FLORA.

№ 1.

Regensburg. 7. Januar. **1858.**

Inhalt: ORIGINAL-ABHANDLUNG. Hofmeister, über das Steigen des Saftes der Pflanzen. — LITERATUR. Olof Hammar, Monographia generis Fumariarum. L. Ritter v. Heufler, Instructionen für die Naturforscher der Expedition der k. k. Fregatte Novara in Beziehung auf Kryptogamen. — ANZEIGEN. Pringsheim, Jahrbücher der wissenschaftlichen Botanik. Thienemann, arktische Cryptogamen-Sammlung.

Ueber das Steigen des Saftes der Pflanzen, von W. Hofmeister.

Seit Hales vor 130 Jahren durch seine Untersuchungen den Weg zur Ergründung der beim Bluten des Weinstocks thätigen Kräfte zeigte, ist unsere Kenntniss dieses Gegenstandes hauptsächlich durch Brücke erweitert worden.*) Er stellte fest, dass die Kraft, mit welcher der Saft aus angeschnittenen Reben hervorquillt, beim Enden des Blutens nicht auf einmal erlischt, sondern dass die (bereits von Hales entdeckte) tägliche Schwankung der Spannung des in den Gefässen enthaltenen Saftes vom Aufbrechen der Knospen an, unter dem Einflusse der stetig sich steigernden Verdunstung durch die neu entfalteten beblätterten Sprossen von Tag zu Tag grösser wird, bis endlich die Vegetation soviel Saft in Anspruch nimmt, und den Tag über soviel Saft verdunstet, dass der Verlust des Holzkörpers an Flüssigkeit die Aufnahme derselben aus dem Boden ganz und gar überwiegt, bis endlich zu keiner Tageszeit mehr aus den gekappten Aesten Saft hervortritt. — Brücke fand ferner, dass Steigröhren, Aesten eines und desselben Rebstocks in verschiedener Höhe aufgesetzt, eine Differenz des Saftdruckes angeben, welche in der Regel dem Drucke einer Saftsäule von der Höhe des verticalen Abstandes der beiden Schnittflächen entspricht. Er schloss aus diesen Versuchen, dass die Zweige desselben Rebstockes in Bezug auf die Spannung des in ihnen enthaltenen Saftes wie communicirende Röhren sich verhalten; dass ein sehr beträchtlicher

*) Brücke, über das Bluten des Rebstockes, Pogg. Ann. 63 (1841).

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0003-4

Theil der an tief angesetzten Röhren beobachteten bedeutenden Druckhöhen auf Rechnung des hydrostatischen Druckes der in den Sprossen der Rebe oberhalb des Ansatzpunktes der Röhre enthaltenen Flüssigkeitsmasse zu setzen sei; und ist nicht abgeneigt anzunehmen, dass die Anfüllung der früher lufthaltigen Gefässe mit Flüssigkeit nur von den an löslichen Stoffen reichen Zellen der Markstrahlen und der Markscheide des Stammes und der Aeste ausgehe, „welche sich vermittelst dieser löslichen und in Wasser aufquellenden Substanzen zuerst strotzend mit Wasser anfüllen, und dann indem sie immer noch mehr Wasser anziehen, das was sie in ihrer Höhle nicht beherbergen können, mit einem Theile der gelösten Substanz als Saft in die benachbarten Spiralröhren hinein drängen". Es sei möglich, dass der Saft zunächst in den oberen Enden der Zweige in die Gefässe hinein ausgeschieden werde, und nur dem Gesetz der Schwere folgend abwärts sich senke, was zur Genüge die Thatsache erklären würde, dass die unteren Theile der Rebstöcke im Allgemeinen früher bluten als die oberen. Es sei endlich wahrscheinlich, dass der Saft gerade zu der Zeit des jährlichen und täglichen Maximum seiner Spannung in den Spiralröhren abwärts, nicht aufwärts steige.

Die letzteren Folgerungen beruhen auf der Nichtbekanntschaft mit einem der wesentlichsten Züge der Erscheinung, über welchen die Untersuchungen Aufschluss bieten, deren Ergebnisse ich in Folgendem mittheile, Veröffentlichung der Einzelheiten bis nach weiterer Ausdehnung der Versuche, namentlich auf andere Gewächse als den Weinstock, mir versparend.

Nicht nur die Gefässe, auch die Holzzellen der Rebe (wie auch des Ahorns, der Birke, der Pappel, vieler anderer Laubhölzer und die Holzzellen der Nadelbäume) enthalten während des Winters (bei der Rebe noch Mitte März) Luft in Form von Blasen innerhalb einer Flüssigkeit, die in den Gefässen durchweges eine dünne, die Wände überziehende Schicht darstellt, in den Holzzellen, reichlicher vorhanden, die verjüngten Enden der Zellen völlig ausfüllt und in der weiteren Mittelgegend die langgestreckte Luftblase umschliesst. Gegen den Eintritt des Blutens hin nimmt die Menge dieser Luft in den Holzzellen rasch ab. Aus den Gefässen aber verschwindet sie selbst zur Zeit der grössten Saftfülle keineswegs vollständig; — bei mikroskopischer Untersuchung nicht zu dünner Längsschnitte unter Oel sieht man in sehr vielen, engeren und weiteren Gefässen langgezogene Luftblasen. Es liegt auf der Hand, und ist auf dem Wege des Versuchs leicht zur Anschauung zu bringen, dass die Anwesenheit

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0004-0

einer selbst ziemlich grossen Luftblase in einem, von gleichartiger permeabler Membran umschlossenen Raume den Ein- und Austritt von Flüssigkeit in und aus demselben bei Druck von aussen oder innen nicht hindert.

Bei Messung der Spannung des Rebsaftes durch Aufsetzen von Manometern auf in verschiedener Höhe abgeschnittene Zweige der nämlichen Rebe zeigt sich unter allen Umständen ein höheres Steigen der Quecksilbersäule in den tiefer stehenden Röhren. Das Steigen erfolgt in diesen rascher als in den höher angefügten Röhren. In einer 0,15 Meter über dem Boden angesetzten Steigröhre ward Ende Aprils zum Beispiel das Maximum der Druckhöhe (im vorliegenden Falle 731 M M.) schon nach einer Stunde durch den Stand des Quecksilbers angegeben; in einer 2,066 M. über dem Erdboden gleichzeitig aufgesetzten Röhre stieg das Quecksilber stetig 72 Stunden lang, bis auch hier die, schon von Hales entdeckte, tägliche Schwankung des Druckes in dem Stande des Quecksilbers sich ausprägte. Accidentelle Veränderungen des Drucks, durch Zufluss reichlicher Feuchtigkeit, oder eintretende Trockenheit, durch rasches Steigen oder Sinken der Temperatur bewirkt, werden früher und in stärkerem Maasse an den tiefer stehenden Röhren sichtbar. Auch die tägliche Variation des Druckes ist ungleich grösser in den tiefer, als in den höher stehenden Röhren. Dieser weitere Spielraum der täglichen Schwankung in tieferen Manometern tritt besonders dann mit grösserer Schärfe hervor, wenn, wie Ende Mai und Anfang Juni, die tägliche Variation unter dem Einflusse der gesteigerten Verdunstung der entfalteten Blätter, $^1/_4$ bis $^1/_2$ Meter beträgt. So maassen z. B. die Quecksilbersäulen in Röhren, deren eine einem 12 : 13 M. M. Durchmesser haltenden Sprosse 1,210 M. über dem Boden, die andere einem ebenfalls zweijährigen Sprosse von 11 : 10 M. M. Durchmesser derselben Rebe um 445 M. M. höher aufgesetzt war:

		a	*b*
am 1. Juni	7 Uhr	360 M. M.	273 M. M
	12 „	—14 „	68 „
	$2^1/_2$ „	0 „	41 „
am 2. Juni	8 „	281 „	278 „
	12 „	—19 „	50 „
	3 „	—30 „	9 „

und in ähnlichem Falle, wo *c* 1,112 M. über dem Boden, *d* 410 M. M. über *c* aufgesetzt war:

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0005-6

		c	d
am 4. Juni	7 Uhr	217 M. M.	182 M. M.
	12½ „	83 „	131 „
	3 „	34 „	112 „
	7½ „	—6 „	42 „
am 5. Juni	9 „ früh	68 „	92 „

Nicht selten stimmt die Differenz der Quecksilberstände zweier der nämlichen Rebe in verschiedener Höhe angepasster Manometer in überraschender Schärfe überein mit der Druckhöhe einer Säule von Rebensaft von der Höhe der verticalen Distanz der Ansatzpunkte beider Röhren. Ungleich häufiger aber findet sich die wirkliche Differenz des Quecksilberstandes kleiner, wenn der Druck in der Rebe überhaupt im Steigen, oder grösser, wenn er im Sinken ist.

Das Aufrichten oder Niederlegen der Theile der Rebe oberhalb des Ansatzpunktes eines Manometers ist von nur sehr beschränktem Einfluss auf die Spannung des Saftes. Ein Beispiel: die Steigröhre war 0,15 M. über dem Boden einem Aste eines niedergelegten, 4,92 M. in grösster Länge messenden Rebstocks aufgesetzt. Durch Aufrichten der Rebe stieg das Quecksilber um 93 M. M. (von 603 auf 696) in 4 Stunden. Nach dem Wiederniederlegen der Rebe sank das Quecksilber um 128 M. M. (auf 468) in 2½ Stunden und begann dann wieder rasch zu steigen. Andere ähnliche Versuche ergaben noch weit geringere Aenderungen des Quecksilberstandes, statt der nach Brücke's Ansicht geforderten von hier c^a 360 M. M.

Alle diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass die Ursache der Spannung des Saftes ausserhalb der überirdischen Theile der Rebe selbst liegt; dass die Wirkung der treibenden Kraft in den weiter vom Boden entfernten Theilen der Rebe nicht allein um die Last der vertical gehobenen Saftmasse, sondern auch durch den Widerstand der zahlreichen Membranen gehindert ist, durch welche der Saft seinen Weg nehmen musste. Diese Vermuthung wird durch einen einfachen Versuch sofort zur Gewissheit erhoben.

Wird eine Wurzel nahe am Stamme blos gelegt, durchschnitten ein Steigrohr der Schnittfläche des in der Erde verlaufenden Theiles der Wurzel, ein anderes dem mit dem Rebstocke im Zusammenhange stehenden Stumpfe der Wurzel aufgesetzt, so zeigt sich stets eine sehr bedeutende Differenz des Quecksilberstandes in beiden Röhren zu Ungunsten derjenigen, die an dem mit dem Stamme zusammenhängenden Stumpfe der Wurzel sitzt. Die Differenz steigt rasch mit dem Vorrücken der Jahreszeit. Anfang Juni 150 bis 250 M. M. war sie Mitte Juni 400 bis 500, Ende Juni (wo zu allen Tageszeiten die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0006-1

mit dem Stamme in Verbindung stehende Röhre nur negativen Stand des Quecksilbers zeigte) 600 bis 700 M. M. Mit Sicherheit geht hieraus hervor, dass die treibende Kraft ihren Sitz in den Wurzeln hat. *)

Aber nicht in den Wurzelspitzen und den jüngeren Theilen der Wurzeln. Einjährige Adventivwurzeln, von bis zu 110 M. M. Länge und 3 M. M. Durchmesser auf angemessene Weise an Manometer geringen Kalibers befestigt und in Wasser getaucht, bringen kein, oder doch nur ein sehr geringes Steigen (bis 5 M. M.) des Quecksilbers zuwege.

Das Bluten des Rebstocks ist ebenso wenig, wie die gleiche Erscheinung bei anderen Gewächsen, auf die Frühlingsmonate beschränkt. Zwar die oberirdischen Theile lassen bald nach Entfaltung der ersten Blätter zu keiner Tageszeit mehr Saft ausfliessen. Durchschnittene Wurzeln aber bluten den ganzen Sommer hindurch. Die Kraft, mit welcher der Saft hervordringt, steht auch in den Sommermonaten derjenigen des Frühlings nicht nach und nimmt selbst gegen den Herbst nur langsam ab; wie sie denn z. B. am 21. Juni einer Quecksilbersäule von 699 M. M., am 3. Juli einer von 618 M. M., am 8. Juli einer von 748 M. M., am 1. August noch einer von 515 M. M., am 1. September einer von 335 M. M. das Gleichgewicht hielt. Die Menge des innerhalb gegebener Zeit ausfliessenden Saftes dagegen ist in der vorgerückten Jahreszeit weit geringer als im Frühjahr (während 24 Stunden am 23. April 20,131 Grammen pr. Stunde; am 9. Juli in gleicher Zeit, aus einer Wurzel von ebenfalls 11 M. M. Durchmesser 1,219 Grammen pr. Stunde). Damit hängt zusammen, dass im Frühling das Quecksilber ungleich rascher seinen früheren Stand wieder erreicht, wenn nach mehrstündiger Entfernung des Steigrohrs und freiem Auslaufen des Saftes das Rohr wieder aufgesetzt wird, als im Hochsommer: am 8. Mai in 3, am 19. Juli in 31 Stunden. Als vom 22. bis 25. Juli das Steigrohr von einer angeschnittenen Wurzel entfernt gewesen war, dauerte es nach Wiederaufsetzen des Rohres 48 Stunden, bis die frühere Höhe der Quecksilbersäule wieder erreicht war. Man sieht, um wie Vieles langsamer im Sommer die Verluste der Rebe an Saft ersetzt werden, als im Frühling.

---

*) Der ähnliche Ausspruch Dutrochet's („la force motrice a son siège dans les spongioles"; mémoires (édit Bruxelles) p. 201) ruht auf ungenügendem Grunde: blos auf der Beobachtung, dass die obere Schnittfläche auch sehr dünner Wurzeln noch blutet, wenn nur die Wurzelspitze unverletzt bleibt. Mit welcher Kraft, und wie lange der Saft hervor tritt, hat Dutrochet nicht ermittelt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0007-7

Aeussere Einflüsse, die entscheidende Wirkung auf den Grad der Spannung des Saftes äussern, sind die Temperatur und die Feuchtigkeit des Bodens wie der Luft. Der Einfluss der Temperatur überwiegt bei Weitem im zeitigen Frühjahre, wenn der Boden noch vollständig durchfeuchtet ist. Das Steigen des Saftes, welches am 24. April das Maximum dieses Jahres erreicht hatte, liess bis zum Verschwinden nach, in Folge der ungewöhnlichen Erniedrigung der Temperatur vom 22. bis 30. April (Mitteltemperatur dieser Tage, aus dem Maximum und Minimum jeden Tages berechnet, nur + 5,7° R. für die ganze Frist, + 2,5° für die vom 23. bis 27., + 3 37° für die vom 23. bis 30. April). Dieselbe Rebe, welche am 24. April durch ausquellenden Saft die Quecksilbersäule auf 804 M. M. hob, trieb sie am 29. nur noch auf 8, am 30. Abends nur noch auf 6 M. M. Erst am 5. Mai stieg die Spannung wieder auf 522 M. M. Von der Zeit an, wo die Mittelwärme jeden Tages über + 12° R. betrug, trat die Einwirkung der Temperatur zurück, der Einfluss der Feuchtigkeit bis zur Ausschliesslichkeit hervor. Während der anhaltenden Trockenheit Mitte Mai konnte die Quecksilbersäule durch reichliches Begiessen der Rebe von Abends 7 Uhr bis Morgens 8 von 262 auf 335 M.M. getrieben werden, während das Quecksilber in der, einer benachbarten nicht begossenen Rebe angesetzten Röhre stetig sank. Noch auffälliger war der Einfluss des Begiessens Mitte Juni; er trieb das Quecksilber in 24 Stunden von 403 auf 603 M. M.

Ausser diesen grossen zufälligen Schwankungen des Saftdruckes findet, in den von den oberirdischen nicht isolirten Theilen der Rebe, eine tägliche (schon von Hales entdeckte) Variation statt, welche erst von dem Zeitpunkte des Aufbrechens der Knospen an hervortretend, deutlich und nach dem Urtheile aller Beobachter als von der Verdunstung durch die Blätter abhängig sich zu erkennen gibt. Die Grösse der Schwankung, je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft an den einzelnen Tagen überaus verschieden, steigt im Allgemeinen stetig mit der Entfaltung der Sprossen. Ende April bei trockener Luft im Maximum 23 M. M. wird sie Anfang Mai 40, im zweiten Drittel desselben Monats 100, Ende Mai schon 400 M. M. und darüber, bis endlich die Verdunstung unter Tages den Saftgehalt der Rebe so erschöpft, dass auch während der Nacht die Wurzeln den Saftdruck in den tiefsten Theilen der Rebe Anfang Juni nicht mehr über 200 M. M., Mitte Juli nicht über 33 M. M. zu treiben vermögen. Die Zeit des täglichen Maximum fand ich, übereinstimmend mit früheren Angaben, einige Stunden nach Sonnenaufgang; das Minimum trat in der Regel erst bei Sonnenuntergang ein.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0008-3

Höchst auffällig ist die rasche Aenderung des Saftdrucks durch plötzliche Aenderung des Feuchtigkeitsgrades der Luft. Die Quecksilbersäule eines Manometers war am 24. Mai 12 Uhr Mitt. bei heiterem Himmel und trocknem Ostwind 59 M. M. hoch, $12^1/_2$ sprang ein feuchter Westwind auf; trotz des brennenden Sonnenscheins bei heiterem Himmel und der um 3° R. gestiegenen Temperatur war der Stand des Quecksilbers $1^1/_2$ 81 M. M.; Abends 8 (bei inzwischen leicht bewölktem Himmel) 368 M. M.

Tiefgehende Wurzeln lassen keine, der der oberirdischen Sprossungen vergleichbare tägliche Schwankung erkennen. Das Steigen und Fallen der Quecksilbersäule ihnen aufgesetzter Druckmesser erfolgt stetig, dem Grade der Bodenfeuchtigkeit entsprechend. Anders in flach, in etwa 0,5 M. Tiefe horizental verlaufenden Wurzeln, bei denen die Wasseraufnahme aus dem Boden unter Tages durch die austrocknende Wirkung der Sonnenstrahlen erheblich beeinträchtigt werden kann. Hier zeigt sich eine, gegen Abend das Minimum erreichende tägliche Schwankung von bis zu 70, unter Umständen bis 100 M. M.

Schon Brücke hat hervorgehoben, dass längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen an der nämlichen Schnittfläche einer Rebe endlich trügerische Resultate geben. (Meine Angaben sind sämmtlich aus Beobachtungen an höchstens 5 Tage lang derselben Schnittfläche aufgesetzten Steigröhren gefolgert.) — Zwei Erscheinungen an länger gebrauchten Steigröhren verdienen besondere Erwähnung Schon am dritten oder vierten Tage wird die tägliche Schwankung in weit geringerem Grade angezeigt, als durch der nämlichen Rebe an anderen Zweigen frisch aufgesetzte Röhren. Die durch den Schnitt blosgelegten Mündungen der Gefässe des dem Experiment unterworfenen Astes sind zu dieser Zeit noch keineswegs verstopft. Die mindere Durchlässigkeit ihrer Wandungen und derjenigen der benachbarten Zellen kann nur auf einer, durch das Mikroskop nicht erkennbaren, Veränderung der Membranen derselben beruhen. — Die zweite ist, dass bei Versuchen an sehr tief stehenden schwachen Seitenästen starker Reben diese nach wenigen Tagen geradezu abgetödtet werden: das Quecksilber sinkt in etwa 2 bis 3 Tagen bis auf oder unter Null, um nicht wieder zu steigen. Das Holz, dann untersucht, ist trocken und todt.

Das kräftige Emportreiben des Saftes durch die Wurzel ist ebensowenig auf die geringe Zahl von Holzpflanzen beschränkt, von denen bis jetzt das Bluten bekannt war, als auf einige Wochen des Frühlings; vielmehr eine ganz allgemeine und dauernde Erscheinung, die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0009-1

manchen krautartigen Pflanzen in weit höherem Grade zukommt, als vielen Holzgewächsen. Als Beispiele seien einige an eingewurzelten, dicht über dem Boden abgeschnittenen Pflanzen beobachtete Maxima des Saftdruckes genannt:

Atriplex hortensis	65	M. M. Quecksilber
Chrysanthemum coronarium	14	„ „
Digitalis media *)	461	„ „
Papaver somniferum . . .	212	„ „
Morus alba	12	„ „

denen sich einige an möglichst unverletzt ausgehobenen, in Wasser gesetzten Wurzeln gefundene anschliessen mögen:

Digitalis media	30	M. M. Quecksilber
Sonchus oleraceus . . .	24	„ „
Chenopodium album . .	16	„ „
Papaver somniferum . .	11	„ „
Petunia nyctaginiflora .	7	„ „
Pisum sativum, Keimpfl.	31—25	„ „

In allen diesen Fällen erfolgte das Steigen des Quecksilbers mit gleichförmiger Stetigkeit.

Eine der Hauptschwierigkeiten der Erklärung des Saftaufsteigens, das anscheinend ausnahmsweise Vorkommen an wenigen Gewächsen während einer beschränkten Zeit des Jahres, wird durch die Allgemeinheit der Erscheinung bestätigt. Nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse kann der Erklärungsversuch nur dem von Brücke angedeuteten (s. oben S. 2) aber nicht eingeschlagenen Wege folgen. Es lässt keine andere wahrscheinliche Ursache der treibenden Kraft sich finden, als das endosmotische Verhalten der in bestimmten Zellgruppen der Wurzel eingeschlossenen löslichen Stoffe zum Wasser des Erdbodens

Solcher Stoffe finden sich vor Beginn des Blutens fast nur in den Markstrahlenzellen: Zucker in minderem, die nächsten Umsetzungsproducte des Amylum: Dextrin und Verwandte in vorwiegendem Maasse. Die letzteren, als deren Repräsentant das arabische Gummi mit Fug gelten mag, werden zunächst die Erklärung zu beschäftigen haben.

In seinem endosmotischen Verhalten unterscheidet sich das arabische Gummi sehr auffällig von den Substanzen, die wie Glaubersalz, Kochsalz, Zucker u. A. den Physikern und Physiologen bisher fast ausschliesslich zum Prüfstein bei Ermittlung der endosmotischen

*) Pflanze von 953 M. M. Höhe, Durchmesser der Schnittfläche 10 M. M.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0010-2

Erscheinungen dienten. Gummilösung, von reinem Wasser durch eine permeable Membran, gleichviel ob thierischen oder pflanzlichen Ursprunge getrennt, nimmt nur Wasser auf, ohne an das Wasser Gummi in Austausch abzugeben, vorausgesetzt, dass der hydrostatische Druck der inneren wie der äusseren Flüssigkeit durch häufige Regelung des Standes beider sorgfältig beseitigt wird. Leicht ist es, den Versuch mit überzeugender Schärfe in der Art anzustellen, dass eine Gummilösung als äussere, destillirtes Wasser als innere Flüssigkeit angewendet wird. Nachdem in einem solchen Falle 98,128 Gr. Wasser zu einer Gummilösung von 13,32 /. ausgetreten waren, liess der Rest der inneren Flüssigkeit noch 30,872 Gr., nach dem Verdampfen nur 0,008 Gr. festen Rückstand, eine so geringe Menge, dass sie der zufälligen Verunreinigung des Wassers zugeschrieben werden muss. Der Strom ging also einseitig vom Wasser zum Gummi; das „endosmotische Aequivalent" des Gummi ist unbegrenzt.

Wird Gummilösung unter Druck durch vegetabilische Membranen (Reispapier, dünne Querschnitte von Tannenholz) filtrirt, so ist das Filtrat von beträchtlich geringerer Concentration als die ursprüngliche Flüssigkeit.*) Die Dichtigkeit der Filtrate von Lösungen gleicher Concentration steigt mit der Höhe des angewendeten Drucks. Das Filtrat bleibt in seiner Dichtigkeit um so weiter hinter der filtrirten Flüssigkeit zurück, je concentrirter diese war.

Die Menge der Flüssigkeit, welche eine Zelle mit der Endosmose fähigem Inhalte aussondert, nachdem sie bis zum Strotzen Wasser einsog, wird von drei Factoren bestimmt: der endosmotischen Kraft des Inhalts, der Permeabilität der Membran für das von diesem Inhalte angezogene Wasser, und durch die Durchlässigkeit der Membran für die Filtration eines Theiles des in Folge endosmotischer Wasseraufnahme unter steigendem Drucke stehenden Inhalts. Bei allen bekannten Membranen steht die letztere dieser Eigenschaften beträchtlich hinter der ersteren zurück, ein Umstand, auf welchem eben das Anschwellen der Wasser aufnehmenden Zellen beruht, das unter Umständen bis zum Bersten der Zellwand geht. Soll die Ausscheidung von Flüssigkeit aus der Zelle bemerklich und messbar sein, so darf selbstverständlich nur ein Theil der Zelle mit dem äusseren Wasser in Berührung treten, und es muss eine Vorkehrung bestehen, durch welche die aus den nicht vom Wasser be-

*) Wie Wilib. Schmidt bereits für die Filtration durch thierische Membranen fand: Pogg. Ann. Bd. 99, S. 87.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0011-8

rührten Theilen der Zelle ausgeschwitzte Flüssigkeit gesammelt wird. Es muss zur Vermehrung der Menge der Ausschwitzung gereichen, wenn die saugende und die aussondernde Fläche zu einander im umgekehrten Verhältniss der Fähigkeit der Membran für Endosmose und für Filtration stehen, wenn also der aussondernde Theil der Zellwand einen grösseren Raum einnimmt, als der einsaugende. Noch mehr aber muss die Ausschwitzung aus den nicht saugenden Theilen der Zellhaut sich steigern, wenn der Filtration durch die einsaugende Fläche besondere Hindernisse (grössere Dicke oder durch eigenthümliche chemische Constitution bewirkte geringere Durchlässigkeit dieser Theile der Zellhaut, mehr noch das Vorliegen von Zellschichten) im Wege sind. Diese Bedingungen alle finden sich in der Wurzel im vollsten Maasse erfüllt.

Die an Stärkmehl und an löslichen Stoffen reichen Zellen der Markstrahlen der inneren Wurzelrinde sind von dem im Erdboden vertheilten Wasser getrennt durch die wenigen, fünf bis acht, Zellschichten der äusseren Wurzelrinde, deren Inhalt in seinem Verhalten zu Reagentien als eine schwache Lösung organischer Substanzen sich zu erkennen gibt. Mit Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, dass die Membranen dieser Zellen, in der Umwandlung in Korksubstanz begriffen, namentlich an den etwas älteren Theilen der Wurzel nur schwer Flüssigkeit des Inneren der Pflanze nach aussen durchfiltriren lassen. *) Der Gehalt der Rebe an löslichen und aufquellenden Stoffen ist sehr beträchtlich. Aus feingeraspeltem, bei 40° C. bis zum Aufhören der Gewichtsabnahme getrocknetem Holze der Wurzel lassen sich mit kaltem Wasser Anfang Februar über 8 %, Mitte März 5,69 bis 5,88 %, Mitte Juni noch 3,7 % fester Substanz auslaugen. Der bei gelinder Wärme eingetrocknete Rückstand des Extracts ist stark goldgelb; aus im Frühjahr geschnittenen Zweigen der Wurzeln von rein und stark süssem Geschmack, eine Eigenschaft, die er, im Juni gewonnen, nicht mehr besitzt. Zum kleineren Theile ist er in Wasser löslich, zum grösseren nur aufquellend. Von Stickstoffgehalt zeigt er nur schwache Spuren. Die durch Auslaugen des Holzes oberirdischer Theile der Rebe erhaltenen Mengen löslicher Stoffe bleiben etwas hinter den aus gleichzeitig geschnittenen Wurzeln erlangten zurück.

*) Die Filtration geht auch bei höherem, eine halbe Atmosphäre erreichendem Drucke durch vegetabilische Gewebe, dafern sie genügende Widerstandskraft gegen das Zerrissenwerden besitzen, langsamer vor sich als die Endosmose einer mässig concentrirten Gummilösung (von 8 bis 13 %). Diese Eigenschaft tritt an einer Platte aus Kork besonders scharf hervor.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0012-4

Die Spannung, welche die aus einer strotzend angefüllten Zelle in einen angrenzenden geschlossenen Raum ausgeschiedene Flüssigkeit innerhalb dieses Raumes binnen einer gegebenen Zeit erhält, hängt ab (unter übrigens gleichen Umständen) vom Verhältniss des die Flüssigkeit aufnehmenden Raumes zur Ausdehnung der secernirenden Fläche. Auch in dieser Beziehung bietet die Rebe günstigere Verhältnisse als sie künstlich sich irgend herstellen lassen. Der Querschnitt einer zweijährigen Rebenwurzel zeigt 50—60 Markstrahlen; in einem Wurzelstück von 10 M. M. Länge und 5 M. M. Halbmesser sondert also eine Fläche von beiläufig 6000 Quadrat-Millimeter Flüssigkeit aus in Räume hinein, deren gesammter Inhalt nicht mehr als höchstens 300 Cubik-Millimeter beträgt. Der von den saugenden Theilen der Wurzeln aufwärts getriebene Saft trifft überall im Holze auf Gewebe (die Markstrahlen), denen ähnlich, welche sein Aufsteigen einleiteten, und deren Berührung mittelbar seine Spannung steigern muss.

In Apparaten verschiedener Construction suchte ich Verhältnisse herzustellen, die den in der Pflanze vorkommenden insofern annähernd ähnlich waren, als in geschlossenen Räumen (cylindrischen Glasröhren, deren Oeffnungen mit pflanzlichen Membranen geschlossen wurden,) der Endosmose fähige Stoffe einerseits mit Wasser, andererseits mit offenen oder durch Quecksilber gesperrten Räumen in Verbindung gesetzt wurden, in welch letztere hinein die künstliche Zelle einen Theil der nicht im Innern zu bergenden Flüssigkeit ausschwitzen konnte. Es wurde daher dafür gesorgt, dass auf letzterem Wege die aus der Zelle hervorgepresste Flüssigkeit weniger Hindernisse zu überwinden hatte, als beim Durchgang durch die Membranen, mittelst welcher der Apparat mit dem Wasser in Verbindung stand. Jenes Ende war nur mit einfacher Membran, dieses dagegen mit mehrfacher verbunden, oder es waren letzterem eine oder mehrere, mit reinem Wasser gefüllte und durch Membranen gleicher Art geschlossene kurze cylindrische Röhren luftdicht angepasst. Andere derartige Apparate waren so construirt, dass der endosmotisch wirksame Stoff in einem kleinen Beutel aus einem kreisrunden Stücke Reispapier fest eingebunden, und die so hergestellte Zelle auf die eine Glasröhre verschliessende und in Wasser eintauchende Membran gelegt wurde

Die saugenden wie die ausschwitzenden Flächen maassen in diesen Fällen nur 42 Quadratmillimeter. Es wird nicht überraschen, dass unter solchen Umständen die Menge der ausgeschiedenen Flüssigkeit, verglichen mit der von den Wurzeln lebender Pflanzen inner-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0013-0

halb gleicher Zeit ausgeschiedenen, nur gering war. Bei Füllung der wirksamen Zelle des Apparats mit concentrirteren Lösungen (von 10 °/. und darüber) arabischen Gummis wurden durchschnittlich 0,1 Gr., bei Anwendung schwächerer Lösungen (2 bis 3 °/.) ungefähr 0,05 Gr. Flüssigkeit während einer Stunde ausgeschwitzt. Die durchgeschwitzte Flüssigkeit blieb in ihrer Concentration in den ersteren Fällen um 2 bis 3 °/., in den zweiten um 0,5 bis 1,5 °/. hinter der durchschwitzenden zurück. Bei Anfügung von Manometern an derartige Apparate stieg das Quecksilber langsam aber stetig. Der höchste bisher erreichte Stand der Quecksilbersäule war 92 M. M. In der Nähe dieses Punktes musste stets der Versuch abgebrochen werden, weil die den Apparat vom äusseren Wasser abschliessenden Membranen sich zu zersetzen begannen und undicht wurden.

Diese Versuche sind unzureichend, die Erscheinung des Blutens der Gewächse zu erklären. Nicht wegen der geringen Höhe der empor getriebenen Quecksilbersäule, denn diese würde unzweifelhaft einen weit höheren Stand erreicht haben, wäre es möglich gewesen, die Membranen länger als einige Tage zu conserviren. Sondern weil die ausgeschwitzte Flüssigkeit eine Gummilösung von viel zu beträchtlicher Concentration war, als dass sie mit dem aus durchschnittenen Pflanzentheilen hervorquellenden Safte irgend verglichen werden könnte. *)

Ganz anders gestaltet sich der Erfolg bei Erfüllung des Apparats mit nur aufquellenden, nicht sich auflösenden Stoffen; mit Pectin oder Traganthgummi. Wird Pectin möglichst rein angewendet, so ist die Wirkung nur langsam. Sie wird aber sehr beschleunigt durch geringen Gummizusatz. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit kommt dann an Menge der von concentrirten Gummilösungen ausgesonderten gleich, und treibt die Quecksilbersäule mit derselben Energie empor. Das Gleiche zeigt sich bei Traganthgummi. Die secernirte Flüssigkeit ist eine höchst verdünnte Lösung von Pflanzenstoffen; sie lässt beim Eintrocknen nur 0,1 bis 0,2 °/. ihres Gewichts fester Bestandtheile.

So ist der Nachweis geführt, dass ein Stoff, in seinen physikalischen Eigenschaften, insbesondere in seinem Verhalten zum Wasser und zu homogenen Membranen völlig übereinstimmend mit einer in der Rebenwurzel reichlich vertretenen Substanz (Seite 10), unter Verhältnissen, die denen entsprechen, in welchen er in der lebenden Wurzel vorkommt, Wirkungen hervorbringt, die in allen wesentlichen Punkten dem Saftsteigen gleichen.

*) Den Gehalt des Rebsaftes an festen Stoffen fand ich Anfang Aprils 0,07 bis 0,08 °/., Mitte Juli 0,16 °/. seines Gewichts.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0014-5

verwaltete diese Professur bis 1856. Das „Manual of Materia medica", das er in dieser Zeit verfasste, ist an allen oder den meisten ärztlichen Schulen des Vereinigten Königreichs als Lehrbuch eingeführt. Zugleich lieferte er viele Aufsätze, meist über naturwissenschaftliche Gegenstände Indiens, in wissenschaftliche Zeitschriften, die „Penny Cyclopaedia", Kitto's „Dictionary of the Bible" u. a. Sehr thätig war er, die Kenntniss der natürlichen Hilfsquellen Indiens verbreiten zu helfen, und im Jahr 1849 veröffentlichte er ein Werk, welches vielleicht jetzt mit mehr Interesse gelesen wird als zur Zeit seines Erscheinens: „On the Productive Ressources of India". Während des russischen Kriegs sann Dr. Royle darüber nach, wie sich England von der Einfuhr aus Russland unabhängig machen liesse, und lenkte, durch eine Vorlesung, die er 1854 hielt, die öffentliche Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Fasergewächse in Indien, die sich zu Stricken, Geweben, Papier u. dergl. verwenden lassen. Diese Vorlesung erschien im nächsten Jahre erweitert zu einer werthvollen Schrift: „On the Fibrous Plants of India". In der Vorrede dazu kündigte er ein grösseres Werk an „The Commercial Products of India", welches aber bis jetzt nicht erschienen ist. — Dr. Royle war ein Mitglied des britischen Vereins zur Förderung der Wissenschaft, in deren Versammlungen er oft Abhandlungen vorlas; zwei derselben verdienen besondere Erwähnung: „über die Baumwollencultur", und „über den Theebau in Ostindien". Dem letzteren Gegenstand widmete er auch ein praktisches Interesse, und seine Bemühungen waren von vollständigem Erfolg gekrönt, so dass ein mit dem chinesischen rivalisirender Thee jetzt im Himalaya, besonders nach Assam hin, in Ueberfluss erzeugt wird. Auch an der Zustandebringung der Ausstellung im Jahre 1851 nahm er regen Antheil, und der Erfolg der Ausstellung indischer Producte im Industriepalast war zunächst sein Verdienst. Er war ferner Mitglied der k. Linnéischen und der geologischen Gesellschaft. Für seine Verdienste als Commissär bei der Pariser Aussellung erhielt er den Orden der Ehrenlegion.

Berichtigungen.

Folgende sinnentstellende Druckfehler bittet man in dem Hofmeister'schen Aufsatze „über Steigen des Saftes" in No. 1 dieses Jahrganges zu verbessern:

S. 8. Z. 23 v. oben lies statt „bestätigt": beseitigt.
S. 10. Z. 15 v. „ „ „ „Markstrahlen der Wurzelrinde": Markstrahlen und der Wurzelrinde.
S. 10. Z. 12 v. unten lies statt „der Wurzeln": oder Wurzeln.
S. 11. Z. 25 v. oben lies statt „es wurde daher dafür gesorgt": es wurde dafür gesorgt.

Redacteur und Verleger: Dr. Fürnrohr. Druck von F. Neubauer.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05974-0050-5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1858

Band/Volume: 41

Autor(en)/Author(s): Hofmeister Wilhelm

Artikel/Article: Ueber das Steigen des Saftes der Pflanzen 1-12