtungen fehlt.

An die Wasserspalte schliesst sich nach dem Blattinnern zu eine weite Wasserhöhle, deren Umgebung von Zellen gebildet wird, die gestaltlich den übrigen Mesophyllzellen vollkommen gleichen, aber nur wenig Chlorophyll enthalten. Zwischen dieselben schieben sich in der Richtung auf die Wasserspalte Gefässenden ein, die nur seitliche Ab-

1) Bot. Ztg. 1870. p. 841—50.

zweigungen von dem Gefässzuge eines starken Randnerven, also keine eigentliche Nervendigung darstellen. — Luftspalten, gewiss über die Hälfte kleiner als die Wasserspalten, sind auf der Blattoberseite nur in ganz geringer Anzahl zerstreut.

Cucurbitaceae.

Wasserausscheidung wurde an der Spitze der Blattzähne von *Cucumis sativus* und *Sicyos* beobachtet, die Secretstelle nicht näher geprüft.

Crassulaceae.

Bryophyllum calycinum. Eine ausführliche Beschreibung der Wassersecretion und ihres Apparates, welcher letzterer hier ausnahmsweise auf der Blattunterseite angeordnet ist, giebt Berge in seiner Schrift: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*.

Crassula-Arten. Eine grosse Zahl derselben ist von Magnus¹⁾ auf hierher gehörige Organe untersucht worden. Ueber *Crassula portulacae*, von der andere Species nur in nebensächlichen Momenten abweichen, sagt derselbe: „Die ganze Blattoberfläche und die beiden seitlichen Drittel der Blattunterseite sind von kleinen hellen Grübchen bedeckt, die aus kleinzelligem, mit gelbem Saft erfüllten Parenchym bestehen, das über den kopfig angeschwollenen, nach oben und nach unten umliegenden Nervenenden liegt. Dies Parenchym ist von kleinzelliger Epidermis mit zahlreichen kleinen, mit sehr kleiner Athemböhle versehenen Stomaten bedeckt. Ausserhalb der Grübchen hat die Epidermis zahlreiche normale Stomata.“ Magnus behauptet im weiteren, dass obige Bildungen Secretionsorgane sind und dass die eigenthümlichen Spaltöffnungen über den Grübchen den Spaltöffnungen entsprechen, die Caspary an vielen Nectarien nachgewiesen hat. — Verfasser meint dies mit Sicherheit annehmen zu können, dass die Grübchen der *Crassula*-Blätter mit ihrem darunter befindlichen Epithemgewebe physiologisch den bisher geschilderten Secretionsstellen an Blättern an die Seite gestellt werden können, dass sich aber bei ihnen zu der Hauptfunction, die Verminderung des hydrostatischen Drucks in den Gefässen zu ermöglichen, noch eine zweite gesellt, die auf die Entfernung irgend eines in Wasser löslichen Stoffs hinzielt. Sie wären danach mit den später noch näher zu besprechenden kalkabscheidenden Gebilden der *Saxifragen* zu vergleichen. — Entscheidend für diese Annahme ist ihr ganzer Bau. Derselbe macht bei dem Mangel jeglicher Uebergänge und der grossen Verschiedenheit zwischen Epithem- und Mesophyllzellen den Eindruck einer in das Blattparenchym eingesenkten Drüse. Die ausserordentlich zahlreichen, oben abgerundeten Gefässenden des kopfig angeschwollenen Nerven, die infolge netzartiger Verdickung

1) Bot. Ztg. 1871. S. 479—484.

grubig punktirt erscheinen, drängen sich nicht zwischen die Epithemzellen ein, sondern bleiben alle in ungefähr gleicher Höhe, so dass das farblose Gewebe ihnen wie einem Teller aufsitzt. — Die Epithemzellen selbst sind nach einer Abbildung, die De Bary¹⁾ giebt, polyedrisch und schliessen ohne Interstitien aneinander. Dem Verfasser erschienen sie auf Schnitten, die frisch in Wasser gebracht wurden, von rundlicher Form. Ob sie wassererfüllte Zwischenräume zwischen sich lassen, konnte bei der grossen Zartheit ihrer Wände nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ist aber wahrscheinlich.

Sedum Aizoon hat an der Spitze eines jeden Blattrahns eine ähnliche drüsige Bildung wie die *Crassula*-Blätter.

Ribesiaceae.

An den beobachteten Arten *Ribes alpinum*, *nigrum* und *Grossularia* wurden Wassertropfen an den Blattrahnen nicht bemerkt. Allen drei Arten gemeinsam ist neben dem Mangel von Luftspalten auf der Blattoberseite das Vorkommen von ein oder zwei grossen, runden, sich nicht schliessenden Wasserspalten über den Gefässausbreitungen dreier Nerven in der knopfig verdickten Zahnschpize. Die Wasserspalte misst bei *Ribes alpinum* 43:40, ihr kreisrunder Porus 16 Mikrm. im Durchmesser, bei *Ribes nigrum* 51:46, die bezüglichlichen Luftspalten 29:24 resp. 25:19 Mikrm. — Das Gewebe zwischen den oft keulig angeschwollenen Gefässenden und der grossen Wasserhöhle der Wasserspalte besteht bei *R. alpinum* aus rundlichen, grünen Parenchymzellen, bei *R. nigrum* und *R. Grossularia* aus ganz chlorophyllfreien Zellen, von denen die tiefer zwischen und unmittelbar über den Gefässenden gelegenen langgestreckt cylindrisch, die, welche die Wasserhöhle umlagern, rundlich sind.

Saxifragaceae.

Secernirte Wassertropfen wurden an den Blattrahnen aller daraufhin geprüften Vertreter der Familie gesehen, so an *Saxifraga umbrosa*, *hirsuta*, *decipiens*, *tenella*, *caespitosa*, *hypnoides*, *leptophylla*, *aquatica*, *ajugaefolia*. *Hoteia japonica*. *Heuchera cylindrica*, *erubescens*, *hispida*, *Richardsoni*.

Saxifraga-Arten. Seit Unger²⁾ ist man darüber einig, dass die kleinen hellen Grübchen, die sich bald an der Basis, bald an der Spitze der Blattrahne zeigen, Secretionsorgane darstellen, nicht weil man den Austritt von Wasser wirklich beobachtet hätte, sondern weil man, wenigstens bei vielen Arten, Kalkschüppchen als Residua verdunsteten Wassers auf ihnen vorfand. Mettenius beschreibt heteromorphe Stomata auf den Grübchen und zwar je eine aussergewöhnlich grosse

1) Vergleichende Anatomie. p. 393.

2) Unger, Beiträge zur Physiologie der Pflanzen. p. 519—524.

bei *S. Bucklandi*, *orientalis*, *cuscutaeformis*, *punctata*, *Aizoon*, *longifolia*, je zwei bei *S. retusa*, je 3—4 bei *S. mutata*. — Eine ausführliche, auch entwicklungsgeschichtliche Darstellung des ganzen Secretionsapparates giebt Waldner¹⁾. Nach ihm setzt sich derselbe, Kalkdrüse genannt, aus einem keulig verdickten Nervenende und einem darüber gelagerten Interzellularraum mit nach aussen mündenden Wasserspalten zusammen. Die Zellen der Drüse, hervorgegangen aus dem Basttheil des nervenbildenden Gefässbündels sind etwas langgestreckt, dünnwandig, schliessen mit bogig gekrümmten Wänden fest aneinander, ohne Interzellularräume zwischen sich zu lassen²⁾, ihr Inhalt ist körnerfrei, hyalin. Die Drüse umgebend und theilweise in dieselbe eintretend bemerkt man kurzgliedrige Elemente von Gefässzellen, die an der der Blattunterseite zugekehrten Seite der Drüse ungefähr bis etwas über ihre Mitte hinaufreichen, während sie nach der Blattoberseite hin die mittlere Höhe der Drüse nie erreichen. Der ganze Gewebekörper ist umgeben von 1—3 Zellreihen aus in der Richtung der Längsachse der Drüse verlängerten, mit körnigem, bräunlich gefärbten Inhalte erfüllten Zellen, der die Reaktion auf Gerbstoff zeigt. Diese Scheide umgiebt den Drüsenkörper allseitig und verläuft unmittelbar bis unter die Epidermis, zuletzt allerdings nur eine einzige kleinzellige Schicht darstellend. Ein allmähliches Uebergehen der Blattparenchym-Zellen in die Drüsenzellen findet nicht statt. — Waldner legt auf letzteren Umstand besonders Gewicht, weil ihm daraus die genetische Verschiedenheit der Kalkdrüsen der *Saxifragen* und der anatomisch ähnlichen Bildungen an den Blattspitzen anderer Pflanzen (*Ranunculus*, *Fuchsia*, *Callitriche* etc.) hervorzugehen scheint.

Das ist jedenfalls richtig, denn ein Uebergang von den Zellen eines Epithemgewebes einerseits zu denen des gewöhnlichen Blattparenchyms, andererseits zu denen des Bündelendes lässt sich mit Ausnahme der *Crassula*-Arten und eben bei den *Saxifragen* überall leicht konstatiren. — Funktionelle Unterschiede indessen existiren nicht. Hier wie da hat man es mit einem Secretionsapparat zu thun, in dem die eintretenden Gefässenden das Wichtigste sind. Aus diesen wird Wasser bei herabgedrückter Transpiration, also in der Nacht und bei Regenwetter herausgepresst. Die *Saxifragen* benutzen den periodisch ausfliessenden Wasserstrom, um mit seiner Hülfe überschüssige und lösliche Kalksalze, die sich in den Epithemzellen der Drüsen aufspeichern, aus ihrem Organismus herauszuschaffen.

Man könnte hier anführen, dass es *Saxifraga*-Arten giebt, die niemals Kalkschüppchen auf ihren Blättern zeigen und dennoch reichlich

1) Mittheilungen des naturw. Vereins für Steiermark. 1877.

2) Dem Verfasser dieses scheinen wassererfüllte Interzellularräume nicht zu fehlen. Sie sind nur wegen der Wassererfüllung und der Dünne der Zellwände schwer zu erkennen. Sicherheit hierüber können indessen nur Injektionsversuche geben.

entwickelte Drüsen aufweisen und daraus den Schluss ziehen, dass die Drüsenzellen von keiner Bedeutung für die Kalkabscheidung wären. Dem gegenüber ist indessen auf die Thatsache aufmerksam zu machen, dass die Kalksecretion überhaupt keine den einzelnen Arten constant innewohnende Eigenschaft ist, wenigstens hört sie bei Arten, die in Kultur genommen werden, nach und nach auf, wie Engler an *S. Aizoon* gefunden hat.

Hydrangea Hortensia. Auf der äussersten Zahnspitze, die etwas angeschwollen, eine grosse runde Wasserspalte. Sie misst 64 : 64, ihr kreisrunder Porus 16 Mikrm. im Durchmesser. Luftspalten, die nur der Blattunterseite eigen sind, hatten 32 : 25 Mikrm. — Ein Nerv endet unterhalb der Wasserspalte mit zahlreichen pinselförmig auseinander tretenden Gefässen.

Umbelliferae.

Sie schliessen sich in Bezug auf Wassersecretion in allem den *Rosaceen* an. *Sanicula europaea*, *Astrantia major*, *Eryngium planum*, *Aegopodium Podagraria*, *Sium Sisarum*, *Archangelica officinalis*, *Daucus carota*, *Chaerophyllum temulum* wurden mit ausgeschiedenen Wassertropfen auf der Oberseite, *Hydrocotyle vulgaris* und *Bonariensis* auf der Unterseite der Blattzähne vorgefunden.

Eryngium planum, *Aegopodium Podagraria*, *Sium Sisarum*, *Levisticum europaeum*, *Archangelica officinalis* und *Heracleum Sphondylium* stimmen darin überein, dass, während auf der Oberseite der Blätter sonst wenig oder gar keine Spaltöffnungen vorhanden sind, die äusserste meist weiss, gelb oder roth gefärbte Zahnspitze je nach der Art 20, 30, ja 100 und mehr zu einer Gruppe vereinigte, kleine, kreisrunde Wasserspalten mit winzigem Porus trägt. Eine Wasserspalte von *Heracleum Sphondylium* mass 14 : 13, eine Luftspalte 25 : 10 Mikrm. Unter den Wasserspalten breiten sich überall in einem die Hälfte der Blattdicke einnehmenden Epithem aus kleinen, nach allen Seiten hin rundlich ausgebuchteten, chlorophyllfreien Zellen die fächerartig ausstrahlenden Gefässenden dreier, oft kurz vor der Spitze vereinigter Nerven aus. — Bei *Hydrocotyle vulgaris* ist der Blattrand umgeschlagen und über jedem Nervenende nach unten zu einem kleinen Polster verdickt. Auf diesem, also auf der Unterseite des Blattes liegen etwa 40—50 kreisrunde Wasserspalten, deren Schliesszellen höchstens halb so gross, aber verhältnissmässig weiltumiger als die der Luftspalten sind.

Rubiaceae.

Asperula odorata, *Galium uliginosum* und *palustre* wurden mit Secretionstropfen auf den Spitzen der Blätter beobachtet.

Asperula odorata. (Vergl. Taf. V Fig. 10 und 11). Auf der Blattoberseite keine Luftspalten, dagegen auf der Blattspitze circa 40 Wasserspalten mit kleinem Porus und halbrunden, in ihrer Wan-

dung wenig verdickten Schliesszellen (Wasserspalte 27:25, Luftspalte 32:16 Mikrm.). Unterhalb der Wasserspalten die Gefässenden dreier Nerven innerhalb eines Epithems aus kleinen, rundlichen, zum Theil etwas Chlorophyll enthaltenden Zellen.

Galium palustre verhält sich ebenso wie *Asperula*, nur sind die 15—20 zu einer Gruppe vereinigten Wasserspalten in ihrer Form und Grösse durchaus nicht von den Luftspalten verschieden, die Epithemzellen grösser, mit ausgebuchteten Wänden und ganz ohne Chlorophyll.

Valerianaceae.

Valeriana Phu. Längs des glatten Randes der Grundblätter finden sich in kurzen Abständen weisse, callöse Flecke, über denen fast regelmässig des Morgens Secrettropfen sichtbar sind. Die Epidermis über jenen Stellen, die durch die Form ihrer Zellen und deren eigenthümliche Cuticularfaltung scharf abgegrenzt erscheint, trägt 5—6 Wasserspalten, die wohl etwas grösser (48:42) als die Luftspalten (38:32 Mikrm.) der übrigen Epidermis sind, sich aber wie diese auf Zusatz von Glycerin schliessen. In die Secretionsstelle treten die meist keulig verbreiterten Gefässenden dreier Nerven, umgeben von langgestreckten, zum Theil wellig hin und her gebogenen, überlagert von isodiametrischen Epithemzellen.

Dipsaceae.

Dipsacus Fullonum. Die Sekretstelle, als solche an grundständigen Blättern durch überstehende Tropfen nachgewiesen, giebt sich äusserlich als gelblichweisses Knöpfchen etwas vor der Spitze der Kerbzähne zu erkennen. Auf ihr 5—6 Wasserspalten, von denen gewöhnlich eine (37:34 Mikro.) die übrigen, sowie die Luftspalten (29:25 Mikro.) an Grösse überragt. Gegenüber der Einwirkung von Glycerin ergeben sich Verschiedenheiten unter ihnen, indem einige sich schliessen, andere, darunter stets die grössere, nicht oder nicht ganz. — Ein reichlich entwickeltes Epithem aus grossen nach allen Seiten hin charakteristisch kuglig ausgebuchteten Zellen bildet mit zahlreichen sich einschiebenden weiten Gefässenden den innern Secretionsapparat.

Compositae.

Species, bei denen Wassersecretion auf den Blättzähnen festgestellt wurde, sind: *Petasites officinalis*, *albus*. *Silphium tetraquetrum*, *ternatum*, *perfoliatum*. *Rudbeckia purpurea*, *radula*, *hirta*. *Heliopsis scabra*. *Galinsoga parviflora*. *Bidens tripartitus*. *Pyrethrum carneum*. *Doronicum cordatum*. *Lactuca muralis*. *Lampsana communis*. *Hieracium laevigatum*, *pallenscens*, *cymosum*, *Pilosella*.

Galinsoga parviflora. Die Blätter verhalten sich verschieden, solche mit ausgebildeten Zähnen führen auf der Spitze derselben 6 bis 8 grosse Wasserspalten (35:37 Mikrm.) mit weit offenem Porus, solche mit kaum sichtbaren schwach verdickten Spitzchen längs des Randes

nur 2—3. Die Luftspalten, die nur auf der Blattunterseite vorkommen, sind von wechselnder Grösse; eine der grössten mass 24:18 Mikrm. — An ganz jungen Blättern kann man sich hier besonders deutlich von der Thatsache überzeugen, dass die Wasserspalten den Luftspalten in ihrer Entwicklung vorausgehen. Erstere sind schon vollkommen fertig und in Funktion, wenn letztere noch in den vorbereitenden Theilungsstadien stehen. — Unterhalb der Wasserspalten ein Epithem aus wellig hin und her gebogenen, meist chlorophylllosen Zellen über und zwischen den Gefässausbreitungen eines Mittelnerven, der weiter rückwärts zwei schwache Seitennerven aufgenommen hat.

Bellis perennis und *Bidens tripartitus* bieten in ihrem Secretions-Apparat nichts besonders Auffälliges dar. Wasserspalten vermitteln auch bei ihnen den Austritt des Wassers, ebenso wie bei der grossen Zahl andrer Compositen, die bereits von Mettenius erwähnt worden sind.

Campanulaceae.

Campanula carpathica. Die Spitze der Kerbzähne weiss, callös, mit 8—10 Wasserspalten, die zum Theil infolge der Krümmung ihrer Schliesszellen breiter wie lang sind. Eine derselben mass 27:32, ihr Porus 7:11, eine Luftspalte 27:21 Mikrm. Unterhalb der Wasserspalten ein reich entwickeltes Epithem aus farblosen, allseitig ausgebuchteten Zellen, zwischen denen sich die vermehrten Gefässenden eines Mittelnerven fächerartig ausbreiten.

Gentianaceae.

Menyanthes trifoliata. Die wasserausscheidenden Stellen, die als solche wiederholt im Freien und auch im Zimmer festgestellt wurden, geben sich als gelbliche, ein wenig angeschwollene, in seichten Einkerbungen gelegene Flecke zu erkennen, die zu 5—7 in ungefähr gleichen Abständen längs der oberen Hälfte des Blattrandes vertheilt sind. Auf ihnen eine Gruppe von 30 und mehr Wasserspalten, die nicht grösser, eher etwas kleiner als die Luftspalten sind, dafür aber kreisrund und mit grossem runden Porus versehen. Das Lumen der Wasserspalten-Schliesszellen ist rundlich und verhältnissmässig gross, das der Luftspalten-Schliesszellen klein und von der gewöhnlichen dreieckigen Form. Farbloses Epithem vorhanden.

Bei den folgenden Familien, den

Convolvulaceae, Boraginaceae und Solanaceae

hat Verfasser Wasserausscheidung nicht mit Sicherheit konstatiren können. Bei den *Convolvulaceen* scheinen auch alle Einrichtungen dafür zu fehlen, bei den beiden andern Familien finden sich solche, wenn auch nicht in hervorragender Ausbildung

Myosotis palustris. Die Blattspitze ist zu einem nach unten umgewendeten Knöpfchen verdickt, in das der Mittelnerv mit pinselförmig

ausstrahlenden Gefässenden eintritt. Die Epidermis des Knöpfchens trägt eine Gruppe von etwa 50 kreisrunden Spaltöffnungen mit kleinem Porus, die von den Luftspalten der übrigen Blattfläche durch geringere Grösse abweichen. Das Gewebe des Knöpfchens setzt sich aus kleinen, sehr chorophyllarmen Zellen mit buchtigen Wandungen zusammen.

Myosotis intermedia und *Borago officinalis* verhalten sich ähnlich. Einer Mittheilung des Herrn Dr. Kurtz zufolge scheiden die Cotyledonen und ersten Blätter junger Boretsch-Pflanzen in dampfgesättigter Atmosphäre reichlich Wassertropfen aus.

Solanum Dulcamara. Die Oberseite des Blattes ist frei von Stomaten mit Ausnahme des äussersten Randes. Hier tritt entweder 2 bis 3 Zellreihen vom Rande ab oder scharf über demselben ungefähr von Millimeter zu Millimeter je eine Spaltöffnung auf, die rundlicher und grösser (38 : 34 Mikrm.) als die gewöhnlichen Luftspalten der Blattunterseite (25 : 18 Mikrm.) ist. Ebenfalls längs des Randes verläuft ein schwacher Zug von Gefässen, der eine Beziehung zu jener Reihe heteromorpher Spaltöffnungen dadurch zu verrathen scheint, dass sich vielfach von ihm blinde Enden seitlich auf die Spaltöffnungen zu abzweigen. Man hat es nach alledem mit anatomisch denselben Verhältnissen zu thun, die bereits bei *Lythrum Salicaria* erwähnt wurden.

Solanum nigrum. Verschiedene Exemplare, die auf das Vorkommen von Secretionsorganen untersucht wurden, stimmten nicht mit einander überein. Solche, die einem trocknen, sandigen Boden entnommen waren, wiesen weder durch eine angeschwollene Nervenendigung noch durch besondere Spaltöffnung auf eine Wasserausscheidung hin; andere, die auf einer nassen Wiese gewachsen waren, schlossen sich dem *S. Dulcamara* an, indem sie längs des Blattrandes über einem Gefässzuge in ziemlich regelmässigen Intervallen grosse Stomata (43:40 Mikr.) hinter einander zeigten, die sich von den grössten Spaltöffnungen der übrigen Blattfläche (32:22 Mikrm.) besonders noch durch fast kreisrunden, weit offenen Porus unterschieden.

Scrophulariaceae.

In der Wassersecretion aus den Spitzen der Blättzähne wurden betroffen: *Digitalis lutea*, *Linaria Cymbalaria*, *Mimulus moschatus*, *Veronica officinalis*.

Linaria Cymbalaria. (Vergl. Taf. IV Fig. 10 und 11). Die Spitze jedes Zahnes ist zu einem schwachen Knötchen angeschwollen, auf dem 2, 3 oder 4 Wasserspalten vorkommen. Die grösste von diesen ergab 54:54, ihr Porus 16 Mikrm. in der Breite, während die Luftspalten höchstens 24:19, ihr Porus 5—6 Mikrm. in der Breite betrug. — Unterhalb aller Wasserspalten ist ein gemeinsamer ausgedehnter Inter-cellularraum, an den sich weiter nach innen ein farbloses, interstitienfreies oder interstitienarmes Epithem aus cylindrischen langgestreckten

Zellen anschliesst. Ein mittlerer Nerv verbreitet seine zahlreichen Gefässenden zwischen letztere. *Mimulus moschatus* und *Digitalis purpurea* haben auf der Zahnspitze nur eine grosse Wasserspalte, *Gratiola* und *Veronica officinalis* zwei.

Labiatae.

Die Labiaten scheinen sämmtlich auf Wasserausscheidung an den Blattsähen eingerichtet zu sein. Sie wurde beobachtet bei *Mentha arvensis*, *silvestris*, *viridis*. *Salvia biennis*. *Melissa officinalis*. *Glechoma hederacea*. *Galeopsis pubescens*, *Tetrahit*. *Stachys silvatica*. *Betonica officinalis*. *Leonurus cardiaca*. *Brunella vulgaris*.

Glechoma hederacea. Mit der Lupe erkennt man in einer schwachen Einsenkung jedes Kerbzahns ein grünes, oben etwas heller gefärbtes Polster, in das drei Nerven münden. Auf dem Polster circa 10 Wasserspalten (25:24 Mikrm.) die den allein auf der Blattunterseite vorkommenden Luftspalten (25:17 Mikrm.) nur durch ihre Kreisgestalt gegenüberreten. — Die Zellen über und zwischen den Gefässenden der Zahnspitze sind von der rundlichen Form der Mesophyllzellen, aber meist chlorophyllfrei.

Galeopsis pubescens, *Lamium purpureum* und *Salvia pratensis* weisen denselben Bau ihrer Zahnspitze auf wie *Glechoma*, indessen sind die Wasserspalten bei ihnen kleiner als die Luftspalten.

Brunella vulgaris hat eine Gruppe von 10—12 Wasserspalten, die in der Blattfläche liegen, während die Luftspalten darüber hervorragen, auf der Unterseite der schwach angeschwollenen Blattsähen.

Primulaceae.

Secretionstropfen zeigten *Lysimachia nummularia* und *Soldanella alpina*.

Lysimachia nummularia. Die Spitze der Blätter ist als gelbrothes Knöpfchen ausgebildet. In diesem enden zahlreiche Gefässe dreier Nerven zwischen farblosen, seitlich allmählich in Mesophyllzellen übergehenden Epithemzellen. 15—20 Wasserspalten von schwankender Form und Grösse überlagern das Epithem.

Soldanella alpina. (Vergl. Taf. VI Fig. 4). Der Blattrand ist schwach gekerbt. Vor jeder Einkerbung tritt ein Nerv als kleines Spitzchen aus der Blattfläche heraus. Das Spitzchen wird von einer einzigen, grossen, kreisrunden Wasserspalte gekrönt, deren Schliesszellen in ihren Wandungen wie die der Luftspalten auf der Blattunterseite verdickt sind, aber auf Glycerinzusatz sich nicht mehr vollständig schliessen. Zu der Wasserspalte gehört eine grosse, von farblosen rundlichen Epithemzellen umgebene Wasserhöhle, auf welche die bedeutend vermehrten Gefässe eines starken mittleren und zweier schwachen Seitennerven zustreben. — Mettenius erwähnt Wasserspalten bei *Sol-*

danella Clusii, *Cyclamen*, *Primula acaulis*, *auricula*, *marginata*, Borodin bei *Lysimachia thyrsiflora*, Askenasy bei *Hottonia palustris*.

Chenopodiaceae.

An den Blättern der untersuchten Arten (*Chenopodium album*, *Beta vulgaris*, *Atriplex spec.*) wurde sowohl Tropfenabscheidung als ein darauf hindeutendes anatomisches Merkmal vermisst.

Polygonaceae.

Wassertropfen, die nicht vom Thau herrühren konnten, da sie auf dem äussersten Blattrande regelmässige Abstände innehielten, bemerkte Verfasser bei *Polygonum cuspidatum*, *Bistorta*, *mite* und *Rhaponticum pulchrum*.

Polygonum Bistorta. Während der Blattoberseite sonst Stomata fehlen, liegt quer über dem scharfen, etwas nach unten umgebogenen Rande eine Reihe grosser, durch ungefähr gleiche Zwischenräume getrennter Wasserspalten (38:34, die Luftspalten meist 24:19 Mikrm.). Ein starker Gefässzug verläuft längs des Blattrandes, ohne indessen, wie bei *Lythrum*, isolirte Enden nach den Wasserspalten hin auszusenden.

Bei den einheimischen *Rumex*-Arten scheint Wassersecretion, wenigstens eine auf bestimmte Blattstellen lokalisirte, nicht vorzukommen. Ebenso nicht bei unseren *Euphorbiaceen*. Dagegen tritt sie wieder auf bei den

Urticaceae.

Urtica urens. (Vergl. Taf. IV Fig. 6—9). Hält man ein Blatt, das mit Hülfe von Kali durchsichtig gemacht ist, gegen das Licht, so gewahrt man über der ganzen Fläche zerstreut eine grosse Zahl von kleinen, und unregelmässig dazwischen vertheilt eine geringe Zahl von etwas umfangreicheren hellen Punkten. Die einen rühren von Cystolithenzellen her, die andern, die am sichersten auf einem Zahn in der Nähe des Randes zu finden sind, da sie dort zu 3 oder 4 constant auftreten, stellen Orte für Wasserausscheidung dar. Den Beweis für letzteres liefert der anatomische Bau des Blattes an jenen Punkten. Die sonst spaltöffnungsfreie Epidermis der Blattoberseite ist dort kleinzellig und mit einer Gruppe von 6—10 mit minimen Porus versehenen Stomaten (14:13 Mikrm.) bedeckt, die kleiner sind als die Luftspalten der Blattunterseite (22:16 Mikrm.). Das Gewebe darunter besteht bis zur Hälfte der Blattdicke aus ausserordentlich kleinen, charakteristisch allseitig ausgebuchteten, chlorophyllfreien Epithemzellen, die entweder einem gleichmässig fortlaufenden Gefässzuge aufsitzen oder zwischen deren unterste Schichten sich die Elemente eines solchen mit spitzen Enden einschieben. — *Urtica dioica* verhält sich ähnlich.

Cannabineae.

Humulus Lupulus. Secernirte Wassertropfen fanden sich häufig auf den Blattzähnen selbst solcher Blätter, die zwei und drei Meter vom Erdboden entfernt waren. Das Wasser entquillt 10—12 Wasserspalten, die, als einzige Stomata der Blattoberseite, über den fächerförmigen Gefässausbreitungen dreier Nerven auf der Zahnspitze vertheilt sind.

2. *Monocotyledoneae.*

Die Wassersecretion seitens bestimmter Blattpartieen scheint bei den Monocotylen bei weitem nicht so verbreitet zu sein, wie es nach dem Vorhergegangenen bei den Dicotylen der Fall ist. Sie ist seit langem bekannt bei den *Aroideen* und *Gramineen*. Verfasser vermochte sie ausserdem noch bei den *Alismaceen* festzustellen. — Die *Aroideen* können hier übergangen werden, da aus dem Anfang der Abhandlung der Bau des Secretionsapparates genügend ersichtlich ist. Wichtig ist zu betonen, dass derselbe, namentlich was das Vorkommen von Wasserspalten anbetrifft, mit dem bei Dicotylen üblichen übereinstimmt.

Alismaceae.

Alisma Plantago. (Vergl. Taf. VI Fig. 5 und 6.) An allen ausgewachsenen Blättern sieht man des Morgens fast regelmässig entweder von der zusammengezogenen und kuppenförmig verdickten Blattspitze einen Wassertropfen herabhängen, oder man entdeckt die Spuren solcher, die auf der Blattunterseite entlang gelaufen sind, in einem feuchten, von der Spitze sich längs der Mittelrippe zum Blattstiel herabziehenden Streifen. Die Kuppe an der Blattspitze junger Blätter ist vollkommen glatt, ringsum von Epidermis überzogen und frei von jederlei Spaltöffnungen. Auf Längsschnitten durch die Kuppe gewahrt man, dass in dem grünen parenchymatischen Gewebe ein centraler Fibrovasalstrang verläuft, dessen vermehrte einzelne Gefässenden sich unmittelbar bis zur Epidermis erstrecken, ja sich theilweis dort umbiegen und sich ihr mehrere Zellschichten weit direct anlegen. An älteren Blättern ist die Epidermis von der Kuppe der Blattspitze verschwunden und statt deren eine schüsselförmige Einsenkung vorhanden, die, wie man sich leicht überzeugt, durch das Vertrocknen der Parenchym- und Epidermiszellen an jener Stelle entstanden ist. Viele Gefässe des centralen Stranges reichen mit meist offenen Enden und streckenweis abgelöstem Spiralband frei in die Einsenkung hinein.

Gramineae

und verwandte Familien.

Wasserausscheidung an den Blattspitzen der Gräser ist bereits von

Robert¹⁾, Sachs und anderen constatirt worden. Namentlich in Frühjahrsnächten, wo der Wurzeldruck gross, die Transspirationsfläche gering ist, ist sie ausserordentlich reichlich. Verfasser hat wiederholt beobachtet, dass manche Wiesen und mit jungen Gramineen bestandene Felder zu dieser Zeit, auch dann, wenn es auf den Blattflächen zu gar keiner Thaubildung gekommen war, in den frühen Morgenstunden förmlich glitzerten von all den an den Blattspitzen hängenden, ausgeschiedenen Wassertropfen. — Ein eigentlicher Secretionsapparat ist wie bei *Alisma* auch bei den *Gramineen* nicht vorhanden. Die Epidermis reisst, sei es nun spontan, sei es durch den von innen wirkenden Wasserdruck veranlasst, an der gewöhnlich schwach kappenförmig ausgebildeten, später ganz abtrocknenden Spitze nach der Blattunterseite zu auf, und die Gefässe vermögen nun ihr überschüssiges Wasser direct in den Riss oder in die mit ihm in Verbindung stehenden Intercellularräume des Parenchyms zu entleeren.

Den Gefässkryptogamen fehlt die liquide Wassersecretion nicht. *Equisetum arvense* und *limosum* gewähren im Freien zu geeigneten Stunden ein äusserst zierliches Bild, indem sich zwischen jedem Zahn der Blattscheiden ein grosser ausgeschiedener Tropfen vorfindet. Auf der Innenfläche der Scheidenzähne gelegene Spaltöffnungen vermitteln die Secretion.

Schluss.

Die liquide Secretion vollzieht sich am einfachsten bei den Monocotylen. Erst bei den Dicotylen und den ihnen auch sonst nahestehenden Aroideen kommt es zur Bildung eines besonderen Secretionsapparates.

Die Secretionsstellen, die mit Ausnahme von *Hydrocotyle*, *Bryophyllum* und *Brunella* der Oberseite der Blätter angehören, sind in der Regel auf Blattspitzen und Blatzzähne beschränkt und dann gewöhnlich durch Färbung, Anschwellung oder sonstige Ausbildung äusserlich kenntlich. Bei *Crassula* und *Urtica* sind sie auch über die mittlere Blattfläche vertheilt, bei *Lythrum* und den sich ihnen anschliessenden *Polygonaceen* und *Solanaceen* auf einzelne, am glatten Blattrande befindliche Stomata reducirt.

Der Secretionsapparat besteht aus den fächer- oder pinselförmig ausgebreiteten Gefässenden eines Nerven, über denen in der Epidermis eine oder viele Wasserspalten gelagert sind. Letztere unterscheiden sich von den Luftspalten derselben Pflanze durch Grösse, Form, Lage oder Gruppierung, manche auch durch Starrheit ihrer in diesem Fall stets weitlumigen Schliesszellen. — Die Zahl der Wasserspalten ist für viele Familien und Abtheilungen typisch; so finden sich über jedem

1) Compt. rend. 1875.

Nervende 1 oder 2 aussergewöhnlich grosse bei den *Papaveraceen*, *Onagraceen*, *Ribesiaceen*, *Saxifragaceen*, *Scrophulariaceen* und *Primulaceen*, eine grosse Zahl von oft 100 und mehr, in dicht gedrängter Gruppe bei den *Rosaceen*, *Umbelliferen* und *Rubiaceen*.

Zwischen den Gefässenden des Nervs und den Wasserspalten liegt entweder grünes Blattparenchym oder gewöhnlich ein Epithemgewebe, dessen Ausbildung, besonders was Umfang und Zellformen angeht, grossen Verschiedenheiten unterworfen ist.

Die Frage, ob diejenigen krautartigen Pflanzen, welche jeder Andeutung eines Secretionsapparates ermangeln, wie die *Resedaceen*, *Linaceen*, *Malvaceen* und vor allem die *Papilionaceen* überhaupt kein flüssiges Wasser an den Blättern ausscheiden, veranlasst den Verfasser, hier zum Schluss die Vermuthung auszusprechen, dass auch bei diesen Wassersecretion zu denselben Zeiten vorkommt wie bei den deutlich tropfenabscheidenden Kräutern. Dieselbe ist nur nicht auf bestimmte Blattpartieen localisirt, sondern geschieht gleichmässig durch die gewöhnlichen Spaltöffnungen über die ganze Blattfläche, wird also auf den Beobachter den Eindruck eines der Thaubildung ähnlichen wässrigen Niederschlages hervorrufen. Die ausgesprochene Vermuthung wird dadurch unterstützt, dass, besonders bei den *Papilionaceen*, oft die Spaltöffnungen der Blattoberseite von denen der Blattunterseite in Grösse und Form abweichen und dass bei ihnen und jenen übrigen Familien die Gefässe nicht bloss zu Strängen vereinigt das Blatt durchziehen, sondern sich in ausgeprägtester Weise allenthalben einzeln zwischen die Parenchymzellen mit blinden, häufig charakteristisch aufgetriebenen Enden zerstreuen.

Figuren-Erklärung von Taf. IV—VI.

Tafel IV.

1. *Fuchsia spec.* Verg. 110.

Durchschnitt durch einen Blattzahn. a. Die Wasserspalte.

2—5. *Oenothera biennis*.

2. Durchschnitt durch einen Blattzahn. a. Die Wasserspalte. Verg. 110.

3. Die Wasserspalte in der Fläche. Verg. 250.

4. Die Wasserspalte im Durchschnitt. Verg. 600.

5. Eine Luftspalte im Durchschnitt. Verg. 600.

6—9. *Urtica urens.* Verg. 350.

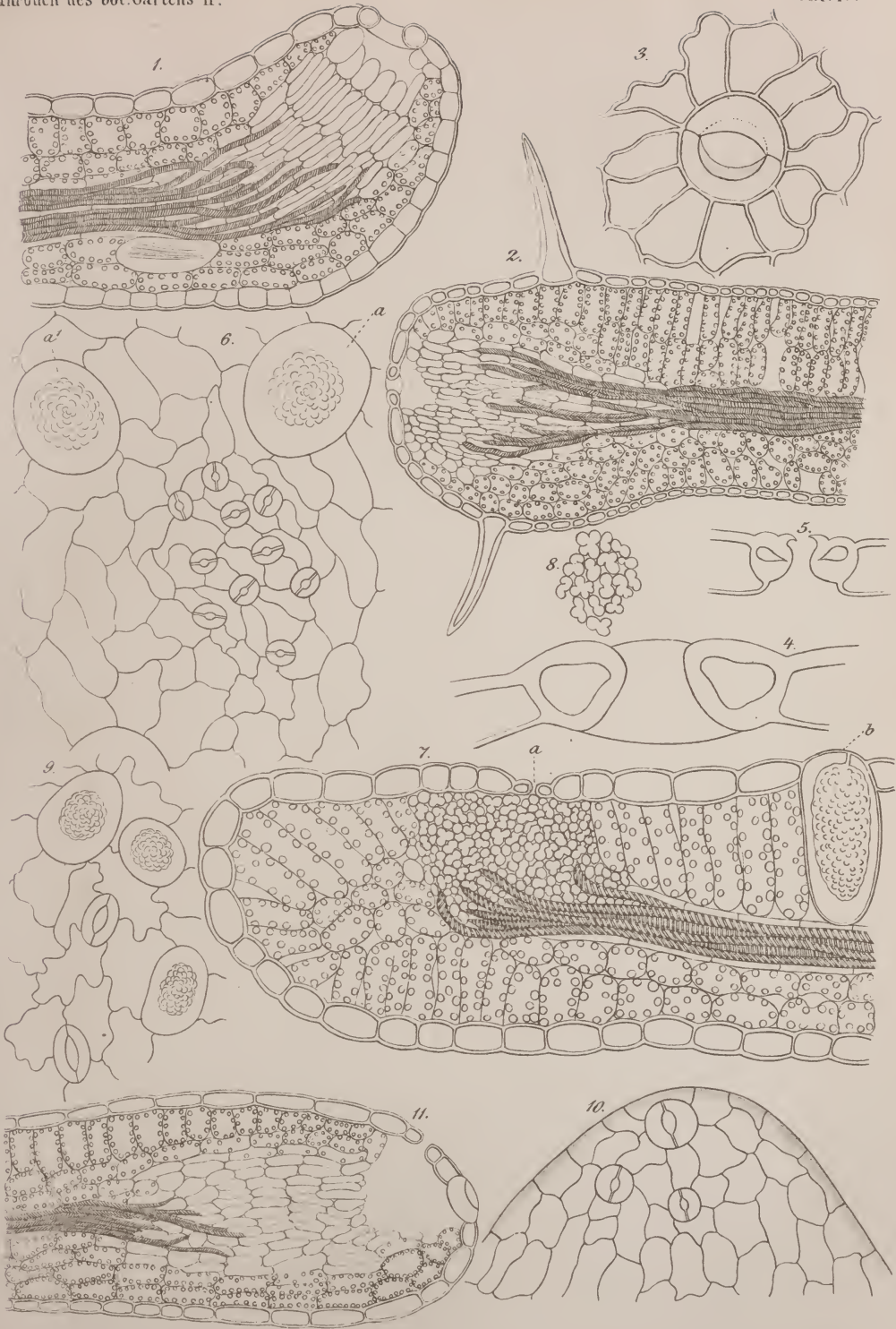
6. Gruppe von Wasserspalten. a—a' Cystolithenzellen.

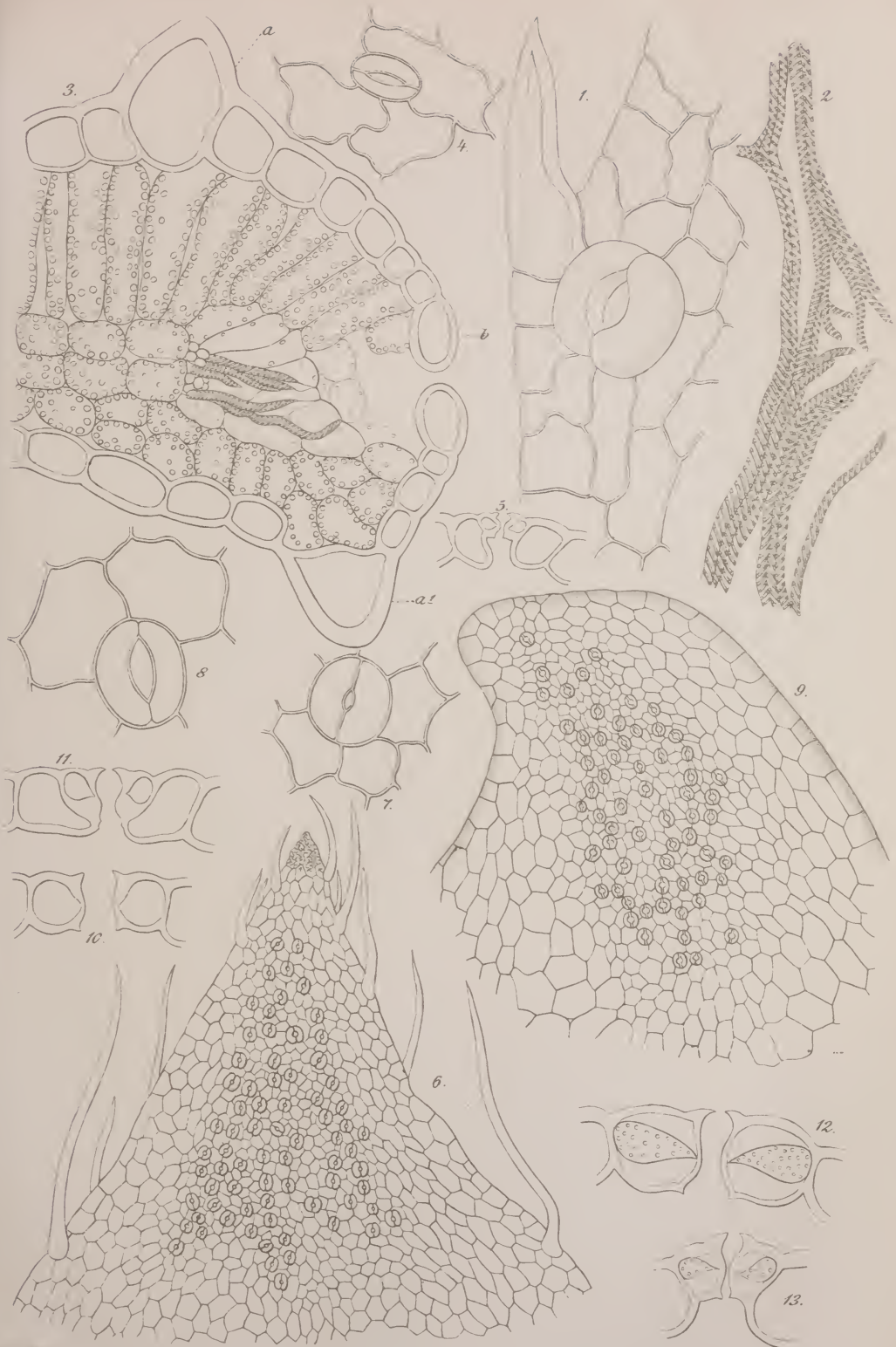
7. Blattdurchschnitt. a. eine Wasserspalte, darunter das Epithem.

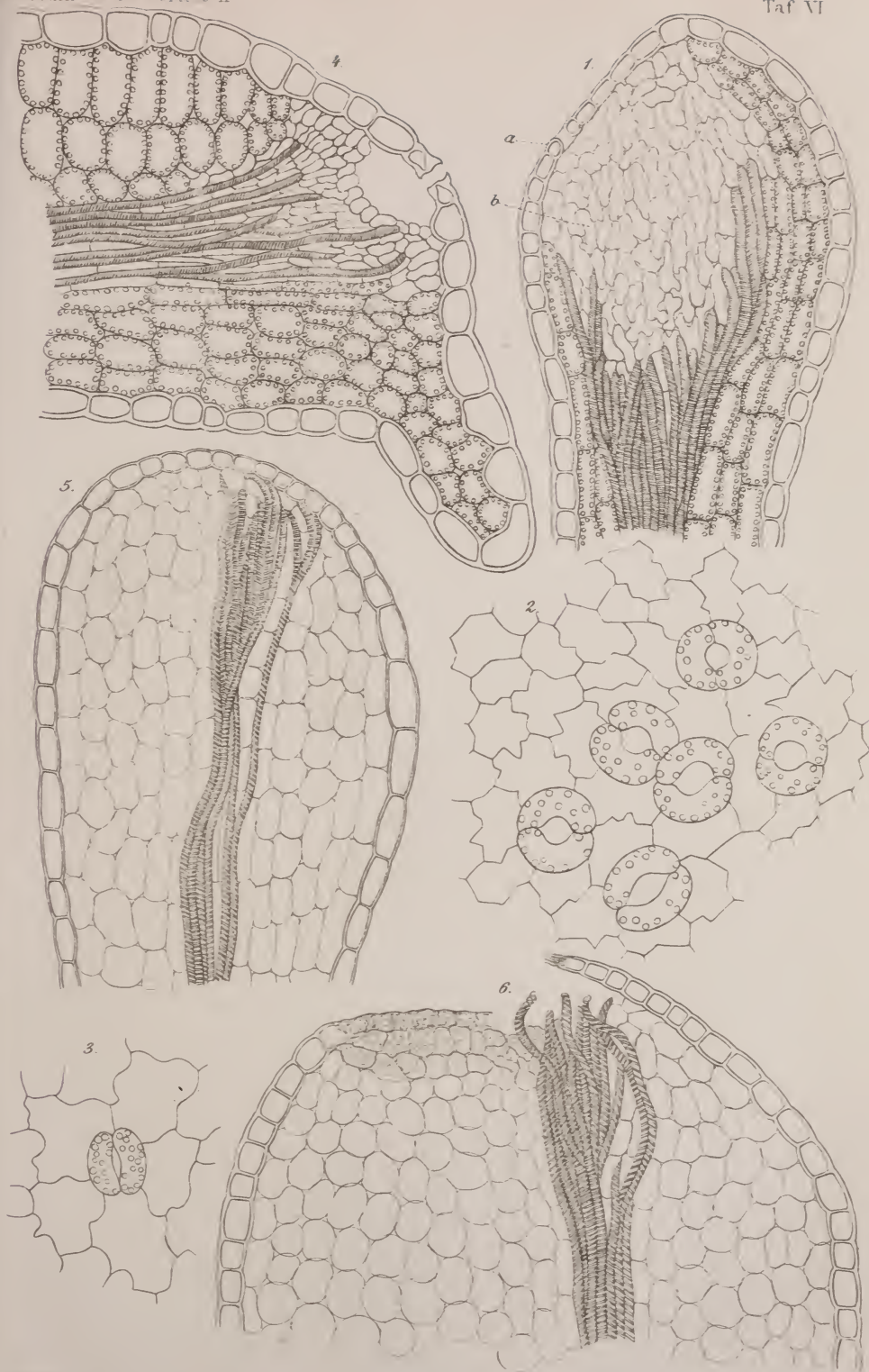
b. Cystolith.

8. Epithemzellen von der Blattfläche aus gesehen.

9. Luftspalten.







- 10 u. 11. *Linaria cymbalaria*. Verg. 150.
 10. Spitze eines Blatzzahns mit 3 Wasserspalten.
 11. Schnitt durch die Spitze eines Blatzzahns.

Tafel V.

- 1—5. *Lythrum Salicaria*. Verg. 350.
 1. Stück des Blattrandes mit einer Wasserspalte.
 2. Gefäßverlauf unterhalb dieser Wasserspalte.
 3. Blattrand im Durchschnitt a. a' durchschnittene Haare.
b. Wasserspalte.
 4. Luftspalte in der Fläche.
 5. Luftspalte im Durchschnitt.
- 6—8. *Fragaria vesca*.
 6. Blattzahnspitze mit den Wasserspalten. Vergl. 150.
 7. Eine Wasserspalte. Verg. 800.
 8. Eine Luftspalte. Verg. 800.
9. *Archangelica officinalis*. Verg. 150.

Blattzahn mit seinen Wasserspalten.
10. u. 11. *Asperula odorata*. Verg. 800.
 10. Eine Wasserspalte.
 11. Eine Luftspalte.
12. u. 13. *Veronica officinalis*. Verg. 800.
 12. Eine Wasserspalte.
 13. Eine Luftspalte.

Tafel VI.

- 1—3. *Caltha palustris*.
 1. Durchschnitt durch die Spitze eines Kerbzahns. Verg. 175.
 - a. Wasserspalte. b. Epithem.
 2. Ein Epidermisstück der Sekretionsstelle mit Wasserspalten. Verg. 350.
 3. Luftspalte. Verg. 350.
4. *Soldanella alpina*. Verg. 350.

Blattrand unterhalb einer Wasserspalte durchschnitten.
- 5 u. 6. *Alisma Plantago*. Verg. 150.
 5. Durchschnitene Spitze eines jungen, noch unaufgerollten Blattes.
 6. Durchschnitene Spitze eines älteren Blattes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Königlichen botanischen Gartens und des botanischen Museums zu Berlin](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Volkens Georg

Artikel/Article: [III. Ueber Wasserausscheidung in liquider. Form an den Blättern höherer Pflanzen. 166-209](#)