Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen.

Von dem w. M. **Prof. Dr. F. Unger.**

(Als Fortsetzung der gleichnamigen Beiträge. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften der mathem.-naturw. Classe, LXIV. Bd., S. 181.)

XII [1]). Neue Untersuchungen über die Transspiration der Gewächse.

6. Verschiedenheit der Transspiration der Ober- und Unterseite der Blätter, und ihre Abhängigkeit von dem Vorhandensein der Spaltöffnungen.

Dass die beiden Seiten der Blätter in ihren Functionen verschieden sind, haben schon die Versuche Ch. Bonnet's (*Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes I)*, Andr. Knight's (*Philosoph. Transact.* 1803, Thl. II, p. 277—289) und L. Ch. Treviranus (Beiträge zur Pflanzenphysiologie, S. 132, und dessen vermischte Schriften: I. Über die Ausdünstung der Gewächse und deren Organe, S. 173) sattsam dargethan.

Namentlich war es die Transspiration, wodurch die Verschiedenheit der oberen und unteren Blattfläche durch ganz einfache Versuche anschaulich gemacht werden konnte. Während bei vielen Pflanzen die Unterseite der Blätter bedeutende Mengen von Wasserdunst von sich gab, war dies an der Oberseite gar nicht oder nur sehr schwer zu bemerken.

Da es durch die anatomischen Untersuchungen bereits bekannt war, dass die Oberseite der Blätter häufig keine Spaltöffnungen besitzt, indess der Unterseite stets eine grosse Menge zukommt, jedenfalls aber die Zahl derselben an der Unterseite die der Oberseite über-

[1]) Aus Versehen haben die im XLIII. Bande erschienenen Abhandlungen statt VIII, IX, X und XI, so wie die im Bande XLIV, S. 182, begonnene Abhandlung XII die Nummern VII, VIII, IX, X und IX erhalten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

trifft, so lag die Erklärung obigen Factums nahe. Die Abhängigkeit der Transspiration von den Spaltöffnungen war demnach eine ausgemachte Sache.

Weiter ging man in diesen Betrachtungen nicht. Und in der That kann es auch keinem Zweifel unterworfen sein, dass die Spaltöffnungen die vorzüglichsten Vermittler der dunstförmigen Ausscheidung des Wassers sind, wenn man ihren Bau, ihre Lage und die sonstigen Eigenthümlichkeiten des Organes in Betrachtung zieht, an welchen sie in grösster Menge vorkommen.

Es ist bekannt, dass es vorzüglich nur die grünen Theile der Pflanzen sind, deren Oberfläche mit Spaltöffnungen versehen sind. Hier bilden sie einen Theil der äussersten Schichten der Zellen, welche man Epidermoidalschichten genannt hat, ja in den bei weitem zahlreichsten Fällen, in welchen die Epidermis nur auf eine einzige Zellschichte beschränkt ist, nehmen sie unmittelbar Antheil an dem Baue derselben und stehen demnach in directester Verbindung mit dem die Pflanze umgebenden luftförmigen Medium.

Es ist aber eine besondere Eigenthümlichkeit der die Epidermis bildenden Zellen, dass ihre Membran dicker und derber gebaut ist, als die Membran der unter ihr befindlichen Zellenschichten, ja man kann es sogar leicht beobachten, dass es insbesonders der nach aussen gekehrte Theil der Zelle ist, in welchem sich die Membran ganz vorzüglich verdickt zeigt.

Dieser Umstand sowohl als der dichte Verschluss der Zellen unter einander und noch einiges andere, machen diese äusserste Zellschicht zu einer ziemlich compacten Masse.

Es ist nicht zu verkennen, dass diese Beschaffenheit der Epidermis ganz vorzüglich für das Blattorgan passend ist und mit diesem in einer nothwendigen Beziehung zu stehen scheint.

Wie kein anderer Pflanzentheil, so ist es dieser meist flächenförmig ausgebreitete auf wenige übereinanderliegende Zellenschichten beschränkte, also sehr verdünnte Theil, welcher der austrocknenden Eigenschaft der Luft am meisten ausgesetzt ist. Bei der im Allgemeinen leichten Durchdringlichkeit der Pflanzenmembran für die in ihr enthaltene Flüssigkeit müssten alle Pflanzenblätter sehr leicht, manche sogar augenblicklich vertrocknen und dadurch zu leben aufhören, wenn nicht durch eine für das Wasser weniger permeable Membran, wie solche eben die Epidermiszellen zeigen, ein Hinderniss gelegt wäre.

Dies geht nach den bisherigen Erfahrungen noch weiter, indem eine von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Cellulose noch mehr abweichende, derbere Haut als ein freier Überzug über die ganze mit der Luft in unmittelbare Berührung kommende Epidermalschichte gespannt und mit dieser auf das Innigste verwachsen ist. In vielen Fällen ist über diesen Cuticularüberzug sogar noch eine dünne Schicht von einer wachsartigen Substanz abgelagert, welche für Wasserdünste noch weniger durchdringlich ist. Haben schon die Epidermiszellen einen nicht geringen Schutz für das unterliegende Zellgewebe des Blattes ausgeübt, so thut es die Cuticula und die Wachsschichte noch mehr, indem diese beiden Bildungsproducte alle möglichen Fugen der Zellen überziehen und verdecken und dadurch den Verschluss nur um so inniger bewirken.

Würde dieser Verschluss aber in der Allgemeinheit ausgeführt sein, wie wir ihn hier voraussetzten, so müsste dadurch nothwendig jede Wechselwirkung der Pflanze mit der Luft entweder ganz aufgehoben oder doch wenigstens auf das Minimum beschränkt sein, eine Voraussetzung, bei welcher das Leben der Pflanze unmöglich einige Fortdauer versprechen könnte, da wir nur zu gut wissen, dass der Gasaustausch zwischen Pflanze und atmosphärischer Luft eine der wesentlichsten Bedingungen ihrer Existenz ist.

Die zweckmässige Einrichtung für den Pflanzenorganismus kann demnach keine andere sein, als mit der Beschränkung der nachtheiligen Wirkung der Atmosphäre dennoch ihren Einfluss auf denselben nicht ganz zu hemmen, was am einfachsten dadurch bewirkt wird, wenn bei der oben dargestellten Einrichtung der Epidermis stellenweise Communicationsöffnungen erhalten werden. Eine solche Einrichtung besitzt die Epidermis in der That durch die Spaltöffnungen, welche sich in ihr befinden, und wodurch die Wechselwirkung mit der Luft nicht nur möglich gemacht, sondern selbst für das Innere des Pflanzenkörpers hergestellt ist.

Zu diesem Zwecke stehen die Spaltöffnungen stets mit Höhlungen in dem Zellgewebe in Verbindung und diese selbst verzweigen sich als luftführende Intercellulargänge und als Luftcanäle nicht blos durch das Blatt, sondern durch die ganze Pflanze, so dass demnach die durch die Spaltöffnungen eingeführte atmosphärische Luft in der ganzen Pflanze circulirt und auf diesem Wege mit einer grossen Menge zarter, saftiger Zellen in unmittelbare Berührung kommt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Spaltöffnungen sind demnach in der That als Luftlöcher, als Spiracula anzusehen, wodurch die atmosphärische Luft einen Zugang zu dem Innersten der Pflanze hat.

Hier handelt es sich nicht darum, die Eigenschaften der aus diesen Öffnungen aus- und eintretenden Luft in allen ihren Beziehungen zu prüfen, nur in wie ferne dieselbe zugleich Träger von Wasserdünsten ist, soll etwas näher in's Auge gefasst werden.

Die erste Frage hierbei ist wohl die, ob der von der Pflanze entbundene Wasserdunst allein nur auf dem Wege der Spaltöffnungen erfolgt oder nicht.

Diese Frage ist nicht schwer zu beantworten und liegt bei Erwägung der Natur der Zellen, so zu sagen, auf der Hand; indess lässt sich dieselbe erfahrungsgemäss noch dadurch ermitteln, indem man Pflanzen in Bezug auf die Quantität der Ausdünstung in Untersuchung zieht, deren beide Blattflächen sich dadurch unterscheiden, dass die eine keine Spaltöffnungen besitzt, während die andere mit einer grossen Anzahl derselben versehen ist.

Die Beantwortung der Frage wird um so genauer, wenn die Quantitäten des verdunsteten Wassers sowohl als der Flächeninhalt des Blattes und die Menge der auf derselben vorkommenden Spaltöffnungen richtig bestimmt und mit einander verglichen werden.

Dieses habe ich an eilf ihrer Beschaffenheit nach und namentlich in Rücksicht auf ihren Blattbau von einander sehr abweichenden Pflanzen auszuführen gesucht.

Um die Quantität des Wassers, welches in einer bestimmten Zeit von den Blättern ausgehaucht wurde, zu ermitteln, bediente ich mich des bereits beschriebenen Apparates, nur konnte, da in den wenigsten Fällen während der Versuchszeit grosse Quantitäten transspirirt wurden, dasselbe nicht auf die oben bezeichnete Weise bestimmt werden. Ich wendete hierzu Chlorcalcium an, das ich in Uhrgläsern unter die verschlossenen Glastrichter brachte [1]). Das Chlorcalcium wurde sammt dem Uhrglase am Anfange und am Schlusse des Versuches gewogen. Die Gewichtszunahme entsprach genau der Quantität des transspirirten Wassers.

[1]) Im oberen Trichter wurde das Uhrglas einen mit Korkstöpsel befestigten Drahtträger gestellt, im unteren Trichter lag es in dessen Halse.

Der Flächeninhalt der transspirirenden Oberfläche wurde in allen Fällen durch die genau gemessene Trichteröffnung bestimmt. Ich wendete in allen Versuchen Trichter von gleicher Weite an. Dieselbe betrug 5410·8 Quadratmillim., was ungefähr die Oberfläche eines mittelgrossen Blattes ausmacht. Endlich zur Bestimmung der Menge der Spaltöffnungen wurden diejenigen Glasmikrometer benützt, welche die Quadratdecimallinie Wiener Mass in 900 Quadrate theilt. Es wurden die auf 9 solcher Quadrate fallenden Spaltöffnungen gezählt und auf den Flächeninhalt eines Quadratmillim. berechnet. Diese Bestimmungen können als Durchschnittszahlen als ziemlich genau bezeichnet werden.

In der beifolgenden Tabelle sind alle diese Bestimmungen neben einander hingestellt und in der letzten Rubrik die Verhältnisszahl der Grösse der Ausdünstung von der Ober- und von der Unterseite des Blattes beigefügt.

Namen der Pflanzen	Zeit der Beobachtung	Eine Oberfläche des Blattes von 5410·8 Millim. □ gab in 24 St. Wasser in Grm.		Zahl der Spaltöffnung. auf 1 Millim. □ des Blattes		Verhältniss der Transspiration der	
		Obers.	Unters.	Ob.	Unt.	Ob.	Unt.
Fuchsia fulgens .	27. Juli 1851	0·197	1·591	0	200	1	8
Nicotiana Tabacum .	28. Juli 1851	0·308	1·322	100	207	1	4,3
Entelea arborescens	28. Juli 1851	0·456	2·924	0	227	1	6,4
Begonia manicata	18. Nov. 1851	0·085	1·325	0	47	1	15,6
Ficus elastica	23. Nov. 1851	0·098	1·422	0	207	1	14,5
Aucuba japonica	25. Nov. 1851	0·034	1·386	0	145	1	40
Saxifraga ligulata .	27. Nov. 1851	0·116	0·684	0	166	1	6
Richardia aethiopica	28. Nov. 1851	0·128	1·652	42	62	1	12,9
Hydrangea hortensi	29. Nov. 1851	0·250	2·124	0	124	1	8,3
Helianthus annuus .	25. Aug. 1852	4·133	5·135	207	250	1	1,25
Brassica Rapa	28. Sept. 1852	1·000	2·400	373	726	1	2,4

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Aus dieser Zusammenstellung lässt sich Folgendes ersehen:

1. Die Transspiration der Blätter erfolgt, wenngleich im geringen Masse auch da, wo sich keine Spaltöffnungen befinden. In sieben hier angeführten Fällen besitzt die Oberseite der Blätter keine einzige Spaltöffnung, demungeachtet sind von der angegebenen Fläche 30—40 Milligr. Wasser innerhalb 24 Stunden transspirirt worden. Die Transspiration ist also bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den Spaltöffnungen und wird unter gleichen Umständen dort ungleich stärker sein, wo die Dicke und Derbheit der Zellenmembran, so wie der Cuticula u. s. w. der Verdunstung weniger Hindernisse in den Weg stellen.

2. Die Grösse der Transspiration ist der Zahl der Spaltöffnungen nicht proportionell. Obgleich bei mehreren Pflanzen die Grösse der Transspiration an der Oberseite und Unterseite des Blattes im Verhältniss mit den auf beiderlei Flächen vorkommenden Spaltöffnungen steht, wie das z. B. bei *Helianthus annus* nahezu auch bei *Brassica Rapa* der Fall ist, so weicht dies doch z. B. bei *Nicotiana Tabacum*, noch mehr aber bei *Richardia aethiopica* ab.

Es geht aber aus diesen Beobachtungen hervor, dass ausser den Spaltöffnungen noch andere in der Organisation der Pflanze liegende Momente auf die Grösse der Transspiration Einfluss nehmen. Eines dieser Momente liegt offenbar in dem ungleichen Bau der Epidermis beider Blattseiten, wie dies aus zahlreichen hierüber vorliegenden Untersuchungen hinlänglich ersichtlich ist.

3. Der grösste bisher beobachtete Unterschied in der Transspiration beider Seiten des Blattes ist an dem lederartigen, mit sehr derber Epidermis versehenen Blatte von *Aucuba japonica* beobachtet worden. Er zeigt das Verhältniss von 1:40, während die Zahl der Spaltöffnungen an den entsprechenden Blattseiten sich wie 0:145 verhalten. Dagegen findet sich der geringste Unterschied von 1:1·25, wie das bei *Helianthus annuus* vorkommt, dem nahezu entsprechend die Zahl der Spaltöffnungen an den beiden Blattseiten sich erhalten wie 207:250.

4. In wie weit eine behaarte Oberfläche die Transspiration unterstützt, geht zwar aus den mitgetheilten Fällen nicht mit Bestimmtheit hervor, doch scheinen wenigstens bei *Entelea arborescens* die starken und dichten Haare auf die Grösse der Trans-

spiration an der Oberseite des Blattes nicht ohne Einfluss geblieben zu sein.

Man vergleiche hierüber Nr. 4.

---

7. Function der Spaltöffnungen bei der Transspiration der Blätter.

Wenn es aus dem Vorhergehenden auch ersichtlich ist, dass die Spaltöffnungen bei dem Vorgange der Transspiration ein wichtiges, einflussreiches Moment abgeben, so steht noch immer die Frage zu beantworten, auf welche Weise dieselben dabei thätig sind.

Während bei vielen Pflanzen der Spaltöffnungsapparat sehr klein ist, erreicht er bei anderen die drei- bis vierfache Grösse, trotzdem ist es selbst bei diesen mit grossen Schwierigkeiten verbunden, denselben seiner Form und Einrichtung nach genau zu erforschen und namentlich die Ausmasse der zwischen den beiden Porenzellen vorhandenen Öffnung ziffermässig zu bestimmen.

Bei *Agapanthus umbellatus* habe ich diese Öffnung seiner Zeit auf 0·0000466 Quadratlinie W. M. bestimmt[1]), und es ergab sich aus der auf 1 Quadratlinie entfallenden Spaltöffnungen, die 325 betragen, dass ungefähr der 330. Theil der Oberfläche des Blattes offen, d. i. ohne schützendes Oberhautgewebe daliegt. Bei *Ajuga genevensis*, wo die Spaltöffnungen zwar bei weitem zahlreicher, jedoch viel kleiner sind, fand ich die Öffnung der Spalte zu 0·0000027 Quadratlin. und bei 432 Öffnungen auf 1 Quadratlin. nur den 857. Theil unbedeckt; so an der Unterseite, während an der Oberseite kaum der dritte Theil von dem als unbedeckt erscheint.

Die Spaltöffnungen können sowohl durch ihre Porenzellen, welche in der Regel zarter als die anschliessenden Epidermiszellen gebaut sind, als durch die zwischen ihnen befindliche Öffnung auf die Transspiration einwirken. Unstreitig bewirkt die Öffnung ein höheres Mass der Verdunstung, weil der in den Intercellulargängen des Parenchyms gebildete Wasserdunst beim Austritte aus der Pflanze kein Hinderniss zu überwinden hat. Es hängt also bei Beurtheilung dieses Gegenstandes bei weitem mehr von der Ermittelung

---

[1]) Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, p. 98.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Öffnungen, als von der Ausdehnung der Porenzellen ab, und da diese Öffnungen variable Grössen bilden, ist es vorzüglich der Zustand der Erweiterung, der Verengerung und des gänzlichen Verschlusses, der in Bezug auf die Quantität der Transspiration einer näheren Ermittelung bedürfen.

Man hat erst in der neuesten Zeit durch H. v. Mohl[1]) den Mechanismus im Öffnen und Schliessen der Spalten kennen gelernt. Es sind dabei sowohl die Turgescenzzustände der Porenzellen, als die der Epidermiszellen thätig. Nicht von dem Zustande der ersteren allein hängt das Offensein oder die Verschliessung der zwischen ihnen gelegenen Spalte ab, sondern auch von der Beschaffenheit der letzteren. Vergleichende Messungen haben gelehrt, dass die auf ihrem Längenaxenquerschnitt mehr oder minder runde Porenzelle bei hinlänglicher Wasseraufnahme nicht gleichmässig nach allen Richtungen turgescirt, sondern sich an ihrer inneren Seite mehr in die Höhe als in die Breite ausdehnt und somit die runde Form ihres Querschnittes in eine länglich-elliptische verwandelt. Da der der Oberfläche parallele Querdurchmesser dabei kürzer wird, so muss nothwendig eine Erweiterung der Spalte eintreten, im entgegengesetzten Falle eine Verengerung.

Isolirt man daher eine Spaltöffnung von der Einwirkung nachbarlicher Zellen, oder ist vermöge Structurverhältnisse die Sonderung der Porenzellen ohnehin möglichst ausgeführt, so wird bei Benetzung derselben stets ein Öffnen der Spalte, umgekehrt bei Entziehung von Wasser ein Collabiren und damit eine Verengerung derselben erfolgen.

Ebenso häufig, vielleicht noch häufiger, ist jedoch bei Pflanzen eine innigere Verbindung, ein ich möchte sagen sogar untergeordnetes Verhältniss der Porenzellen unter die Zellen der Epidermis vorhanden, und da die Zustände, welche Turgescenz oder Collapsus der ersteren bedingen, auch auf diese einwirken, so kann in diesen Fällen die ursprüngliche Wirkung der Porenzellen nicht zur Geltung gelangen, indem sie von der Wirkung der Epidermiszellen als der einflussreicheren unterdrückt wird. Auch unter diesen Umständen öffnet sich die Spalte bei Erfüllung der Porenzellen mit Wasser, da dies aber auch die Epidermiszellen thun, und diese sich der Länge

[1]) Botanische Zeitung. 1856. St. 40, 41.

und Breite nach ausdehnen, daher in ihrer Gesammtheit eine stärkere Ausdehnung als jene erfahren, so muss die geöffnete Spalte von der Seite her comprimirt und geschlossen werden. Es tritt also in diesem Falle bei Benetzung der Oberhaut zunächst ein Öffnen der Spalte, unmittelbar darauf aber eine Verschliessung derselben ein. Im rascheren oder minder raschen Erfolge dieser secundären Wirkung unterscheiden sich die Pflanzen sehr wesentlich, was sowohl durch ihre Structurverhältnisse als namentlich durch die Beschaffenheit der Cuticula und ihrer von Feuchtigkeit mehr oder minder leicht durchdringbaren Aussonderungen abhängt. Es ist daher begreiflich, dass auf ganz dieselben äusseren Einflüsse die Wirkung bei verschiedenen Pflanzen sich sehr verschieden äussert, und namentlich Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft bei diesen Pflanzen ein Öffnen, bei anderen ein Schliessen hervorbringen muss.

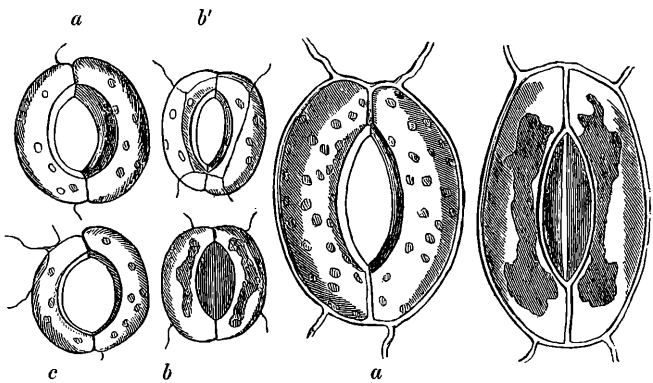
Da im Allgemeinen bei directer Einwirkung des Sonnenlichtes und der Wärme eine Erhöhung der Thätigkeit und damit des Turgescenzzustandes stattfindet und diese in den den Parenchymzellen verwandten Porenzellen erfolgreicher als in den neben liegenden Zellen eintreten muss, so ergibt sich als nothwendige Folge, dass unter solchen Umständen ein Öffnen der Spalte erfolgt. In der That bestätigt dies die Erfahrung.

Ich wählte für diese Untersuchung mehrere Pflanzen, deren Spaltöffnungen so gross sind, dass bei einer 3 bis 400maligen Vergrösserung über das Offen- oder Geschlossensein der Spalte kein Zweifel entstehen konnte. Ich fand dazu unter den Pflanzen meiner Umgebung am tauglichsten *Melampyrum nemorosum*, *Impatiens nolitangere*, *Ajuga reptans* und *Ajuga genevensis*, *Lamium amplexicaule*, *Echium vulgare* und vorzüglich *Galium Aparine*, *Polygonum Convolvulus* uud *Viola arvensis*. Ich beobachtete diese Pflanzen sowohl an vollkommen sonnenhellen als an durch Gewitterstürme getrübten Tagen in der Mitte des Monates Juni, und zwar um 7 Uhr und 10 Uhr Abends, um 5 Uhr Morgens und um 3 Uhr Nachmittags.

Das Ergebniss der Beobachtung, bei der ich bemüht war alle das Resultat derselben beeinträchtigenden Umstände sorgfältig zu entfernen, war folgendes: Um 7 Uhr Abends waren die Spaltöffnungen aller dieser eben genannten Pflanzen mit Ausnahme jener von *Polygonum Convolvulus* sichtlich im Schliessen begriffen. Um 10 Uhr

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abends war die Verschliessung vollkommen auch bei *Polygonum* geschehen. Um 5 Uhr Morgens war derselbe Zustand noch nicht verändert. Erst später trat ein Öffnen der Spalte ein, das fortschritt und um 3 Uhr sein Maximum erlangte. Bei *Lilium candidum* (*a'*) erfolgte die Öffnung bis auf $^1/_{156}$ Linie, bei *Polygonum Convolvulus* (*b'*) auf $^1/_{260}$, bei *Galum Aparine* (*c*) und *Viola avensis* auf $^1/_{100}$ Linie. Es stimmen diese Verhältnisse mit den oben über die Periodicität der Transspiration angeführten Daten so überein, dass es wohl augenscheinlich wird, die grössere Menge ausgehauchten Wassers sei stets vom Öffnen der Spaltöffnung begleitet und durch diese begünstiget, wie umgekehrt die geringere Menge desselben mit einem Geschlossensein der Spalte zusammenfällt.



Vergrösserung durchaus $^{390}/_{1}$.

a Spaltöffnung des Blattes von *Lilium candidum* in Zuckerwasser — geschlossen.
a' in der Sonne um 10 Uhr — geöffnet auf $^1/_{156}$ Linie.
b Spaltöffnung von *Polygonum Convolvulus* in Zuckerwasser — geschlossen.
b' in der Sonne um 4 Uhr Nachmittags — auf $^1/_{260}$ Linie geöffnet.
c Spaltöffnung von *Galium Aparine*, in der Sonne — $^1/_{111}$ Linie geöffnet.
d Dessgleichen von *Viola arvensis* in der Sonne, um 3 Uhr Nachmittags — auf $^1/_{93}$ Lin. geöffnet.

Es lässt sich aber aus dem Verhalten der Spaltöffnungen bei diesem regelmässigen Gange auch auf ein ähnliches Zusammenstimmen bei Feuchtigkeit und Trockniss der Luft schliessen, so dass auch dort eine geringere, hier eine grössere Öffnung der Hautspalte die stärkere oder schwächere Verdunstung begleitet.

8. Einfluss der Organisation auf das Mass der Verdunstung.

Es ist eine unbestrittene Thatsache, dass unter gleichen Umständen bei verschiedenen Pflanzen das Mass der Verdunstung sehr ungleich ist. Dass dieses von der Organisation der transspirirenden Theile abhängt, unterliegt keinem Zweifel. In wie ferne die Spaltöffnungen der Oberfläche hiebei von Einfluss sind, haben wir eben in Erfahrung gebracht. Allein das Vorhandensein derselben, ihre Anzahl, Grösse und ihr Bau bildet nur eines jener einflussreichen Momente. Andere sicherlich eben so wichtige Momente liegen einerseits in der Structur des Blattorganes im Allgemeinen, d. i. der zarten, oder derben lederartigen Beschaffenheit desselben, ferner im Baue der Epidermis, d. i. in der Dickwandigkeit, Derbheit u. s. w. ihrer Zellen, in den haarförmigen Fortsetzungen und anderen Nebenorganen derselben, endlich in der Beschaffenheit der zwischen der Epidermis der Ober- und der Unterseite befindlichen Zellschichte (Mesophyll). In Bezug auf den letzteren Punkt ist wieder als besonderer Einfluss auf die Menge der Transspiration hervorzuheben: 1. Die Stärke des Mesophylls, wodurch die Dicke des Blattes bedingt ist; 2. das räumliche Verhältniss der luftführenden Räume zur Masse des Zellgewebes und 3. der Saftreichthum des Zellgewebes selbst. Wir wollen nun allen diesen einzeln wirkenden Momenten unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Was den ersten Punkt betrifft, so zeigt die Anatomie, dass die das Mesophyll zusammensetzenden Zellschichten sich bald auf einige wenige beschränken, bald eine bedeutende Zahl ausmachen, wodurch in einem Falle dünne, zarte, membranöse Blätter entstehen, im anderen Falle dicke und fleischige Formen hervorgehen. Dass bei dünnen, zarten Blättern die Verdunstung stärker ist als bei dickeren und derberen Blättern zeigt der Umstand, dass erstere unter Verhältnissen, welche die Transspiration befördern, viel eher erschlaffen als letztere, welche immer noch ihre natürliche Steifheit beibehalten. Die zarten Blätter von *Impatiens nolitangere* darf oft nur ein Sonnenstrahl berühren, so verlieren sie ihren natürlichen Turger und hängen welk vom Stamme und den Zweigen herab, während die Blätter von *Helianthus annuus*, obgleich eben so viel und noch grössere Quantitäten Wasser transspiriren, immerhin noch steif

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bleiben. Den lederartigen Blättern von *Laurus*, *Ficus* u. s. w. ist bei der stärcksten Abgabe von Wasserdunst keine Verminderung der Turgescenz anzusehen, wogegen die Blätter von *Brassica Rapa* bei heiterem Wetter schon in den Vormittagsstunden schlaff werden.

Obgleich das Schlaffwerden der Blätter in Folge der Transspiration davon abhängt, dass die Zuführung von Wasser in keinem Verhältnisse zur Abgabe desselben an die Atmosphäre steht, so deutet doch ein rasches Schlaffwerden auf einen bedeutenden Verlust von Wasser hin, und dieses finden wir im Allgemeinen bei dünnen Blättern viel früher als bei stärkeren und fleischigen. Die Blätter unserer *Sedum*- und *Sempervivum*-Arten, die Blätter der Crassulaceen, die fleischigen wie Blätter sich verhaltenden Stengel der Cacteen erschlaffen selbst im brennendsten Sonnenstrahle nicht.

Wie verschieden ferner der Blattbau durch die Beschaffenheit der Epidermis wird, mag folgende Darstellung darthun, welche keineswegs die extremsten Verhältnisse berührt, sondern mehr gewöhnliche Fälle darstellt.

Wir sehen aus vergleichenden Untersuchungen, dass in den meisten Fällen nur eine einzige Schichte tafelförmiger Zellen an dem Baue der Epidermis Theil nimmt und dass nur bei den saftreichen Blättern zwei, bei lederartigen Blättern drei Schichten und bei den fleischigen Stengeln von *Cactus*, *Opuncia* u. s. w. noch mehr Zellschichten dazu beitragen. Ich übergehe alle Einzelheiten die diesfalls in den Schriften mehrerer Pflanzenanatomen niedergelegt sind, und verweise diesfalls auf Meyen, v. Mohl, Schleiden, Schacht Wigand u. a. m.

Eben so findet sich durchschnittlich in der oberen Blatthälfte an die Epidermis anstossend nur eine Schichte cylindrischer Zellen, während bei *Ficus elastica* deren zwei sind, und bei anderen Pflanzen durch allmähliche Übergänge in die darunter liegenden ellipsoidischen Zellen auch noch mehrere Schichten angetroffen werden. Der übrige Theil des Blattdiachyms wird mit Ausnahme der sich hier verzweigenden Gefässbündel bald von kugelförmigen und ellipsoidischen Zellen, wie z. B. bei *Begonia*, *Hydrangea* und *Entelea* u. s. w., bald von mehr unregelmässigen, ausgezackten ja selbst sternförmigen Zellen, wie z. B. bei *Cestrum laurifolium*, *Nicotiana Tabacum*, *Fuchsia fulgens* u. s. w. gebildet. Die Anzahl der über einander liegenden Zellenschichten, so wie die Grösse der einzelnen Zellen

bedingen die Dicke des Blattes, die in den dünnen membranösen, zwischen 0·1 — 0·3 Millim. in den dickeren mehr fleischigen oder lederartig fleischigen von 0·3 — 1·5 Millim. schwankt und bei noch dickeren Blättern sogar auf ein Mehrfaches eines Millimeters steigt.

Es ist schon früher darauf hingewiesen worden, in wie ferne die Dickwandigkeit der Epidermiszellen, das Vorhandensein einer Cuticula und einer Wachsschichte über denselben zum Schutze des darunter liegenden Zellgewebes und somit auch auf die Verdunstungsfähigkeit des Blattes von Einfluss sein müsse. Die Verschiedenheit, die sich in dieser Beziehung bei verschiedenen Pflanzen zeigt, st ausserordentlich, ja es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, dass sich hierin kaum zwei Pflanzen vollständig gleich kommen.

Lassen wir einige Versuche sprechen:

Um zu erfahren, in wie weit wachsartige Ausscheidungen an der Epidermis der Blätter hindernd auf die Wasserdunstausscheidung einwirken, hatte ich von zwei ungefähr gleich grossen und gleich alten Blättern der *Saxifraga ligulata*, und zwar von einer Fläche von 3117 Quadratmillim. die zu beiden Seiten ausgehauchte Wasserdünste gesammelt. Der Versuch geschah bei beiden Blättern an derselben Pflanze und ganz unter gleichen Umständen mit der einzigen Ausnahme, dass ich die Oberseite des einen Blattes leicht mit Alkohol wusch, während die des anderen Blattes unberührt blieb. Ich hatte im ersteren Falle durch Entfernung der hier vorhandenen Wachsschichte ein Vermehrung der Transspiration erzielen wollen. Allein die Sache verhielt sich gerade umgekehrt. Während das unberührte Blatt in 24 Stunden auf der angeführten Ausdehnung an der Oberseite 0·067 Grm., an der Unterseite 0·453 Grm. verlor, hatte das andere Blatt an der Oberseite 0·047 Grm., an der Unterseite 0·664 Grm. ausgehaucht. Die Entfernung der Wachsschichte hatte also nicht fördernd, im Gegentheile durch die nebenbei erfolgte Verdichtung der Cellulose eher hemmend auf die Transspiration eingewirkt. Dabei übernahm jedoch die Unterseite, wie es scheint, nicht blos den auf die Oberseite des Blattes entfallenden Antheil zur Ausscheidung, sondern dieselbe erreichte hier sogar ein Namhaftes mehr als sie sonst erreicht haben würde.

Diese vicarirende Thätigkeit, in welcher hier eine Blattfläche zur anderen erscheint, ergibt sich in einem anderen Falle noch viel deutlicher.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sammelt man nämlich durch einen luftdichten Abschluss nur von der einen Seite eines Blattes den Wasserdunst, und lässt denselben an der entgegengesetzten Seite desselben Blattes ungehindert abziehen, so geht fast aller Wasserdunst durch die freie Seite davon, und die andere Seite, welche in einer gewissen Zeit eine namhafte Menge Wasser transspirirt hätte, gibt nur ein Minimum oder gar nichts. Wenn dies bei dem Unbedecktsein der Unterseite des Blattes, wie oben erwähnt, geschieht, so ist dies wohl begreiflich, allein wenn auch die freie Oberseite die Transspiration der bedeckten Unterseite übernimmt, so kann dies nur durch eine vicarirende Thätigkeit erfolgen.

Bei Anstellung der Versuche über Transspiration muss dies wohl berücksichtiget werden. Um diese Erscheinung sehr augenfällig zu machen, stellte ich folgenden Versuch an:

Am 16. September Morgens 8 Uhr wurde auf einem Felde mehreren nahe bei einander stehenden Individuen von *Brassica Rapa* durch luftdichte Application eines Glastrichters von 5410·8 Quadr. Millim. Öffnungsweite die eine Seite von der umgebenden atmosphärischen Luft abgesperrt, während die andere Seite unbedeckt blieb. Bei einem Individuum war es die Oberseite, bei dem andern die Unterseite des Blattes, welche frei blieb. Ungeachtet an diesem Tage die Witterung für eine namhafte Transspiration nicht ungünstig war, sammelte sich sowohl in dem einen als in dem andern verschlossenen Trichter nur eine sehr geringe nicht bestimmbare Menge Wassers, die jedenfalls 0·05 Grm. nicht überstieg. Es trat also hier durch die freie Seite des Blattes, die in einem Falle die Oberseite, im anderen die Unterseite des Blattes war, ein Vicariren der Ausdünstung ein. Ein zweiter Versuch in anderer Art ausgeführt bestätigte das erhaltene Resultat vollkommen. An derselben Pflanzenart wurden am 29. September bei zwei verschiedenen, jedoch nahe stehenden Exemplaren an der Unterseite der Blätter die luftdicht verschliessenden Glastrichter angekittet, während bei beiden die entsprechende Oberseite des Blattes frei blieb. Von 9 Uhr bis 11 Uhr hatte sich bei directer Einwirkung der Sonne, bei welcher das Thermometer auf 30° R. stieg, in beiden Trichtern nur 0·2 Grm. Wasser gesammelt. Von 11 Uhr an wurde bei einer Pflanze die Oberseite leicht mit einem der Trichteröffnung gleichen Uhrglase bedeckt. Der Unterschied der Transspiration war schon um 1 Uhr Nachmittags ersichtlich, denn während sich bei der

unbedeckten Pflanze nur 0·4 Grm. Wasser gesammelt hatten, war das Wasser bei der bedeckten bereits auf 0·8 Grm., gestiegen, und um 4 Uhr Nachmittags erreichte erstere 0·5 Grm., letztere 1·0 Grm. Es hatte also auch eine nur lose Bedeckung der sonst freien Blattseite eine um das Doppelte vergrösserte Ausscheidung auf der entgegengesetzten Seite zur Folge.

Viel schwieriger sind die beiden anderen mit der Grösse der Transspiration im Causalnexus stehende Verhältnisse zu ermitteln.

Schon C. L. Treviranus ist nach seinen über die Transspiration angestellten Versuchen [1]) zur Überzeugung gelangt, dass die Structur des Blattes, namentlich die in grösserer oder geringerer Ausdehnung zwischen den Zellen des Diachyms befindlichen höhlenartigen Räume nicht ohne Einfluss auf die Grösse der Transspiration sein können. Da derselbe nachgewiesen hat, dass eben diese Höhlen mit den Spaltöffnungen in Verbindung stehen, so war es ihm „wohl sehr wahrscheinlich, dass eben diese Höhlen die Behältnisse der transspirabeln Materie seien" (Trev. l. c.). Wenn wir nun aber bemerken, dass die Transspiration zu einem guten Theile von der Structur des Blattes abhängig ist, so ist es begreiflich, dass die genaue Kenntniss der Intercellulargänge und Intercellularräume ihre Vertheilung und Ausdehnung im Diachym des Blattes eine nothwendige Bedingung ist, die Transspiration auf Gesetze zurückzuführen. Was die räumliche Ausdehnung der Intercellulargänge im Blatte und ihr Verhältniss zur Zellgewebsmasse betrifft, so habe ich diesem Gegenstande bereits meine Aufmerksamkeit geschenkt, und die Resultate einer Reihe von Untersuchungen im XII. Bande der Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften niedergelegt.

Die Methode, der ich mich zur Eruirung dieser Verhältnisse bediente, war folgende: Ich suchte zuerst das Gewicht des zu untersuchenden Pflanzentheiles (Blatt, Blattstiel etc.) und das Volumen desselben zu bestimmen. Es wurden hiernach dieselben unter dem Recipienten einer Luftpumpe mit Wasser injicirt und noch einmal deren Gewicht bestimmt und nach gehöriger Correction aus demselben das Volumen des injicirten Wassers und was dasselbe ist, das Volumen der luftführenden Räume berechnet. Das Volumen der luftführenden Räume wurde dann mit dem Volumen des ganzen

[1]) Vermischte Schriften, I, p. 186.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Pflanzentheiles verglichen und diese Vergleichszahlen in eine Reihe gebracht. Es ergab sich hieraus, dass die verschiedenen Theile der Pflanzen und dieselben Theile (Blätter etc.) von verschiedenen Pflanzenarten in Bezug auf diese Verhältnisszahl ungemein von einander abweichen, und dass aus 40 Versuchen die mittlere Zahl 21 Proc. beträgt, d. h. dass ungefähr der vierte Theil des Blattes in der Regel von luftführenden Räumen durchzogen ist.

In Bezug auf eine Reihe von Pflanzen, welche ich oben rücksichtlich ihrer Transspiration einer Prüfung unterwarf, ergaben sich die luftführenden Räume ihrer Blattflächen in nachstehender Weise, wobei in einer Rubrik zugleich auf die Dicke derselben Rücksicht genommen ist:

Namen der Pflanzen	Dicke des Blattes in Millim.	In 1000 Volumen Theilen der Blätter sind enthalten Volumtheile luftführende Räume
Fuchsia fulgens	0·18	320
Nicotiana Tabacum .	0·30	256
Entelea arborescens .	0·11	247
Begonia manicata	1·50	66
Ficus elastica .	0·61	218
Aucuba japonica	0·32	273
Saxifraga ligulata	0·39	244
Richardia aethiopica	0·33	293
Hydrangea hortensis	0·27	270
Helianthus annuus	0·27	247
Brassica Rapa .	0·33	175

Leider sind nur von einigen der oben stehenden Pflanzen gleichzeitige Beobachtungen über ihre Transspiration vorhanden, daher eine Prüfung, in wie weit die luftführenden Intercellulargänge das Mass der Transspiration beeinflussen, nicht sichtlicher gemacht werden kann. Hält man jedoch diese Tabelle mit jener von Nr. 6 zusammen, so lassen sich wenigstens einige Muthmassungen schöpfen. So z. B. zeigen sich *Nicotiana* und *Entelea*, die fast gleich viel Intercellularraum in ihren Blättern besitzen, dennoch sehr ungleich in Bezug auf ihre Transspiration. Eben so bietet *Saxifraga ligulata* unter

mehreren anderen die kleinste Menge von Transspiration, während ihre luftführenden Räume den übrigen keineswegs nachstehen. Umgekehrt hat *Begonia* sehr wenige Lufträume, und dennoch eine Transspiration, die über das Mittelmass hinausgeht. Nur bei *Hydrangea* entspricht die Menge der luftführenden Räume auch einer eben so bedeutenden Transspiration.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung werden den Einfluss der Lufthöhlen auf die Menge der Ausdünstung unter übrigens gleichen äusseren Umständen und Organisationsverhältnissen sicherlich an's Licht stellen. —

Ein Umstand endlich, der auf dass Mass der Transspiration nicht ohne Einflnss sein kann, in so ferne dies von der Pflanze selbst oder von den transspirirenden Organen abhängt, ist die Feuchtigkeitsmenge, welche demselben im normalen Zustande zukommt. Wir finden nämlich, dass die Zellen der Pflanzen nicht immer mit demselben Masse von Zellsaft erfüllt sind. Einige Pflanzen und Pflanzentheile strotzen davon, während andere mehr oder weniger daran Mangel leiden. Der Saftreichthum des Pflanzengewebes hängt davon ab und ist natürlich auch in den transspirirenden Organen in ungleicher Menge vorhanden. Die Bestimmung desselben ist für die Bestimmung der Gesetze der Transspiration eben so wichtig als die vorhergehenden aus der Organisation entspringenden Einflüsse, die Erforschung des Wasserinhaltes der Blätter hat jedoch nicht geringe Schwierigkeiten. Schon bei der Bestimmung der zu untersuchenden Blätter hat man mehrere Vorsichtsmassregeln zu beobachten, wenn man ein sicheres Resultat erlangen will. Während dem Wägen verdunsten die eben von der Pflanze genommenen Theile fortwährend und wenn dasselbe auch nur eine Minute dauert, so hat man nicht mehr den vollen vom Gewichte der Pflanze abhängigen Saftgehalt erlangt. Je genauer also die Resultate sein sollen, um so rascher muss die Gewichtsbestimmung beendet sein.

Man lässt nun die Pflanzentheile trocknen und wendet dabei auch jene Massregeln an, welche der Chemiker bei seinen Trocknungsmethoden in Anwendung bringt, um vergleichbare Resultate zu erlangen.

Ich habe zwar nicht unterlassen eine grössere Menge von Versuchen dieser Art anzustellen, um den Saftreichthum der transspirirenden Organe mit der Transspirationsmenge in Vergleichung zu

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bringen. Die häufig widersprechenden Resultate jedoch, die wahrscheinlich von der nicht vollkommenen Trocknung der Pflanzensubstanz herrührten, machen es mir räthlich, dieselben vor der Hand zurück zu halten und sie seiner Zeit durch vollkommen fehlerfreie Angaben zu ersetzen.

---

9. Einfluss der Transspiration im Grossen auf den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre.

So wichtig der Vorgang der Wasserabgabe in Dunstgestalt von den Blättern der Pflanzen an die Atmosphäre für das Bestehen und Wachsthum der letzteren ist, so einflussreich gestaltet sich eben dieser Process zugleich für jene, wenn wir die Grösse der transspirirenden Blattflächen bei allen mit Vegetation bedeckten Gegenden in Erwägung ziehen. Die von den Blättern ausgeschiedenen Wasserdünste werden von der atmosphärischen Luft aufgenommen und nach Massgabe ihrer eigenen meteorologischen Zustände bald unverändert weiter geführt, bald in Nebel, Regen u. s. w. verwandelt, häufig an der Stelle, wo sie entstanden, wieder zur Erde zurückgeführt.

Der Umstand, dass ein grosser Theil der Erdoberfläche mit solchen transspirirenden Organen versehen ist, macht es begreiflich, dass die Pflanzendecke nicht ohne wesentlichen Einfluss auf dergleichen meteorische Zustände sein kann.

Schon die gemeine Erfahrung bezeichnet ein mit Vegetation, zumal mit Wald bedecktes Land von anderer klimatischer Beschaffenheit als eine kahle Felsengegend, ein dürres Steppenland oder eine Sandwüste. Wir wissen, dass Nebel und Dünste sich vorzüglich aus Wäldern und Wiesen entwickeln, dass die grössten Ströme der Erde aus waldigen Gegenden entspringen, und dass mit dem Auslichten der Wälder, wie mit dem Austrocknen der Sümpfe und Seen sich das Klima ändert. Umgekehrt ist es sicher, dass die Pflanzenlosigkeit der Wüsten, obgleich durch den Mangel an wässerigen Niederschlägen bedingt, nicht wenig beiträgt diesen Zustand zu erhalten.

Ich will hier alle übrigen Beziehungen eines mit Vegetation bedeckten Landstriches zur atmosphärischen Luft ausser Acht lassen,

und mich nur mit der Frage beschäftigen, welche Wassermenge durch sie in die Luft gelangen. Der Mangel an hinreichenden Erfahrungen nöthiget mich sogar die Frage noch beschränkter zu stellen, und dabei nur Landstriche der gemässigten und kalten Zone in's Auge zu fassen. Da für alle gemässigten und kalten Erdstriche die Periodicität der Vegetation schärfer ausgeprägt ist als in den warmen und heissen Erdstrichen, so kann der Einfluss, welchen die Vegetation auf den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre ausübt, nur auf die Sommermonate oder auf die Vegetationszeit beschränkt sein; ferner da die Grösse der Transspiration der Blattfläche proportional ist, der Unterschied, welchen eine reiche Vegetation im Verhältniss zu einer ärmeren darbietet, nicht ohne den grössten Belang sein.

Die Vegetationen, d. i. das massenweise Auftreten gewisser im Totalhabitus ähnlicher Pflanzen, zerfällt, theils durch die Natur, theils durch die Kunst bedingt, in Feld-, Wiesen-, Gebüsch- und Wald-Vegetation. Bei jeder Art dieser Pflanzenkleider findet ein anderes Verhältniss der transspirirenden Blattfläche Statt, und Niemand wird zweifeln, das ein Feld und eine Wiese eine sparsamere Laubdecke als ein Gebüsch und eine Waldvegetation darbieten, ja es werden sich zumal bei letzteren nach der Grösse und Ausdehnung der Bäume selbst wieder gewaltige Verschiedenheiten ergeben. Von allen diesen wird und muss die Wasserabgabe an die Luft unter übrigens gleichen Umständen eine verschiedene sein, und schon zum voraus lässt sich sagen, dass die Waldvegetation der Luft das meiste Wasser zuführen wird.

Bisher haben ausser St. Hales und einigen anderen sich Niemand über dergleichen Bestimmungen gewagt, da ohne genaue Versuche im Kleinen, die Berechnungen im Grossen, nämlich für grössere Flächen immerhin bedeutend von der Wahrheit abweichen müssen. Auch ich darf mir nicht schmeicheln, hierin vollkommen genaue Grössen angeben zu können, da die Veränderlichkeit der Transspiration nach den äusseren Einwirkungen zu bedeutend ist, als dass sie nach einigen Massen veränderten Umständen nicht ganz andere Zahlenwerthe liefern musste. Um hierüber zu vollkommen genauen und brauchbaren Werthen zu gelangen, wird man noch viele Detailuntersuchungen anstellen müssen. Indess ist der von mir eingeschlagene Weg immerhin von der Art, dass auch die wenigen bisher erlangten Ergebnisse einige Beachtung verdienen dürften.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Für unsere Getreidepflanzen habe ich bisher keine eigenen Untersuchungen angestellt.

Schübler[1]) hat eine mit *Poa annua* dicht bewachsene Grasfläche von 1 Quadratfuss in Bezug auf ihre Verdunstung durch eilf Tage (vom 28. Juli bis 7. August) beobachtet, und dieselbe als Mittel in 24 Stunden 33·22 Kub. Zoll Wasser (652.464 Grm.) gefunden, während gleichzeitig eine Wasserfläche kaum die Hälfte (15·65 Kub. Zoll verdunstete. Nehmen wir diese Transspiration für die ganze Vegetationszeit von 153 Tagen als mittlere Grösse an, so erhalten wir für diese Zeit und für ein österreichisches Joch (1600 Quadratklafter) einen Gesammtverlust von 5,444844 Kilogrm. Wasser. Hierbei ist wohl zu bemerken, dass damit auch die Bodenausdünstung verbunden ist, obgleich Schübler dies nicht bemerkt.

Damit stimmen indess die von Mr. J. B. Lawes[2]) gemachten Erfahrungen gut zusammen. Er fand dass Weizen und Gerste während der Vegetationszeit von 172 Tagen (19. März bis 7. September) zu drei Individuen in einem Topfe gesäet in dieser Zeit durch Transspiration verloren, und zwar:

Weizen — 7367·1 Grm. (113·527 Grain)[3]),
Gerste — 7788·8 (120·025 „).

Nimmt man im Durchschnitte von beiden 48 Pflanzen auf einen Quadratfuss, so stehen auf einem Joch 2,764800 Pflanzen. Da drei Pflanzen von Weizen im Ganzen 7377·1 Grm. Wasser verdunsten, so wird ein Joch Feld 6,799519 Kilogrm., also in 153 Tagen 6,084407 Kilogrm. transspiriren. Nimmt man aber auch nur 40 Pflanzen auf einen Quadratfuss, so ist doch die transspirirte Wassermenge noch immer über 5 Mill. Kilogrm. (5,032·632).

Eine häufig auf Feldern gebaute Culturpflanze ist der Waid *(Isatis tinctoria)*. Ihre Verhältnisse können als Masstab für viele andere gelten.

Eine kräftige eben zum Blühen sich anschickende und hinlänglich befeuchtete Pflanze transspirirte innerhalb 24 Stunden (vom 27. bis 28. Mai), im Schatten 94 Grm. Wasser. Tags darauf, nachdem die-

---

[1]) Grundsätze der Meteorologie, 1831, p. 74.

[2]) Experimental investigation into the Amount of Watter given of by Plants during their Grauth.

[3]) 1 Grm. = 15·432 Grain, oder 1 Grain engl. = 0·0648 Grm.

selbe Quantität Wasser wieder in den verschlossenen Topf gegeben wurde, in der Sonne 155·8 Grm. Wasser.

Da nach vorgenommener Bemessung auf 21·5 Quadratfuss 62 Waidpflanzen stehen, so wachsen auf einem österr. Joche 166.102 Pflanzen. Diese müssten also unter denselben Verhältnissen zusammen in 24 Stunden transspiriren, und zwar:

im Schatten 15613·588 Kilogrm,
in der Sonne . 25878·692 „

Frägt es sich, wie viel ein Joch Grund, mit *Isatis tinctoria* bepflanzt, innerhalb der Vegetationszeit Wasser verdunstet, so könnte dies nur aus der Länge ihrer Vegetationszeit, die bei dieser Pflanze sehr kurz ist und aus der Grösse der Transspiration während den verschiedenen Entwickelungsstadien der Pflanze einigermassen mit Sicherheit berechnet worden. Dies ist für unseren Zweck jedoch hier gleichgiltig, dagegen dürfte es erspriesslich sein zu wissen, wie viel ein Feld mit *Isatis tinctoria* bepflanzt, vorausgesetzt, dass die Pflanze vom Anfange bis zum Ende der allgemeinen Vegetationszeit (Mai bis October) eine gleiche Grösse und eine gleiche Transspiration wie am beobachteten Tage hatte, in der Zeit von 5 Monaten auf ein Joch Wasser verdunstet.

Setzen wir die Zeit von 153 Tagen und nehmen wir das Mittel der Transspiration von Schatten und Sonne, welches innerhalb 24 Stunden für ein Joch Pflanzen 20746·140 Kilogrm. beträgt, so würde für 153 Tage 3,174159 Kilogrm. Wasser durch Transspiration von einem solchen Felde blos durch die Pflanzen verloren gehen. —

Eine Wiesenpflanze ist *Valeriana Phu*. Die Verhältnisse derselben bezüglich der Transspiration würden den Wasserverlust einer Wiese während der Vegetationszeit am sichersten darthun.

Eine junge beblätterte, anderthalb Fuss hohe Pflanze verlor innerhalb 24 Stunden (vom 27.—28. Mai) im Schatten 49 Grm. Wasser. Tags darauf nach Ersatz des verlorenen Wassers in der Sonne 80 Grm. Da auf 23·5 Quadratfuss 70 Pflanzen der Art zu stehen kommen, so enthält ein Joch 171575 Pflanzen. Ihre Gesammttranspiration wird also betragen, innerhalb 24 Stunden:

im Schatten 8407·185 Kilgrm.,
in der Sonne 13726·000

Nimmt man die angegebene Grösse der Pflanze als unverändert für die ganze Vegetationszeit, was man für die Berechnung thun

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kann, indem die spätere Vergrösserung die anfänglich geringe Grösse compensirt, so erhält man für 153 Tage auf ein Joch Wiesengrund mit dieser Pflanze bedeckt, das Mittel für 24 Stunden zu 11066·587 Kilogrm. genommen — 1,693.188 Kilogrm. Wasserverlust. —

Noch sichere Resultate dürfte die *Digitalis purpurea* geben, da ihre Transspiration durch längere Zeit der Gegenstand der Beobachtung war, und daher sich genauer ein Mittelwerth derselben feststellen lässt. Eine vollkommen ausgewachsene Pflanze transspirirte im Mittel von 31 Tagen innerhalb 24 Stunden im Schatten 24·45 Grm., im Mittel von 25 Tagen innerhalb 24 Stunden in der Sonne 41·81 Grm.

Nimmt man auf ein Joch 170.000 Pflanzen, so verdunsten dieselben, vorausgesetzt, dass gleich viel sonnige und trübe Tage verstreichen, $33{\cdot}13 \times 170.000 = 5{,}632.100$ Kilogrm. in Einem Tage, und für die ganze Vegetationszeit 861.711 Kilogrm., was nicht unbedeutend weniger ist, als wir in den vorhergehenden Fällen gefunden haben, was sich aber aus der Beschaffenheit der Pflanze einigermassen erklären lässt.

Betrachten wir in dieser Beziehung noch zwei andere sich einer bedeutenden Transspiration erfreuenden Culturpflanzen, die Sonnenblume *(Helianthus annuus)* und die weisse Rübe *(Brassica Rapa)*.

Aus Beobachtungen, welche ich im Herbste (August und Sept.) des Jahres 1852 an der ersteren anstellte, erfuhr ich, dass eine Blattfläche von 5410·8 Quadratmillim. täglich im Mittel 8 Grm. Wassser transspirirte. Aus einer 16tägigen Beobachtung (vom 22. Juni bis 7. Juli) im Jahre 1853 ergab sich, dass eine Flächenausdehnung von 274 Quadratcentim. in 24 Stunden 55·54 Grm. transspirirte. Nach ersterer Bestimmung würde eine Pflanze von 4 Fuss Höhe mit einer Blattfläche von 389577·6 Quadratmillim. in 24 Stunden 576·0 Grm., nach der zweiten Bestimmung 789·68 Grm. ausdunsten. Nehmen wir von diesen beiden Beobachtungen, die ziemlich differiren, das Mittel, so erhalten wir für 24 Stunden einen Wasserverlust von 682·84 Grm. [1]).

[1]) St. Hales fand, dass eine Sonnenblume von 3 Fuss Höhe mit einer Blattfläche von 5616 Quadratzoll = 368277 Millim. (1 Zoll engl. = 25·4 Millim.) im Mittel von 35 Tagen (3. Juli bis 8. August) täglich 567 Grm. — auf eine Fläche von 389577·6 Quadratmillim. vergrössert — 600 Grm. ausdunstete. Das Maximum der Transspiration

Nimmt man an, dass auf einem Felde die einzelnen Sonnenblumen einen Flächenraum von 4 Quadratfuss bedürfen, so kommen auf ein österr. Joch 14400 Pflanzen. Die Gesammttransspiration wird daher in 24 Stunden betragen 9832·896 Kilogrm.

Setzt man für diese Pflanze gleichfalls die Vegetationszeit zu 153 Tagen und vom Anfange bis zum Ende die gleiche Grösse der Pflanze, so erhält man 1,504.432 Kilogrm. Wasserverlust.

Die weisse Rübe *(Brassica Rapa)* wird erst im Herbste angebaut und erreicht bis Ende October ihren Wurzelwachsthum und wird sodann geerntet. Die oben angeführten Erfahrungen lehrten, dass eine Blattfläche von 5410·8 Quadratmillim. innerhalb 24 Stunden im Mittel 6 Grm. Wasser ausdunsten, und zwar bei Pflanzen, die auf freiem Felde standen. Nimmt man 57 Exemplare auf eine Quadratklafter, wie das auf unseren Äckern der Fall ist, und ein Exemplar mit 10 Blättern, deren Blattfläche 398 Quadratzoll, die Blattstiele nicht gerechnet, beträgt, so erhalten wir für ein Joch Ackerland in 24 Stunden 6740 Kilogrm. Wasserverlust, und so ferne diese Pflanze in einer Vegetationszeit von 153 Tagen sich gleich bliebe, 1,031.220 Kilogrm. ausgedunstetes Wasser. —

Für grössere krautartige Culturpflanzen kann nur der Hopfen *(Humulus Lupulus)* ein Beispiel geben. Nach St. Hales [1]) würde auf unsere bisher angenommene Masse gebracht, ein Hopfenfeld von 1600 Quadratklafter in der Vegetationszeit von 153 Tagen 4,369.680 Kilogrm. Wasser ausdunsten. —

Unter den strauchartigen Culturpflanzen nimmt in unseren Gegenden die Rebe den vorzüglichsten Platz ein. Die Transspiration eines mit dieser Pflanze bedeckten Culturlandes zu bestimmen ist daher nicht unwichtig.

Eine mittelgrosse Rebe mit zwei Hauptschösslingen enthält zu Ende August mit 60—70 Blätter einen Blattflächenraum von 1,055.106 Quadratmillim. Directe Versuche haben mir gezeigt, dass eine Blattfläche von 5410·8 Quadratmillim. in sonnenfreien Tagen im

---

12 Tagesstunden 850·494 Grm., 12 Nachtstunden 85 Grm. Nach meinen Beobachtungen ergeben sich für erstere nur 612 Grm. Erwägt man indessen, dass der Verschluss des Topfes, mit welchem Hales seine Versuch einstellte, sehr unvollkommen war, dagegen der meinige genau, so erklärt sich der vermehrte Verlust bei Hales leicht.

[1]) L. c. p.19.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Mittel 1·4 Grm. Wasser transspirirt, somit die ganze Rebe 273 Grm. Nun stehen auf einem Joche im günstigsten Falle (die Reben 3 Fuss von einander entfernt und in Reihen, welche 2 Fuss von einander abstehen) 7314 Rebstöcke. Dieselben werden also in Zeit von 24 Stunden zusammen 1996·722 Kilogrm., und in 153 Tagen 305498 Kilogrm. Wasser aushauchen. Diese Menge ist, gegen alle übrigen Culturpflanzen gehalten, sehr gering; wenn man aber bedenkt, dass zu diesen Bestimmungen mehrere für die Transspiration sehr ungünstige Tage dienten, so wird man obige Zahl wohl verdoppeln oder verdreifachen können, und auch dabei dem wahren Mittel erst nähern. —

Schwieriger als bei den kraut- und strauchartigen Pflanzen ist die Bestimmung der Transspiration bei baumartigen Gewächsen. Ich habe versucht an einem unserer gemeinsten Waldbäume, der Buche *(Fagus silvatica)*, derlei Angaben auf folgende Weise zu berechnen.

Ein beblätterter Zweig dieses Baumes wurde von demselben getrennt und mit der Schnittfläche in ein Gefäss mit Wasser gesetzt, über dessen Oberfläche sich eine Ölschichte befand. Dieser Zweig mit 47 Blättern und einer Blattfläche von 787 Quadratcentim. transspirirte innerhalb 3 Tagen (vom 18. — 21. Juli) im Schatten 37·5 Grm. Wasser. Eine Zählung der Bäume, welche auf 1 Joch wachsen, würde in diesem Falle noch nicht dahin führen den Wasserverlust des Waldes während der Vegetationszeit zu bestimmen. Ich bin dazu auf eine andere Weise gelangt. Da die Buche jährlich ihre Blätter abwirft, so durften nur in einem von Stürmen geschützten Theile des Waldes die am Boden befindlichen Blätter, welche sich über Winter gesammelt hatten, von einem kleinen Flächeninhalte gezählt werden, um auf die sicherste Weise zur Kenntniss der gesammten Blättermasse des Waldbodens zu gelangen.

Ich habe mich dieser Untersuchung am 28. September 1853 unterzogen, und zwar in einem nicht sehr dichten und eben so wenig alten Buchenwalde (an der „Schattleiten" bei Grätz), deren Stämme höchstens 6—8 Zoll im Durchmesser hatten.

An fünf verschiedenen Stellen wurden die auf einen Quadratfuss über einander liegenden Blätter gezählt. Es ergaben sich hiebei die Zahlen 630, 516, 520, 714, 667, und das Mittel hievon in runder Zahl 600.

Nimmt man nun zum wenigsten 700 Blätter auf den Quadratfuss in einem schlagbaren Buchenwalde, so geben diese in 24 Stunden, obige Beobachtungen der Berechnung zu Grunde gelegt, 186 Grm. und ein Joch Waldgrund daher in eben dieser Zeit 10714 Kilogrm. Wasser.

Da die Vegetationszeit der Buchen fast genau 5 Monate oder 153 Tage dauert, und vom Anfange bis zum Ende derselben die Blätter eine gleiche Grösse behalten, so wird obige Wassermenge mit der Anzahl der Vegetationstage multiplicirt, ziemlich genau der Wasserverlust eines Joches Buchenwald durch die Blätter der Bäume, d. i. 1,6392 Kilogrm. geben. Hiebei ist weder auf das strauchartige Unterholz, noch auf die krautartige Vegetation die sich unter den Bäumen befindet, Rücksicht genommen.

Mit grösseren Schwierigkeiten hat man es bei ähnlichen Bestimmungen für Nadelwälder zu thun, zumal dieselben, wenigstens jene von unserer Fichte und Föhre ihre Nadeln nicht alljährlich abwerfen und durch neue ersetzen. Die Bestimmung der Blattausdehnung müsste also direct durch Zählung sämmtlicher Nadeln eines ausgewachsenen Baumes geschehen, wobei man sich die Mühe freilich dadurch sehr erleichtern würde, wenn der gefällte Baum seiner Äste beraubt, diese in eine sichere Localität gebracht und so lange gewartet würde, bis sämmtliche Nadeln abgetrocknet und abgefallen sind. Diese sorgfältig gesammelt und dem Gewichte nach bestimmt, liessen sich bei neben erfolgter Zählung von Nadeln, die 1 Kilogrm. ausmachen, als Anhaltspunkt der Zahlenbestimmung sämmtlicher Nadeln eines Baumes benützen.

Ein Zweig der Fichte (*Pinus abies* Lin.), an welchem sich 1554 Nadeln befanden und diese eine Blattausdehnung von 280 Quadratcent. besassen, wurde auf gleiche Weise und zwar zu derselben Zeit wie der Buchenzweig, in ein Glasgefäss mit Wasser gestellt und zur Transspiration an einen schattigen Ort neben jenen hingesetzt.

Innerhalb 3 Tagen (vom 18. — 31. Juli) transspirirte dieser Zweig 13·63 Grm. Auf gleiche Blattfläche gebracht, hatte somit die Fichte nur um 0·16 Grm. mehr als die Buche transspirirt, was so unbedeutend ist, dass wir Fichte und Buche in Bezug auf die Transspiration fast als gleich annehmen dürfen. Ist aber dieses so, und ist die gesammte Blattausdehnung eines Fichtenwaldes von jener eines Buchenwaldes wenig verschieden, wie wir das einstweilen annehmen,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

so wird für die gesammte Vegetationszeit, wenn nicht mehr, so doch gewiss eben so viel von Einem Joch Fichtenwald verdunstet werden.

Erst im Herbste 1860 hatte ich Gelegenheit gefunden, genauere Versuche dieser Art mit Nadelhölzern anzustellen. Ich wählte hierzu 4—5jährige Pflanzen aus dem Waldboden herausgehoben und in Töpfen versetzt. Nachdem dieselben ein ganzes Jahr hindurch Zeit hatten, sich gut zu bewurzeln und frische Triebe zu machen, schloss ich sie nach der oben angegebenen Methode in Glastöpfe ein, stellte sie hinter den halb geöffneten Jalousien eines nach Süden gekehrten Fensters meines Landhauses, wo sie sowohl directem Sonnenlichte als einer gemässigten Beschattung ausgesetzt waren und bestimmte von Zeit zu Zeit den Verlust des verdunsteten Wassers durch die Wage. Die Resultate der Beobachtungen sind in nachstehender Tabelle kurz und übersichtlich zusammengefasst:

Zeit der Beobachtung	Dauer derselben in Tagen	Verlust an Wasserdunst in Grm. bei	
		Pinus abies L.	*Pinus silvestris* L.
21. bis 25. August	4	59·90	69·05
25. 29. „	4	59·17	63·45
29. „ 3. September	4	50·52	59·05
3. September bis 6. September	3	13·85	15·85
6. 10.	4	12·70	15·45
10. 17.	7	13·05	27·73
17. 22.	5	39·53	42·40
22. 20.	4	24·50	27·05
26. 30. „	4	15·00	17·35
30. „ „ 1. October	1	1·65	7·69
Vom 21. August bis 1. October	40	289·87	345·02

Hiebei ist nur zu bemerken, dass am 17. September jede der beiden Pflanzen 80 Grm. Wasser erhielten.

Vergleicht man nun die transspirirenden Oberflächen beider Pflanzen mit einander, so ergibt sich für *Pinus Abies* einer mit 12 in 4 Quirlen stehenden einfachen und verzweigten Ästen die Zahl der Nadelblätter, auf ein mittleres Mass reducirt zu 1561. Von diesen hatten die

grössten	eine Länge von	$10^{m}4$ und	$0^{m}5$ Breite,
mittelgrossen		6·0	0·4
kleinsten		2·0	0·2

Es betrug demnach der Flächenraum

der grössten = 5·2 Quadr.-Linien,
mittleren = 2·4
„ kleinsten = 0·4 „

Hierbei wurde die Zuschärfung der Nadeln am Grunde und an der Spitze nicht unberücksichtigt gelassen.

Hieraus ergab sich der Flächenraum sämmtlicher Blätter = 3746·4 Quadrat.-Linien.

Bei *Pinus silvestris*, einem 9½″ hohen, mit 6 Ästen versehenen Bäumchen hatten die

grössten Nadeln eine Länge von 20‴ und Breite von 0‴6
mittleren „ 10 „ „ 0·5
kleinsten „ 4 „ „ 0·4

Der Flächenraum der ersten war also 14 Quadr.-Linien,
mittleren „ 5
kleinsten „ 1·6

			Quadr.-Linien
Es hatten somit	235 lange	Nadeln ein Flächenmass von	2808
	240 mittlere	„ „ „ „	1200
	255 kurze	„ „ „ „	408
Zusammen	730 Nadeln	ein Flächenmass von	4416

Auf ein gleiches Flächenmass gebracht, verhält sich die Transspiration von *Pinus Abies* zur Transspiration von *Pinus silvestris*, wie 341·7 345·02, d. i. beinahe gleich.

Verglichen mit dem vorerwähnten Fichtenzweig, der beinahe die gleiche Anzahl Nadeln hatte, war die Verdunstung innerhalb drei Tagen im Mittel = 21·7 Grm., also gegen 13·63 Grm. des ersteren erhöht, was ohne Zweifel den theilweise directen einwirkenden Sonnenstrahlen zuzuschreiben ist.

Es dürfte noch von besonderem Interesse sein, die Verdunstung, der Nadelwälder zur Winterszeit einer Untersuchung zu unterziehen. —

Stellt man alle diese Ergebnisse zusammen, so erhält man ein ziemlich übereinstimmendes Resultat, abgesehen von den Differenzen welche nothwendig aus der Beschaffenheit der Pflanzen hervorgehen. Eine Ausnahme machen nur die grasartigen Gewächse, welche sowohl nach Schübler's als Lawes' Versuchen eine bei weitem grössere Menge Wassers ausdunsten als alle übrigen. Bei näherer Betrachtung ist dies jedoch nicht so, denn in Schübler's Versuchen ist die Aus-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dünstung des Bodens mitgerechnet und eben das ist zum Theil auch in jenen von Lawes der Fall.

Nehmen wir an, dass eine Wasserfläche dreimal so viel verdunstet als eine gleich grosse Blattfläche und berücksichtigen wir, dass ein nicht nass sondern blos feucht gehaltener Boden beinahe eben so viel als eine Wasserfläche Dunst an die Atmosphäre abgibt, so werden wir wenig fehlen, wenn wir die oben angegebenen Grössen der Transspiration einer Grasfläche und eines Getreidefeldes, wenigstens als das Dreifache der den Pflanzen selbst zukommenden Ausdunstung ansehen.

Wir können somit die 5 Millionen Kilogrm. Wasser, welche in 153 Tagen von 1 Joch durch dergleichen Pflanzen verdunstet werden, mit gutem Fug auf 1.600000 Kilogrm. zurücksetzen, eine Zahl, welche mit den übrigen Grössen, die wir fanden, in besserem Einklange steht.

Es wäre noch zu früh und auf viel zu wenige Thatsachen gegründet, wenn wir der Vermuthung Raum geben wollten, dass gleich grosse mit was immer für einer Vegetation bedeckte Flächen dieselbe Menge Wasserdunst an die Atmosphäre abgeben, dass somit eine Wiese, ein Getreidefeld und ein Urwald sich in dieser Beziehung gleich verhielten.

Wir haben zwar für ein Joch mittelstarken Buchenwaldes für 153 Tage ebenfalls nicht mehr als etwas über $1\frac{1}{2}$ Million Kilogrm. Wasser gefunden, doch muss ausdrücklich bemerkt werden, dass die gefundene Grösse sich ausschliesslich auf die Transspiration im Schatten beschränkt. Nimmt man jedoch im Durchschnitte die Transspiration in der Sonne noch einmal so lebhaft als im Schatten an, so erhalten wir für den Wald $2\frac{1}{4}$ Millionen Kilogrm. Wasserverlust. Diese Zahl ist mit Berücksichtigung der früher corrigirten Grössen bei weitem die grösste Zahl, welche eine mit Vegetation bedeckte Fläche darbietet.

Es lässt sich demnach mit vieler Wahrscheinlichkeit die Vermuthung aussprechen, dass die Grösse der Transspiration nicht allein durch die Beschaffenheit der Pflanzen (Structur des Blattes), sondern auch durch die Beschaffenheit der Pflanzendecke (Feld, Wiese, Gebüsch, Wald etc.) eine Stufenverschiedenheit erleide. Eine Vergleichung der Ausdehnung der transspirirenden Oberfläche zur Bodenfläche bei den verschiedenen Vegetationsarten wird dies deutlich machen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Übergehen wir die Gräser, über welche ich nicht eigene Untersuchungen anstellte, so erhalten wir folgende Daten. Die *Isatis tinctoria*, mit welcher obiger Versuch angestellt wurde, besass in ihren Blättern und krautartigen Stengeln eine Oberfläche von 1400 Quadratcentim. Da 62 Pflanzen 21·5 Quadratfuss zu ihrer Ausbreitung bedürfen, so entfällt auf 1 Quadratfuss Bodenfläche, auf welche 2·884 Pflanzenindividuen entfallen, eine verdunstende Oberfläche von 4·04 Quadratfuss, d. i. mehr als das Vierfache der Bodenfläche.

Bei *Valeriana Phu*, deren Oberfläche 621 Quadratcentim. (531 Quadratcentim. die Blätter, 90 Quadratcentim. die grünen Stengeln) betrug, entfällt auf 1 Quadratfuss Bodenfläche, welche 2·979 Pflanzenindividuen einnehmen, 1·851 Quadratfuss Pflanzenfläche.

Digitalis purpurea hatte eine Oberfläche von 638 Quadratcentim. Stehen, wie die Erfahrung ergibt, auf 1 Quadratfuss 2·951 Pflanzen, so gibt dies 1·884 Quadratfuss Pflanzenoberfläche.

Helianthus annuus hatte eine Oberfläche von 3896 Quadratcentim. und bedeckte 4 Quadratfuss Boden. Es ergibt sich daher auf 1 Quadratfuss Boden 0·974.

Die Rübe *(Brassica Rapa)* bedeckt in mehr jugendlichem Zustande zu Anfang October auf unseren Feldern mit ihren Blättern gerade die Oberfläche des Bodens.

Im erwachsenen Zustande hingegen, wo ein Exemplar (die Blattstiele nicht gerechnet) 398 Quadratzoll Blattoberfläche hat und 57 Pflanzen auf 1 Quadratklafter stehen, wird 1 Quadratfuss Bodenfläche mit 4·41 Quadratfuss Pflanzenoberfläche bedeckt.

Eine mittelgrosse Rebe mit zwei Hauptschösslingen hatte eine Blattfläche von 105516·06 Quadratcentim., da 7314 Rebstöcke auf 1600 Quadratklafter stehen, so wird die Bodenfläche durch das 1·35fache der Blattfläche bedeckt.

Ganz anders verhält es sich bei den Giganten des Pflanzenreiches, den Bäumen. Nimmt man bei der Buche nur 600 Blätter auf 1 Quadratfuss, so wird durch einen Buchenwald mittlerer Stärke die Bodenfläche zehnmal durch die Blattfläche bedeckt.

Wir haben also die Bodenfläche als Einheit genommen auf einem Felde mit *Isatis* bepflanzt die Pflanzenoberfläche als das 4·04fache

Valeriana Phu „	1 85
Digitalis purpurea	1·88

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Felde mit *Helianthus annuus* bepflanzt die Pflanzenoberfläche als das 0·97 fache,

Brassica Rapa 4·41

„ „ *Vitis vinifera* 1·35

in einem Walde mit

Fagus silvatica „ „ „ 10·00 „

und entnimmt wohl hieraus, wie unter übrigens gleichen Umständen auf einem Waid- oder Rübenfelde eine stärkere Transspiration als anderwärts stattfindet und wie die Waldvegetation alles Übrige weit übertreffen müsse. —

Endlich ist noch ein Punkt nicht zu übersehen, nämlich die Vergleichung der wässerigen Niederschläge mit der Verdunstung durch die Pflanzenoberfläche.

Um hierin einen Anhaltspunkt zu gewinnen, müssen wir zuerst die wässerigen Niederschläge mit der Verdunstung des Bodens und der Wasserflächen vergleichen. Die Regenmengen sind durch Beobachtungen vieler Meteorologen bereits für viele Gegenden bekannt. Nicht so ist es mit der Verdunstung, welche bisher nur bruchstückweise ein Gegenstand ihrer Aufmerksamkeit war. Aber würden auch die mit dem Atmometer im Schatten angestellten zahlreicher sein, so würden wir durch diese dennoch kein sicheres Mittel besitzen, um die Regenmenge und das durch die Verdunstung an die Atmosphäre wieder zurückgegangene Wasser mit einander vergleichen zu können, da die Verdunstung des Bodens und die einer Wasserfläche sich sehr verschieden verhalten und der Einfluss der Sonne auf die Verdunstung noch grössere Unterschiede herbeiführt. Wir haben daher bis jetzt keine sicheren Daten, um daraus zu ersehen, wie viel von dem meteorischen Wasser für eine gewisse Gegend oder für eine bestimmte Flächenausdehnung wieder in Dunstform an sie gelangt, was davon von den Boden eingesogen zur Bildung von Quellen verwendet wird oder oberflächlich abfliesst.

So viel ergibt sich jedoch, wenn wir eine Vergleichung anstellen, dass die Verdunstung einer Wasserfläche im Schatten die auf dieselbe Fläche fallende Regenmenge im Durchschnitte nicht erreicht, und dass die Verdunstung des Bodens gegen jene noch mehr zurückbleibt, dass dagegen jedoch eine Wasserfläche dem Einflusse der Sonne ausgesetzt bei weitem mehr Wasser verdunstet, als auf diese Fläche in demselben Zeitraume fällt.

Während demnach die Wasserbecken als die grössten Spender der Wasserdünste der Luft angesehen werden müssen, spielt das Festland mit seinen, in der Regel untergeordneten Wassersammlungen für diesen Process der Atmosphäre nur eine untergeordnete Rolle. Gehen wir nun auf unseren Gegenstand über.

Aus fünfjährigen am botanischen Garten zu Grätz von mir angestellten Beobachtungen (1837 — 1841) ergab sich für die Ebene daselbst eine jährliche Regenmenge von 28·2 Par. Zoll [1]).

Nach den Beobachtungen Schüblers [2]) für Tübingen ergibt sich als jährliche Verdunstung einer Wasserfläche im Schatten 23·96 Par. Zoll. Würde dieselbe auch für Grätz und zugleich für die Verdunstung des freien Bodens gelten, so würde 1 Quadratfuss desselben jährlich nur 7873 Grm. Wasser mehr empfangen, als an die Atmosphäre abgehen, und für ein Flächenmass eines Joches würde sich blos für die Sommermonate nur ein Mehrempfang von 323.315 Grm. Wasser ergeben.

Man sieht leicht ein, dass dies weder für die Ernährung und Transspiration der auf einer gleichen Fläche wachsenden Pflanzen noch für Bildung von Quellfeuchtigkeit hinreichend ist. Legt man jedoch diesen Berechnungen die Verhältnisse zum Grunde, welche Th. Saussure für Genf im Jahre 1796 erhielt, so kann man bei einer Regenmenge von 28·2 Par. Zoll von freiem Boden nicht mehr als 16·9 Par. Zoll Verdunstung erwarten. Es ergibt sich demnach für 1 Quadratfuss ein jährlicher Überschuss von 73.400 Grm. und für ein Joch Grund in den Sommermonaten 2,757.541 Kilogrm. Wasser, was allerdings im Stande ist, obigen Bedarf zu decken, um so mehr, als der Boden durch die Bedeckung mit Vegetation einen noch viel geringeren Verlust an Wasser, als für diese Berechnung angenommen wurde, erleidet [3]).

---

1) Dr. Gintel in: Steiermk. Zeitschrift. Neue Folge. Jahrg. 1837.

2) Grundsätze der Meteorologie, 1841, p. 68.

3) Ich füge hier eine durch 4 Monate im Jahre 1839 auf meinem Landgute bei Grätz fortgesetzte Beobachtung des Ombrometer und Atmometer bei:

		Regen	Verdunstung
Juni	1839	30·03 Lin. W. M.	30·34 Lin. W. M.
Juli		39·10	67·40
August		63·05	30·75
September		30·73 „ „ „	12·92 „ „ „
		102·91	141·41

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

10. Verhältniss der Aufnahme von Wasser zur dunstförmigen Ausscheidung.

Eine der wichtigsten Fragen rücksichtlich der Transspiration der Gewächse ist die Frage nach dem Verhältnisse des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers zur Ausscheidung desselben in Dunstform durch die peripherischen Organe. Dass die grossen Quantitäten, welche auf diese Weise von den Pflanzen ausgeschieden werden, so wie die dazu nothwendige Wärme von aussen bezogen werden, erleidet keinen Zweifel, wichtig ist diesfalls nur zu wissen, wie viel von dem aufgenommenen Wasser im Allgemeinen und im besonderen Falle von den Pflanzen wieder ausgeschieden, wie viel zu den Zwecken der Erhaltung und des Wachsthums in dem Organismus zurückbehalten und da auf verschiedene Weise verwerthet wird.

Die Pflanze ist wie jeder Organismus ein von wässeriger Flüssigkeit allenthalben mehr oder minder durchtränkter Körper. Wasser mit den in ihm gelösten Substanzen erfüllt zum grossen Theile nicht blos die Hohlräume seiner Elementartheile, sondern durchdringt in geringerem Masse auch die festen Substanzen und Häute, welche dieselben nach aussen begrenzen. Ein solcher Körper gleich einem benetzten Schwamme muss in Berührung mit der atmosphärischen Luft, je nach deren Beschaffenheit einen Theil seiner Flüssigkeiten fahren lassen.

Bekanntlich bezieht die Pflanze ihre Nahrung zum grössten Theile in Form von wässerigen Lösungen aus dem Boden, worin sie wächst. Wenn sie die ihr gedeihlichen Substanzen auch durch Diffusion allein gewinnen könnte, ohne dabei das Lösungsmittel aufnehmen zu müssen, so thut sie dieses doch, weil sie dieses in der Regel eben so nothwendig bedarf, indem ihre oberen Theile mit

---

Dessgleichen in den Jahren 1860 und 1861.

		Regen	Verdunstung
Juni	1861	28·48 Lin.	35·17 Lin.
August	1860	19·78	18·02
September		27·90 „	11·36 „
		76·16 Lin.	64·55 Lin.

wenigen Ausnahmen in der Luft ausgebreitet sind. In Berührung mit der meist nur in geringerem Grade mit Wasserdunst erfüllten Atmosphäre ist die Pflanze gezwungen, einen Theil ihrer wässerigen Feuchtigkeit an dieselbe abzugeben, und da die Sättigung der Luft vermöge der Diffusion und steten Bewegung nicht so leicht erfolgt, so muss die Abgabe eben dadurch zu einer stetigen, wenn gleich der Quantität nach variabeln werden. Nicht weil die Pflanze ihre Nahrungsmittel nur in gelöster Form aufzunehmen im Stande ist, und diese zum Theile zu den schwer löslichen gehören, müssen grosse Mengen von Wasser in dieselbe eindringen, sondern weil die Pflanze ihrer Beschaffenheit und ihrer Stellung nach grosse Quantitäten Wasser an die Luft abgeben muss, ist sie genöthiget, dieselben von aussen her aufzunehmen, wenn sie anders bestehen soll.

Die Verdunstung des Wassers kann nur auf Kosten der Wärme geschehen, welche die Pflanze so wie das Licht gleichfalls von aussen her erlangt, denn die im Stoffwechsel und durch Verbrennung in ihr selbst erzeugte Wärme ist immer höchst unbedeutend und bei weitem nicht auslangend, um die Verdunstung auch nur eine sehr kurze Zeit lang zu unterhalten. Wenn Licht und Wärme die Hauptfactoren des Stoffwechsels in den Pflanzen sind und namentlich die Desoxydirung der aufgenommenen sauerstoffreichen Verbindungen, ihre Überführung zu Assimilationsproducten ohne deren Einwirkung und Beihilfe schlechterdings nicht möglich ist, so erscheint die Verdunstung wässeriger Flüssigkeit als eine Hemmung der Production von Pflanzensubstanz, und muss daher über ein gewisses Mass hinaus sicherlich dem Organismus zum Nachtheile gereichen.

Die Pflanze, zuweilen der intensivsten Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, würde augenblicklich vor Hitze verschmachten und zu einem Skelet zusammenschrumpfen, wenn sie nicht durch Verdunstung eines Theiles ihrer Säfte das Übermass der Wärme zu binden, und dadurch für sie unschädlich zu machen suchte. Die Verdunstung ist demnach der Regulator der Wärme für die Pflanze und lässt von ihrer Wirksamkeit nicht mehr zu, als eben für sie erspriesslich ist. Wo Wärme mangelt, stocken alle Processe, und so ist auch die Verdunstung auf ein Minimum reducirt oder gänzlich aufgehoben. Nicht selten geschieht es, dass sowohl aus Mangel wie an Überfluss von Wärme die Pflanze zu Grunde geht; der letztere

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fall tritt ein, wenn das Verdunstungsquantum die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln ununterbrochen auf längere Zeit übersteigt. Die Lebhaftigkeit der Transspiration bei hinlänglicher Bodenfeuchtigkeit ist stets mit einer gesteigerten Massenbewegung, Stoffwechsel und Substanzzunahme verbunden, daher dort die Vegetation am üppigsten gedeiht, wo Licht und Wärme so wie Feuchtigkeit zusammenwirken.

Es ist bereits, wie wir oben sahen, schon die Aufgabe mehrerer Naturforscher gewesen, das Verhältniss der Wasseraufnahme zur Abgabe derselben an die Atmosphäre in Zahlen festzustellen. Die Versuche, welche dieses Verhältniss ermitteln sollten, waren indess so mangelhaft und in ihren Resultaten so zweifelhaft, dass dieser Gegenstand noch immer ein Problem blieb.

Auch ich hatte wie meine Vorgänger zuerst mit abgeschnittenen Zweigen experimentirt, die ich mit dem verletzten Ende in's Wasser steckte, die Menge der Aufsaugung dem Volumen nach, die Ausdunstung nach dem Gewichte zu bestimmen gesucht. Ich lasse hier eine Reihe solcher Versuche mit Angabe der Nebeneinflüsse folgen und bemerke nur, dass dieselben absichtlich im Winter ausgeführt wurden, weil ich bei der Mässigkeit des Stoffwechsels zu dieser Jahreszeit am ehesten zu einer genauen Feststellung beider fraglichen Zahlen zu gelangen hoffte. Dessen ungeachtet war die gewöhnliche Zimmertemperatur in vielen Fällen dennoch zu hoch und beschleunigte die Verdunstung so sehr, dass ich zur Glasbedeckung meine Zuflucht nehmen musste, obgleich der Atmometer (von 5674 Millim. Quadrat Oberfläche) in 24 Stunden stets nur einen Verlust von 7—8 Grm. zeigte.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zeit der Beob.	**Daphne odora,** Zweig mit 9 Blättern (135 Quadr. Cent.)			**Cestrum habrotamnoides,** Zweig mit 11 Blättern (358 Quadr. Cent.)			**Myoporum tuberculatum,** Zweig mit 29 Blättern (230 Quadr. Cent.)		
Decemb. 1858	Gewichts-Verlust durch Transspiration in Grm.	Wasseraufnahme durch den Stengel in Grm.	Aussehen der Pflanze	Gewichts-Verlust durch Transspiration in Grm.	Wasseraufnahme durch den Stengel in Grm.	Aussehen der Pflanze	Gewichts-Verlust durch Transspiration in Grm.	Wasseraufnahme durch den Stengel in Grm.	Aussehen der Pflanze
15.	2·43	1·66	frisch	—	—		—	—	
16.	1·105	1·10		—	—		—	—	
17.	0·755	0·68		0·0	19·5	welk	—	—	
18.	0·55	0·61		1·25	1·95	unter dem Glassturze frisch geworden	—	—	
19.	0·53	0·53		7·03	6·25	welk im Freien	0·55	2·06	unter d. Glassturze frisch
20.	0·495	0·42		5·095	3·3	„	9·98	0·54	im Freien welk
21.	0·455	0·40		0·235	2·05	unter Glas frisch	0·0	0·0	
22.	0·40	0·34	etwas welk	0·22	1·45		0·03	0·6	
Jän. 3.	5·04	4·40	drei Blätter welk	3·22	2·20	alle Blätter abgefallen	1·02	2·38	frisch
4.	—	—		—	—		0·25	0·20	ein Blatt abgefallen
5.	—	—		—	—		0·78	0·72	drei Blätter abgefallen

Jänner	**Evonymus indicus,** Zweig mit 49 Blättern (360 Quadr. Cent.)			**Sempervivum barbatum,** Zweig mit 26 Blättern (113 Quadr. Cent.)			**Lavatera arborea,** Zweig mit 5 Blättern (146 Quadr. Cent.)		
10.	11·20	10·4		2·42	2·46		7·705	4·81	
11.	3·53	3·4		0·93	0·92	zwei Blätter dürr	2·295	1·84	
12.	3·01	2·74		0·275	0·03		2·27	1·97	durchaus vergilbt und welkend
13.	2·86	2·20		0·125	0·19		1·97	1·44	welk und dürr
14.	2·405	2·06		0·3	0·0	ein Blatt abgefallen			
15.	2·68	1·61		0·285	0·0		*Plectranthus fruticosus*, Zweig mit vier Blättern (132 Quadr. Cent.)		
16.	2·275	1·39		0·285	0·04				
17.	2·29	1·45	die obersten Blätter welk	0·15	0·0		0·66	0·65	stets unter dem Glassturze frisch und grün
18.	1·995	1·10	die ganze Pflanze welkend	0·055	0·0		0·26	0·20	
19.	1·61	0·75	ganz dürr	0·045	0·0		0·325	0·0	
20.	—	—		0·22	1·95		0·215	0·03	

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, das in allen Fällen bei abgeschnittenen Pflanzentheilen selbst unter den günstigsten Verhältnissen die Aufsaugung des Wassers durch die Schnittfläche der Abgabe von Wasserdunst an die Luft nicht Schritt zu halten vermag, daher früher oder später ein Welken und Vertrocknen der Theile eintritt.

Es war daher gerathen, auf anderem Wege den Fragepunkt zu ermitteln. Es sollten nicht abgeschnittene, sondern mit ihren Wurzeln erhaltene Pflanzen die Wasseraufnahme angeben, während gleichzeitig die Verdunstung durch die Blätter bestimmt werden konnte. Es war zu hoffen, dass der Pflanze auf diese Weise das nöthige Wasser nicht fehlte.

An jungen, im Wasser vom Samen gezogenen Fisolenpflänzchen, hatte die Ausführung des Versuches jedoch desshalb eine Unterbrechung gefunden, weil durch eine vielleicht nur zufällige Luftausscheidung an den Wurzeln die Bestimmung der Wasseraufnahme in der kubicirten Röhre, in der die Pflanzen vegetiren, ungenau wurde. Zweckmässiger scheinen daher für dergleichen Versuche Sumpf- und Wasserpflanzen zu sein. Ich wählte hiefür zuerst *Ranunculus polyanthemus*.

Es wurden mehrere gut bewurzelte Stöcke der genannten Pflanze aus dem im Schlamme befindlichen Kübel eines Bassins herausgehoben und ohne bedeutende Verletzungen sammt der schlammigen Erde in ein gläsernes kubicirtes Cylinderglas von 3 Zoll Weite gesetzt und darüber eine Wasserschichte von ungefähr 7 Zoll gegeben. Alle zwischen den Wurzeln befindlichen kleinen Luftbläschen wurden durch einen eingeführten Drath sorgfältig entfernt.

Die Pflanzen hatten ein Duzend grüne gesunde Blätter, die nur mit ihrem Flächentheile über dem Wasser hervorragten.

Nachdem zuvor die Temperatur des Wassers bestimmt (12°5 C.) und die Höhe der Wassersäule notirt wurde, goss ich eine $^1/_2$ Zoll starke Ölschichte über das Wasser und wog das Ganze. Dieses Gefäss mit der Versuchspflanze wurde nun in ein unbeheiztes Zimmer gestellt, wo es den halben Vormittag von der Sonne beschienen werden konnte. Anfänglich blieben die Pflanzen frisch und gesund, allein eine durch längere Zeit erfolgte Einwirkung von unmittelbarem Sonnenlicht hatte einige Blätter zum Welken, andere zum theilweisen Vertrocknen gebracht. In der Folge wurden mehrere Blätter ganz dürr. Nach 14tägiger Dauer wurde am 4. November 1853 der Versuch geschlossen. Die Pflanze hatte in der ganzen Zeit an Wasserdunst verloren 387·9 Grm. Wasser.

Um zur Bestimmung des aufgesogenen Wassers zu gelangen, musste bei Umwandlung des Volumens und Gewichtes sowohl auf die Temperatur des Wassers Rücksicht genommen als auch das Volumen der in der variabeln Flüssigkeitssäule eingetauchten Pflanzentheile, welches in diesem Falle 42·45 Centim. betrug, nicht ausser Acht gelassen werden. Nach dieser Correctur ergab sich demnach die Quantität des durch die Wurzeln aufgesogenen Wassers = 347·3 Grm., d. i. um 40·6 Grm. weniger als die Verdunstung betrug, somit ungefähr dasselbe Resultat, welches wir schon früher an den abgeschnittenen Stengeln erhielten.

Es veranlassten mich nun diese misslungenen Versuche an *Polygonum hydropiper* einen ganz ähnlichen Versuch anzustellen, indem ich hoffen durfte, diese Pflanze durch längere Zeit lebend und gesund im Wasser zu erhalten, zu welchem Zwecke auch mehrere Exemplare aus Samen erzogen wurden. Der Versuch gelang in so ferne, als die Pflanze durch längere Zeit im Wasser gut vegetirte und sich entwickelte, nur waren die Exemplare schwach und daher die Verdunstung gering. Diese mit der Aufsaugung zusammengehalten, zeigte das überraschende Resultat, dass beide Grössen einander beinahe gleich waren. Damit jedoch nicht befriedigt, unternahm ich im Sommer 1861 neuerdings dasselbe Experiment mit kräftigen Pflanzen von *Polygonum lapathifolium* Ait.

Es wurden drei Exemplare vorsichtig aus der Gartenerde, worin sie wuchsen, gehoben und in ein Cylinderglas, zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt, gethan. Nach 10 Tagen, als sie aus den eingetauchten Stengelknoten bereits zolllange Wurzeln getrieben hatten, wurde die schlammige Erde entfernt und dafür reines Wasser gegeben, zugleich die Pflanzen im Gefässe so befestiget, dass ihre untersten von Adventivwurzeln noch freien Knoten in denselben Horizont zu liegen kamen. Nun wurde, um die Volumsbestimmung der eingetauchten Stengeltheile zu umgehen, das Gefäss von 30 30 Grm. Wasser bei einer Temperatur von 23° C. kubicirt und diese Scala von 150 Grm. aussen aufgetragen. Statt einer Ölschichte wurde, um die Verdunstung des Wassers zu verhüten, über dem Rande des Cylinders ein luftdichter Glasverschluss angebracht.

Diese ganze Vorrichtung wurde von Zeit zu Zeit gewogen und daraus die Verdunstung der Pflanzen entnommen. Zugleich liess die Verminderung der Flüssigkeitssäule im Gefässe die Aufsaugung durch

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

die Wurzeln ersichtlich werden. Es ergab sich in Folge der Beobachtung an denselben Pflanzen:

Zeit und Dauer der Beobachtung	Aufsaugung	Verdunstung	Mehrbetrag der Aufsaugung	Mehrbetrag der Verdunstung
	in Grm.			
Vom 30. Juni bis 2. Juli (48 Stunden)	97·0	89·7	7·3	
2. Juli 4. (48 Stunden)	60·0	55·05	4·95	
7. 10. (62 Stunden)	102·0	96·55	5·45	
10. 11. (24 Stunden)	43·95	42·6	1·35	
„ 11. „ 13. „ (48 Stunden) (Dabei 3 — 4 Blätter dürr geworden)	64·4	63·85	0·55	
Vom 13. Juli bis 15. Juli (48 Stunden)	60·0	63·6	—	3·6

Hieraus ist ohne Widerrede ersichtlich, dass in der That in der normal vegetirenden Pflanze die Aufsaugung die Ausdünstung überwiegt, dass dieser Antheil aber im günstigsten Falle 7·5 Proc. beträgt und in der Folge mit dem Altern und Siechen der Pflanze der Gestalt abnimmt, dass zuletzt die Verdunstung über die Aufsaugung das Nebengewicht erlangt.

Zur Bekräftigung dessen liess sich zur selben Zeit an einem andern Exemplare, das nicht mehr ganz vollkräftig stand, in 24 Stunden ebenfalls gegen die Aufsaugung 30·8 Grm. eine Verdunstung von 31·15 Grm., somit ein Mehrbetrag der letzteren von 0·35 Grm. entnehmen, ein Verhältniss, dass in den Experimenten viel leichter als das entgegengesetzte erscheint, da man es in der Regel nicht mit vollkommen normal vegetirenden Pflanzen zu thun hat. —

Die letzte Frage endlich, die ich zu beantworten suchte, betrifft den Gegenstand, ob auch Wasserpflanzen eine grössere Menge Wassers durch die Wurzeln aufnehmen und durch ihre peripherischen Theile wieder ausscheiden.

Allerdings scheint es für die Ernährung dieser Pflanzen nicht unumgänglich nothwendig, dass sie mit den in dem umgebenden Medium aufgelösten Nahrungssubstanzen auch dieses selbst in einem höheren Masse, wie die Landpflanzen aufnehmen, doch sprachen einige Thatsachen dafür, dass sie sich in ihrer Nahrungsaufnahme nicht wesentlich von dieser entfernen. Schon der Umstand, dass es eine Menge amphibische Pflanzen gibt, die mit den unteren Theilen

im Wasser stehen, mit den oberen in der Luft, wie z. B. *Callitriche Hippuris, Berula angustifolia*, mehrere Polygonumarten u. s. w., ja wo die eine Hälfte des Blattes unter Wasser, die andere sich in der Luft befindet, lassen vermuthen, dass in sämmtlichen Theilen dieselben Vorgänge stattfinden. Auch die sogenannten inundirten Pflanzen, die nur zufällig unter Wasser stehen, finden sich in ihrem neuen Elemente so wohl, dass man an eine Veränderung der Function nicht denken kann. Dass in diesen Fällen das Wasser obgleich in Dunstform ausgeschieden, sogleich die flüssige Form annimmt und sich mit dem Medium vermischt, ist nach den Temperatursverhältnissen desselben nicht unwahrscheinlich. Durch Experimente diesen Austritt des tropfbar gewordenen Wasserdunstes nachzuweisen, ist eine Unmöglichkeit, indem indifferente gefärbte Flüssigkeiten weder von der Pflanze durch die Wurzeln unverändert aufgenommen noch weniger durch die Blätter ausgeschieden werden. Ich hoffte die Frage indess immerhin auf experimentellem Wege wenn auch nicht zu entscheiden, doch wenigstens die eine oder die andere Möglichkeit wahrscheinlich zu machen. Ich experimentirte zuerst mit Wasserpflanzen, die ich in einer genau gemessenen Quantität Wasser durch lange Zeit vegetiren liess.

Der muthmassliche Verlust des Wassers bei Verhinderung der Verdunstung gab den Verbrauch von Seite der Pflanze, dessen Grösse auf einen nebenbei vor sich gehenden Durchgang schliessen liess.

Zwei Stücke von *Ceratophyllum submersum* wurden am 20. October 1853 in einen mit Wasser gefüllten Glaskolben von 1530 Kub. Centim. Rauminhalt gebracht. Die Temperatur des Wassers war 12° C. Nachdem die Pflanze durch mehr als ein Vierteljahr scheinbar unverändert geblieben, bemerkte man in den ersten Tagen des Monates Februar an den Spitzen der Äste neue lebhaft grüne Knospen, die sich zu entwickeln begannen, auch konnte man einige Anlagen für neue Zweige wahrnehmen.

Die Beobachtung zeigte jetzt einen Wasserstand von 1528·8 Kub. Centim. Die Temperatur des Wassers 17°5 C. Auf die ursprüngliche Temperatur reducirt entsprach derselbe nun 1527·5 Kub. Centim., wodurch also für diese Zeit ein Wasserverlust von 2·5 Kub. Centim. stattfand. Bedenkt man jedoch, dass gleichzeitig das Volumen der Pflanze etwas, wenn auch nicht viel zugenommen hat, welches eine entsprechende Menge Wassers im Gefässe verdrängte, so muss zu

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

obiger Zahl noch eine kleine Zahl hinzuaddirt werden, welche freilich nicht genau bestimmt werden kann, aber beiläufig auf 0·5 Kub. Centim. zu veranschlagen ist. Man kann also für die Zeit von ein Vierteljahr von einer kleinen Wasserpflanze höchstens eine Consumtion von 3 Kub. Centim., was weit aus das ursprüngliche Volumen derselben nicht erreicht, annehmen.

Am 20. Februar hat sich der Wasserstand nach gehöriger Correctur auf 1527·1 Kub. Centim. so mit der Verlust auf 2·9 herausgestellt. Am 20. März, also nach 5 Monaten trat sogar eine kleine Vermehrung des Wasserstandes (1527·28 Kub. Centim.) ein, was wohl der Vergrösserung der Knospen und Triebe zugeschrieben werden muss. Endlich nach Verlauf eines Jahres am 30. October 1854 war der Wasserstand auf 1523·74 Kub. Centim. herabgesunken, was einen Gesammtverlust von 6·26 Kub. Centim. gibt. Wenn man dabei die geringe Volumszunahme der Pflanze berücksichtiget, so dürfte die Consumtion des Wassers für diese Pflanze im Jahre doch nicht höher als 10·0 Kub. Centim. anzuschlagen sein, was sicherlich eine viel zu geringe Menge Wassers ist, um für die Neubildungen die ihr zugeführten Substanzen erklärlich zu machen. Es muss also ausserdem noch Wasser auf dem Durchgange durch die Pflanzensubstanz Nahrungsstoffe zurückgelassen haben.

Ein noch entscheidenderer Versuch wurde mit *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton crispus* L a m. ausgeführt.

Beide Pflanzen wurden in gesonderten Glascylindern so gestellt, dass ihr oberer Theil in der Luft, der untere hingegen im Wasser eintauchte, dem eine Ölschichte zur Verhinderung der Verdunstung darüber gegeben wurde. Vor Vertrocknung des freien Theiles schützte die Pflanzen ein nicht hermetischer Verschluss der Öffnung des Cylinders. Durch acht Tage vegetirten beide Pflanzen ganz gut, vergrösserten sich und gelangten sogar zur Blüthe. Die Blätter blieben frisch und glänzend, ohne dass sie von anderer Feuchtigkeit umgeben waren als von der, welche sie während dieser Zeit transspirirten.

Um indess dem Einwande zu begegnen, dass in diesem Falle die Blätter nicht von ihrem ursprünglichen Medium umgeben, sich auch nicht in ursprünglicher Weise verhalten konnten, um so mehr als in der That die Blätter von Myriophyllumpflänzchen, die genöthiget sind mit ihren oberen Theilen durch längere Zeit in der Luft zu vegetiren, hellgrün werden und Spaltöffnungen erlangen, so modificirte

ich den Versuch so, dass auch die Blätter der Versuchspflanzen im Wasser eingetaucht blieben. Es wurden daher die gewählten Wasserpflanzen mit ihren unteren und oberen Theilen in zwei nebeneinander stehende mit Wasser vollgefüllte Gefässe getaucht, so dass der mittlere gebogene Theil über den Rand derselben zu liegen kam. Zum Schutze dieser kleinen Stelle gegen die atmosphärische Luft wurde sie von einer hufeisenförmig gebogenen Röhre umgeben und die Schenkeln derselben in das eine und in das andere Gefäss gesteckt. Da das Gefäss, in welches der beblätterte Endtheil der Pflanze eingesenkt war, mit dem längern Schenkel der Röhre in luftdichter Verbindung stand, so konnte jede kleine Vermehrung des Wassers daselbst durch eine an demselben angebrachte Scala kenntlich gemacht werden.

Das Resultat einer achttägigen Beobachtung war auch nicht zweifelhaft.

In dem Apparate, in welchem mit *Potamogeton crispus* experimentirt wurde, liess sich schon nach Verlauf von 24 Stunden eine Vermehrung des Wassers in jenem Gefässe erkennen, in welchem der beblätterte Theil eingetaucht war. Nach acht Tagen war die Zunahme um 1·6 Grm. von Zweigen erfolgt, deren Blätter nur eine Gesammtausdehnung von 126 Quadratcentim. hatten und deren Wurzeltheil mit 7, mehrere Zoll langen Adventivwurzeln versehen war.

Zur Controle hatte ich gleichzeitig mit einem anderen Exemplare derselben Pflanzenart experimentirt, dem aber die Wurzeln weggenommen wurden. Es zeigte sich in diesem Falle nicht die geringste Zunahme von Wasser in dem Gefässe, in welchem sich der obere Theil befand.

Nicht zufrieden damit erlaubten es mir die Umstände auch noch an *Ranunculus fluitans* Lam. denselben Versuch anzustellen. Obgleich hier vielleicht wegen Misshandlung der Versuchspflanzen erst nach zwei Tagen eine Vermehrung des Wassers in dem Gefässe zu bemerken war, indem der obere von Wurzeln sorgfältig befreite Theil der Pflanze eintauchte, so war doch auch hier von 24 Blättern in 7 Tagen eine Wassermenge von 0·8 Grm. ausgeschieden worden. Ich finde es fast überflüssig zu bemerken, dass bei allen diesen Versuchen an eine Mitwirkung von Haarröhrchenkraft nicht im entferntesten zu denken ist, zumal ich sorgfältig bemüht war, bei Einrichtung des Versuches mein Augenmerk von diesem Punkte nicht abzuwenden.

Schluss.

Als Hauptergebnisse dieser Untersuchungen dürften nun folgende Sätze zu betrachten sein.

1.

Die Transspiration der Pflanzen ein rein physikalischer durch die Beschaffenheit der Pflanze modificirter Process ist abhängig von der Temperatur, dem Feuchtigkeitszustande und der Bewegung der Luft von der Beschaffenheit des Bodens und von der zur Ausdünstung geschickten Fläche.

2.

Die Transspiration geht in einem periodischen Wechsel vor sich, das Maximum und Minimum derselben folgt dem täglichen Temperaturgange.

3.

Die beiden Flächen der Blätter verhalten sich je nach ihrer Organisation bei der Transspiration verschieden. Im Allgemeinen dunstet die Unterseite des Blattes mehr aus, als die Oberseite.

4.

Obgleich die Spaltöffnungen die vornehmlichsten Organe der Transspiration genannt zu werden verdienen, so ist doch auch die Epidermis für das verdunstende Wasser wegsam.

5.

Während der Transspiration sind die halbmondförmigen Zellen der Spaltöffnungen straff und turgescirend, was mit dem Öffnen der Spalte im Zusammenhange steht.

6.

Da die Menge der Ausdunstung der verdünstenden Oberfläche proportional ist, so sind die Quantitäten Wassers, die von einem mit Vegetation bedeckten Boden ausgedünstet werden, bei weitem grösser als die unter gleichen Umständen von einer gleich grossen Oberfläche des Wassers. Der Einfluss der Transspiration auf die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft ist daher in Ländern mit Wiesen-, Feld- und Waldoberfläche nicht unbedeutend.

7.

Auch bei Wasserpflanzen geht eine der Verdunstung entsprechende Ausscheidung von Wasser durch die Blätter vor sich.

8.

Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln übertrifft im normalen Zustande die dunstförmige Ausscheidung durch die Blätter nur um ein Geringes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1861

Band/Volume: 44_2

Autor(en)/Author(s): Unger Franz Joseph Andreas Nicolaus

Artikel/Article: Beiträge zur Anatomie and Physiologie der Pflanzen. 327-368