

und Gesang⁶⁾. Obwohl auch dort ein Zusammenhang der Temperaturmaxima und -minima mit denjenigen des Gesanges überaus deutlich in den Abbildungen zum Ausdruck kommt, ist mit der Bretscher'schen Methode in folge der vielen kleinen zufälligen Schwankungen und der Vernachlässigung der Größe dieser Schwankungen nicht der geringste Zusammenhang nachzuweisen.

Ich glaube, daß mit diesen Beispielen genügend bewiesen ist, daß die von Bretscher benutzte Methode zur Auffindung eines eventuellen Zusammenhanges zwischen Ankunftszeit der Zugvögel und Temperatur in ihrem Brutgebiet nicht richtig ist.

Ich möchte außerdem noch eine kleine Bemerkung machen. Bretscher hat nachgewiesen, daß in südlichen Gegenden und in Tiefebene die Zugvögel im Mittel früher erscheinen, als in nördlichen Gebieten und höheren Gebirgsgegenden. Dies scheint für Bretscher keine Andeutung, daß vielleicht ein Zusammenhang zwischen Ankunft und Klimaverhältnissen besteht (wärmere Süd- und Tiefebene!). Jedenfalls ist dagegen auch immer der Einwand möglich, dieser frühere oder spätere Eintritt sei in früheren Zeiten, als die Umstände viel ungünstiger waren (Eiszeit) ererbt worden. Dieser Einwand war nicht möglich, wenn wir die Ankunftsdaten der Zugvögel in den auf folgenden Jahren mit den jeweiligen Temperaturschwankungen vergleichen würden und es käme eine Beziehung hervor. Dies hat Bretscher aber ebensowenig getan. Er hat die Ergebnisse aller Jahre zusammengefaßt und daraus jedesmal das Mittel berechnet, obwohl viele Arten so zahlreiche Daten enthielten, daß eine solche Vergleichung der aufeinanderfolgenden Jahre berechtigt war. Wir dürfen also sagen, daß Bretscher keine einzige Methode benutzt hat, wobei eine eventuelle Beziehung zwischen Temperatur und Ankunftszeit hätte zum Vorschein treten können.

Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schliesszellen von Luft- und Wasserspalten.

Von Anna-Luise Steinberger, geb. Hurt.

Während durch die Arbeiten von Lloyd und von Rosing seit 1908 bekannt war, daß der Stärkegehalt der Schließzellen mit der Bewegungstätigkeit der Stomata schwankt, hat erst 1915 Iljin aufsehen-erregende Mitteilungen über die Schwankungen des osmotischen Wertes der Schließzellen gemacht: bei russischen Steppenpflanzen sollte der osmotische Wert der maximal turgeszenten Schließzellen, bei weit geöffneten Stomata, um 70—80 Atm. über dem der übrigen Epidermis-

6) Aus: D. Tollenaar „Zangstatistiek en Zangverklaring“, 1922 (Selbstverlag: fl. 0.35). Erscheint auch in der deutschen Sprache in der folgenden Lieferung der „Mitteilungen über die Vogelwelt“, Ausgabe der Süddeutschen Vogelwarte, Stuttgart.

zellen liegen; beim Spaltenschluß, wie er durch Verdunklung und durch Wasserentziehung beim Welken herbeigeführt wird, sollte der osmotische Wert der Schließzellen rasch sinken bis zur Abgleichung mit dem Wert der umgebenden Epidermiszellen. Diese Befunde widersprachen der herrschenden Schulmeinung, wonach die Turgordruckdifferenzen zwischen Epidermis und Schließzellen unbedeutend sein sollten und der Spaltenschluß beim Welken rein passiv durch Wasserverlust herbeigeführt werden sollte. Es verlohnte sich deshalb wohl, die Angaben Iljins auf breiterer Grundlage nachzuprüfen, um so mehr, als es Hagen (1916) nicht gelungen war, eindeutige plasmolytische Bestimmungen auszuführen. Die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen sind auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Renner im botanischen Institut in München-Nymphenburg ausgeführt worden, in der Zeit von Oktober 1919 bis August 1920. Eine ausführlichere Darstellung als sie hier gegeben wird ist als maschinengeschriebene Dissertation auf der Bibliothek der Universität Jena niedergelegt. — Die Arbeit von Wiggans (1921), die Iljins Angaben für 4 Gartenpflanzen bestätigt, ist nach Ablieferung der Dissertation erschienen.

Vorversuche. a) Plasmolyse mit Salzlösungen.

Nicht zu dünne Flächenschnitte von gesunden Blättern mittleren Alters wurden zur Bestimmung der plasmolytischen Grenzkonzentration in Kochsalzlösungen von den Konz. 0,05 bis 2,00 GM (volumnormal), mit Abstufungen von 0,05 GM gebracht; seltener wurde, zu Anfang, Kalisalpeter verwendet, der bei den höchsten osmot. Werten wegen zu geringer Löslichkeit nicht mehr brauchbar war. Die Verringerung des Zellvolumens bei der Plasmolyse ist nicht berücksichtigt, die gefundenen Werte sind also durchweg zu hoch; der Fehler muß um so größer sein, je stärker die Membran der turgeszenten Zelle gedehnt war. Die Feststellung der Grenzkonzentrationen geschah 5—10 Min. nach der Eintragung der Schnitte in die Lösungen. Die ersten Versuche mit KNO_3 hatten nämlich ergeben, daß die Grenzkonzentration mit der Zeit beträchtlich steigt. So waren die Schließzellen von *Zebrina* plasmolysiert: nach 5 Min. in 0,4, nach 15 Min. in 0,6, nach 60 Min. in 1,0 GM. Augenscheinlich permeiert das Salz leicht durch das Plasma. Dazu kann noch eine Wirkung auf das enzymatische System kommen: während in Wasser oder in Zuckerlösung liegende Schließzellen z. B. von *Zebrina* immer Stärke enthielten, verschwand die Stärke in den Salzlösungen. Die Erscheinung soll demnächst von anderer Seite genauer studiert werden.

Die Spaltweite wurde gemessen an in Alkohol fixierten Flächenschnitten, und zwar wurde jeweils das Mittel aus 20 Messungen genommen; ein Mikrometerteilstrich ist so viel wie $2,5 \mu$. Dieselben Schnitte wurden, wenn der Stärkegehalt ermittelt werden sollte, in wässrige Jodjodkaliumlösung gebracht.

b) Wirkung von Rohrzuckerlösungen.

Nachdem die hohe Permeabilität der Schließzellen für KNO_3 erkannt war, wurden Plasmolyseversuche mit Rohrzucker gemacht. Diese ergaben zunächst viel niedrigere Werte als die mit Salpeter. Doch handelt es sich dabei nicht nur um das Fehlen des Eindringens des Zuckers ins Plasma, sondern um eine aktive Herabsetzung des osmotischen Wertes der Schließzellen, wohl infolge der Wasserentziehung durch die nicht permeierende Lösung. In einem Versuch lag die plasmolytische Grenzkonzentration nach 5 Min. bei 0,60 GM Rohrzucker, bei Spalten, die vorher 5 Teilstr. weit geöffnet waren, nach 15 Min. schon bei 0,20 GM, nach 60 Min. ebenso; nach 15 Min. hatte entsprechend die Spaltweite in hypotonischen Lösungen auch schon auf 1 Teilstr. abgenommen. Auf Grund dieser Beobachtungen wurde Zucker nie wieder verwendet. Wasserentziehung findet bei Plasmolyse auch statt, wenn KNO_3 oder NaCl das Plasmolytikum ist, aber die erwähnte Wirkung der intrameierenden Salze läßt es nicht zu einer Vermehrung der Stärke kommen, sondern arbeitet auf den umgekehrten Prozeß hin, wenn auch mit, wie es scheint, geringerer Geschwindigkeit. Nicht zu vergessen ist auch die Möglichkeit, daß die Permeabilität des Schließzellenplasma im Zustand größter Spaltenweite höher ist als bei geschlossener Spalte, zum mindesten, wenn der Spaltenschluß durch Verdunklung herbeigeführt ist.

I. Grundversuche an *Zebrina pendula* (*Tradescantia zebrina*).

Auf alle Fälle ist es bei geöffneten Spaltöffnungen sicher recht schwer, genaue osmotische Bestimmungen mit der plasmolytischen Methode auszuführen, und deshalb ist auf feine Abstufung der Lösungen gar kein Wert gelegt worden; vielleicht sind manche der beobachteten Werte auch infolge des Eindringens der Salzlösung zu hoch ausgefallen.

Gleich die ersten Versuche ergaben eine Bestätigung der Angaben Iljins: bei gar nicht sehr hellem Winterwetter übertraf an gut mit Wasser versorgten Topfpflanzen von *Zebrina* der osmotische Wert der Schließzellen den der Epidermis weit, er sank bei Verdunklung rasch, in dem Maße wie die Spalten sich schlossen, und stieg auf Erhellung mit der Erweiterung der Spalten; er war im Licht besonders hoch zu treiben durch Aufenthalt der Pflanzen unter einer feuchten Glocke, fiel rasch auf das Niveau der Epidermis an Blättern, die zum Welken ausgelegt waren, während die Epidermis ihren osmotischen Wert im Lauf einiger Stunden um ein wenig erhöhte, und er blieb dauernd niedrig bei schlechter Wasserversorgung. Die niedrigen Werte sind wegen der groben Abstufung der Lösungen recht ungenau ermittelt. — Hand in Hand mit den Veränderungen des osmotischen Wertes gehen solche des Stärkegehalts; geschlossene Spaltöffnungsapparate enthalten große Stärkekörner in ihren hellgrünen Chromatophoren, die Stärkemenge nimmt ab mit der Öffnung der Spalten, und bei maximaler Öffnungsweite sind oft nur noch Spuren von Stärke vorhanden. Wird Spaltenschluß erzwungen, so erscheint die Stärke auf der Stelle wieder.

Einige Versuche:

1. Wirkung der Verdunklung.

a) Stomata im Licht:	1,5 GM KNO_3 ;	$\frac{1}{4}$ St. dunkel: 0,30;	$\frac{1}{2}$ St. dunkel: 0,15
Spaltweite:	5,0 Teilstr.	2,0	1,2
b) Stomata im Licht:	1,0 GM;	5 St. dunkel: 0,30;	3 Tagedunkel: 0,30
Epidermis:	0,15	0,10	0,10

2. Wirkung der Erhellung unter der Glocke.

$\frac{1}{2}$ St. dunkel:	Stom. 0,50 GM;	Spaltweite 1,8 Teilstr.;	Epid. 0,15 GM
$\frac{1}{2}$ St. hell:	1,95	4,5	0,15

Wiggans hat an demselben Objekt im Licht osmotische Werte bis zu 0,19 GM CaCl_2 , im Dunkeln 0,10 GM gefunden. Der höchste Wert entspricht etwa 11 Atm., während in meinen Versuchen Werte von 1,5 GM KNO_3 gleich etwa 55 Atm. und darüber vorkommen. Das dürfte mit verschieden reichlicher Wasserzufuhr zusammenhängen. Allerdings ist bei dem wenig permeierenden CaCl_2 aber auch die Gefahr, zu hohe plasmolytische Werte zu bekommen, geringer als bei KNO_3 und NaCl .

~~Wiggans hat~~

3. Wirkung des Welkens abgetrennter Blätter im Licht;
Plasmolytikum KNO_3 .

a) Stomata verschiedener Blätter frisch:	0,80 GM	0,50;	0,60;	0,35	
Derselben Blätter welk:	0,30	0,20	0,20	0,15	
b) Stomata: frisch 1,0 GM;	1 St. w. 0,3;	2 St. 0,25;	3 Std. 0,20;	4 St. 0,20;	5 St. 0,25
Spaltweite:	3,3 Teilstr.	1,5	1,2	0,4	0
Epidermis:	0,15 GM	0,15	0,20	0,20	0,20
c) Stomata:	1,0 GM	0,45	0,40	0,25	0,20
Spaltweite:	2,8 Teilstr.	1,7	0,6	0	0
Epidermis:	0,15 GM	0,15	0,25	0,20	0,30
d) Stomata: frisch 1,0 GM;	$\frac{1}{2}$ St. w. 0,50;	1 St. 0,40;	$\frac{1}{2}$ St. 0,30;	2 St. 0,30;	3 St. 0,25
Spaltweite:	2,6 Teilstr.	2,4	2,2	1,5	1,1
Epidermis:	0,10 GM	0,15	0,15	0,15	0,20

Wiggans hat den Einfluß des Welkens nicht studiert.

4. Wirkung der Wasserversorgung auf ganze Topfpflanzen.

a) Topf I trocken gehalten, II sehr feucht gehalten; Bestimmungen mittags an ziemlich trüben, zeitweise etwas sonnigen Januartagen.

1 Tag unter den angegebenen Bedingungen: 4 Tage:

	Stomata	Spaltweite	Epid.	Stomata	Spaltw.	Epid.
I.	0,10 GM NaCl	0 Teilstr.	0,15 GM	0,10 GM	0 Teilstr.	0,25 GM
II.	0,50	2,0	0,15	1,45	3,9	0,20

b) Topf I trocken, II normal feucht, III seit längerer Zeit sehr feucht gehalten. Bestimmungen mittags. Spalten bei I und II fast geschlossen, bei III 4,1—6,2 Teilstr. weit offen. Epidermis bei I 0,30 bis 0,35 GM, bei II 0,10—0,15 GM, bei III 0,10 GM NaCl .

Schließzellen:	15. XII. 19 trüb	16. XII. 19 trüb	14. I. 20 hell
Pflanze I	0,10 GM NaCl	0,10	0,10
II	0,10	0,10	0,35
III	1,55	1,55	2,0

Lange dauernder Aufenthalt im feuchten Raum führte nicht immer, aber doch oft, eine Überdehnung der Schließzellmembranen herbei, sodaß

die Stomata beim Welken und bei Plasmolyse sich nicht mehr ganz zu schließen vermochten. Dasselbe hat Bergen (1909) von Keimpflanzen berichtet.

5. Gleichzeitige Wirkung von Welken und starker Belichtung.

20. Juli 1920.

Blatt frisch von der Pflanze: Schließz. 1,0 GM NaCl; Spaltw. 5,2 Teilstr.
 1/2 St. in der Sonne gewelkt: „ 0,50 GM „ 3,5

6. Wirkung übermäßiger Wasserzufuhr.

Die Angaben über den Erfolg, den das Einlegen von Schnitten in Wasser auf die Spaltweite hat, gehen weit auseinander. Am häufigsten sind die Beobachtungen, daß geöffnete Spalten in Wasser sich zunächst schließen, um nach längerer Zeit sich wieder zu öffnen; gelegentlich ist beim Einlegen welker Blätter in Wasser auch vorübergehende Öffnung vorher geschlossener Spalten gefunden worden (*Amaryllis* nach Mohl, zitiert bei Pfeffer 1897, S. 173). Bei *Zebrina* schlossen sich geöffnete Spalten in Wasser ebenso sicher und rasch, meist in 1/2 Std., wie bei Verdunklung und bei Welken, und dabei vermehrte sich die Stärke in den Schließzellen in der augenfälligsten Weise. Derselbe Erfolg stellte sich ein, wenn ganze Blätter unter der Luftpumpe mit Wasser injiziert wurden, langsamer, wenn abgetrennte Blätter einfach in Wasser untergetaucht wurden; durch Wundreiz ist also die Reaktion an Schnitten wohl nicht bedingt¹⁾. Der osmotische Wert der Schließzellen fiel dabei ebenfalls wie beim Welken, z. B. von 1,0 GM KNO₃ auf 0,4, von 1,60 auf 0,25, von 0,70 auf 0,20, von 0,60 auf 0,20. — Als dieselben Versuche später mit *Paeonia officinalis* wiederholt wurden, sank der osmotische Wert von 0,90 auf 0,50—0,30 GM NaCl.

Der Zustand der Stärkearmut und des hohen Turgordrucks scheint also in den Schließzellen sehr labil zu sein: durch die verschiedenartigsten Reizanstöße wird die Regeneration der Stärke aus den mutmaßlichen Hydrolyseprodukten und die Senkung des osmotischen Werts veranlaßt, durch Lichtentzug, durch Wasserentziehung und durch übermäßige Wasserzufuhr. Wenn starke Beleuchtung und Wasserverlust gegeneinander arbeiten, so siegt der Einfluß der Wasserentziehung, was ökologisch, als Anpassung, wohl zu verstehen ist, kausal noch der Aufklärung bedarf.

An Epidermisstücken, die in Wasser liegen, bleiben die Schließzellen der Stomata oft viel länger als die übrigen Epidermiszellen am Leben (Leitgeb, Hagen, Linsbauer 1918), und dabei nehmen die Schließzellen oft, indem sie sich sehr stark, mitunter bis zur Ringform krümmen, die seltsamsten Gestalten an. Solches beschreibt Leitgeb von den Spaltöffnungen an Blütenhüllblättern, und ich selber habe

1) Linsbauer (1916, S. 105) hat bei *Hartwegia comosa* Öffnung der Spalten in der Nähe von Blattwunden beobachtet.

die Erscheinung am Perigon von *Veltheimia viridiflora*, *Aloë Schimperii*, *Clivia nobilis* gesehen. Eine Turgorzunahme, wie Leitgeb meint, findet hier in den Schließzellen nicht statt; bei *Veltheimia* z. B. werden stark verzerrte Schließzellen schon durch 0,10 GM NaCl kräftig plasmolysiert. Die Beobachtung Hagens (S. 271), daß Spaltöffnungen von *Tradescantia*, die in einer verfaulten Epidermis noch leben und dabei „unnatürlich weit offen“ sind, reichlich Stärke führen, stimmt damit überein; wenn mit der Zeit die Stärke durch Wachstum und Atmung aufgezehrt wird (Leitgeb), so ist das nicht zu verwundern, falls nicht durch Photosynthese in den Schließzellen Ersatz geschaffen wird. Die Schließzellen erhalten dadurch, daß der Gegendruck der Nachbarzellen wegfällt, Gelegenheit, die Spalte zunächst weit zu öffnen; dann dehnen sich ihre Membranen mehr und mehr, und augenscheinlich findet sogar noch Wachstum des ganz selbständig gewordenen Zellenpaares statt. Mit der Erfahrung, daß übermäßige Wasserzufuhr den Turgordruck der Schließzellen auf das Minimum heruntersetzt, steht also die Erscheinung der Überdehnung durchaus nicht im Widerspruch.

Nach Molisch (1921) verlieren abgeschnittene Laubblätter ihre Stärke viel rascher, wenn sie Gelegenheit haben zu welken, als wenn sie im feuchten Raum turgescient bleiben. Die Regeneration der Stärke in den Schließzellen welkender Blätter ist also eine besondere, den Spaltöffnungen eigene und im Dienst ihrer Funktion stehende Anpassung. Mit dem Verschwinden der Stärke außerhalb der Schließzellen beim Welken könnte aber die Steigerung des osmotischen Werts in der Epidermis zusammenhängen, die sich beim Welken oft einzustellen scheint.

Jedenfalls sind die Reaktionen der Schließzellen typische Reizerscheinungen. Den Ausführungen Iljins und Linsbauers (1916, 1918) ist hier nichts hinzuzufügen.

7. Osmotischer Wert und Stärkegehalt der Schließzellen.

Seit Lloyd und Rosing nimmt man an, daß die Turgorsteigerung in sich öffnenden Spaltöffnungsapparaten bei gleichzeitiger Abnahme der Stärkemenge durch Hydrolyse der Stärke hervorgerufen wird. Hagen (S. 272) hat bei *Tradescantia virginica* auf mikrochemischem Weg direkt nachgewiesen, daß mit dem Verschwinden der Stärke reduzierender Zucker auftritt.

Vorausgesetzt, die Stärke werde bei *Zebrina* in Glukose umgewandelt, fragte es sich, ob die beobachteten Turgorsteigerungen zahlenmäßig mit den verfügbaren Stärkemengen im Einklang stehen. Die mit vielen Unsicherheiten behaftete Schätzung der Volumina von Zellsaft und Stärkekörnern ließ Übereinstimmung der beobachteten und der berechneten Steigerungen des osmotischen Werts wenigstens nach der Größenordnung erkennen. Weiter unten wird zu berichten sein, daß auch in Spaltöffnungen, die nie Stärke besitzen, der osmotische Wert zwischen weiten

Grenzen verändert wird. Es ist also wohl möglich, daß auch in Stärkeblättern die sichtbare Hydrolyse der Stärke nur einer der Vorgänge ist, mit deren Hilfe die Turgorsteigerung herbeigeführt wird.

II. Versuche mit *Avena sativa*.

In Töpfen gezogene Hafer-Keimpflanzen zeigten ganz ähnliche osmotische Werte wie *Zebrina* und dieselbe Regulation in den Schließzellen bei Verdunklung und beim Welken. Unter der Glocke feucht gehaltenen Blätter gaben an einem trüben Januartag folgende plasmolytische Werte: in den Schließzellen 0,55 GM NaCl, in der Epidermis 0,10; offen im Gewächshaus gezogene Blätter hatten in beiderlei Zellen 0,30 GM. Der erste Topf zeigte bei sonnigem Wetter an mehreren Mittagen in den Schließzellen die Werte: 1,25, 1,75, 1,70, 1,80 GM NaCl, bei Spaltweiten von 2,4—3,1 Teilstrichen; in der Epidermis blieb der Wert bei 0,10. Beim Welken eines abgetrennten Blattes fiel der Wert in $\frac{1}{2}$ Std. von 1,70 auf 0,15, bei Verdunklung eines ganzen Topfes in $\frac{1}{2}$ Std. von 1,80 auf 0,50 GM.

III. Freilandpflanzen: Stauden und Holzgewächse.

Die ersten kleinen Stauden, die im März 1920 ihre Blätter und Blüten entfalteten, zeigten das gleiche Verhalten wie die Topfpflanzen von *Zebrina* und *Avena*, und nicht anders war es mit größeren Stauden und mit Holzgewächsen im Frühjahr und im Sommer. In der Sonne stieg der osmotische Wert der Schließzellen weit über den der Epidermis, Verdunklung und Welken setzte ihn rasch herab, bei trübem Wetter blieb er auch mittags niedrig, entsprechend der geringen Öffnungsweite. Schwankungen im Stärkegehalt waren meist deutlich. Es genügt, die beobachteten Maxima und Minima der osmotischen Werte mitzuteilen.

	Stomata max.	Stomata min.	Epidermis
<i>Galanthus Elwesii</i>	0,75 GM NaCl	0,30	0,15—0,30
<i>Chionodoxa Lucilliae</i>	0,65	0,20	0,15—0,25
<i>Primula denticulata</i>	0,60	0,30(0,15)	0,25(0,15)
<i>Arabis alpina</i>	0,55	0,25	0,35—0,15
<i>Paeonia officinalis</i>	1,0	0,35	0,40—0,20
<i>Gentiana lutea</i>	1,35	0,70—0,35	0,50—0,30
<i>Betula alba</i>	0,90	0,40(0,20)	0,25—0,20
<i>Syringa vulgaris</i>	1,40	0,55	0,45—0,70
<i>Forsythia suspensa</i>	1,0	0,40	0,35—0,45
<i>Hedera helix</i>	1,0	0,45	0,40—0,45
<i>Parthenocissus radi-</i>			
<i>cantissima</i>	0,70	0,30—0,20	0,20—0,30
<i>Vinca minor</i>	1,05	0,50	0,40
<i>Mahonia aquifolium</i>	0,95	0,40	?

Vor allem für die Holzgewächse ist hervorzuheben, daß an sonnigen warmen Sommertagen (im Juli und August) die höchsten osmotischen Werte am Morgen zu finden sind, ein beträchtlicher Abfall gegen Mittag stattfindet und mitunter wieder eine leichte Hebung am Nachmittag

eintritt; schon Iljin ist bei seinen Objekten auf dieselbe Erscheinung gestoßen, und in einem Versuch von Wiggans an *Cyclamen* ist sie ebenfalls zu finden.

	7 ^h 30' a. m.	11 ^h 30' a. m.	2 ^h 30' p. m.	6 ^h p. m.
Betula	0,90	0,55	0,50	0,40
Syringa	1,40	1,15	1,00	1,00
Forsythia	1,0	0,90	0,80	0,40
Hedera	1,0	0,35	0,45	0,40
Parthenocissus	0,70	0,30	0,25	0,40

Denselben Gang hat Livingston für die „relative Transpiration“ bei entsprechenden Bedingungen regelmäßig beobachtet, und es ist jetzt erwiesen, daß die mittägige Depression der relativen Transpiration mindestens zum Teil auf aktiver Herabsetzung des osmotischen Werts der Schließzellen beruht.

IV. Abweichende Typen: Sumpf- und Wasserpflanzen, *Eranthis*.

Bei Pflanzen sehr feuchter Standorte ist vielfach mangelhafte Fähigkeit des Spaltenschlusses beobachtet worden. Wenn die Angaben verschiedener Autoren auseinandergehen, so rührt das wohl von hoher Variabilität der betreffenden Funktionen her. In eignen Untersuchungen verhielten sich noch ziemlich normal *Calla*, *Alisma*; ungewöhnlich war die große Unregelmäßigkeit der plasmolytischen Grenzkonzentration bei den offenen Spaltöffnungsapparaten eines und desselben Epidermistücks. Bei den Schwimmblättern von *Nymphaea* und *Limnanthemum* ergab sich, daß tatsächlich die Spaltweite sich auf Verdunklung und beim Welken wenig und langsam verändert und dementsprechend die Schwankungen des osmotischen Werts und des Stärkegehalts sehr geringfügig ausfallen. Das Verhalten von *Potamogeton natans* ähnelt dem von *Nymphaea*. Auf Verdunklung verengern sich die Spalten sehr langsam und schließen sich zuletzt fast ganz. Der plasmolytische Wert fiel von 0,70 GM in 3 Std. auf 0,60; in 2 Std. auf 0,55; von 0,65 über Nacht auf 0,55. Auch beim Welkenlassen abgetrennter Blätter ist die Erniedrigung des osmotischen Werts kaum bemerkbar, die Spalten bleiben weit geöffnet, ja sie erweitern sich sogar noch; davon unten mehr.

	Stom. max.	Stom. min.	Epid.
<i>Calla palustris</i>	0,45—0,80	0,20	0,20 g NaCl
<i>Alisma plantago</i> , Luftblätter	0,45—0,80	0,20	0,20—0,30
<i>Nymphaea alba</i> , Schwimmblätter	0,55—0,50	0,45	0,20—0,25
<i>Limnanthemum nymphaeoides</i> Schwimmblätter	0,45	0,30	0,30
<i>Potamogeton natans</i> Schwimmblätter	0,65—0,70	0,55	0,30—0,35

Nach Leitgeb und Darwin schließt sich *Eranthis* an die Sumpfpflanzen an, was die Trägheit der Spaltöffnungsbewegungen betrifft. Die Hochblätter von *Eranthis cilicica* hatten zur Blütezeit Spaltöffnungsapparate recht verschiedenen Entwicklungszustands nebeneinander.

In kleineren, noch nicht fertig ausgebildeten Schließzellen war der osmotische Wert in der Sonne nicht höher als 0,35 GM NaCl, er fiel im Dunkeln auf 0,30, beim Welken auf 0,25, aber recht langsam. Ausgewachsene Schließzellen hatten osmotische Werte gleich 0,40 GM NaCl, im Dunkeln 0,35, in welchem Zustand 0,25. Der Kochsalzwert der Epidermis wurde im Licht und im Dunkeln immer zu 0,25 GM bestimmt, nach dem Welken zu 0,30. Dem trägen Spiel des stomataren Apparats entspricht also langsame und geringfügige Änderung des Turgordrucks.

V. Die Bedeutung der Nebenzellen.

Viel umstritten ist bis in die neueste Zeit die Rolle, die den Nebenzellen, besonders wenn sie typisch differenziert sind, bei der Bewegungstätigkeit der Spaltöffnungsapparate zukommt. Die Literatur ist bei Hagen referiert (S. 284 ff.; Benecke, Botan. Zeit. 1892, fehlt). Hagen selber findet bei gewissen wintergrünen Blättern im Winter mehr Zucker in den Neben- als in den Schließzellen und folgert daraus eine aktive Mitwirkung der Nebenzellen beim dichten Schluß der Spalten. Die Bestimmung des osmotischen Werts ist ihm aber nicht geglückt und ein zwingender Beweis für seine Annahme fehlt deshalb. Die sichere Entscheidung kann eben nur die Ermittlung der Verhältnisse des Turgordrucks bringen; alle früheren Ausführungen beruhen auf Vermutungen.

Zebrina pendula. Bei unserem ersten Objekt sind 2 Paar Nebenzellen ausgebildet; sie unterscheiden sich in der Größe nicht viel von den übrigen Epidermiszellen und schließen sich an diese auch in bezug auf die Unveränderlichkeit des osmotischen Werts an.

Plumbaginaceen. Bei *Armeria latifolia* war der osmotische Wert der Schließzellen 9 Uhr morgens bei sonnigem Wetter 0,70 GM NaCl, fiel beim Welken in $\frac{1}{4}$ Std. auf 0,55, bei Verdunklung in mehreren Stunden auf 0,30 GM. Die Nebenzellen verhielten sich ganz und gar wie die übrigen Epidermiszellen; in beiden war der Kochsalzwert in der Sonne 0,35, nach dem Welken 0,45, nach langer Verdunklung 0,30 GM.

Statice tatarica, genau gleich behandelt. Schließzellen 0,90 GM, welk 0,55, verdunkelt 0,35. Neben- und Epidermiszellen 0,35, welk 0,45, verdunkelt 0,30 GM.

Crassulaceen. Bei warmem sonnigem Juliwetter waren an *Sedum spectabile* und *Sempervivum tectorum* um 7 Uhr 30 Min. a. m. und um 11 Uhr a. m. nur fast geschlossene Spalten zu finden, der osmotische Wert in allen Zellen der Epidermis 0,20 GM NaCl. Bei kühlem regnerischem Wetter waren die Spalten um 7 Uhr 30 Min. a. m. teilweise weit geöffnet, ihr osmotischer Wert schwankte je nach dem Alter der Stomata zwischen 0,80 und 0,25 GM, in den Nebenzellen und der übrigen Epidermis war der plasmolytische Wert 0,20 GM.

Sedum Selskianum. Kochsalzwert im Freien morgens in den Schließzellen 0,45—0,25 GM, in der Epidermis 0,15. Nach 14 tägigem

Aufenthalt unter der feuchten Glocke morgens in der Sonne etwas über 1 bzw. 0,15 GM; dieselben Blätter nach 1 Std. Welken 0,25 bzw. 0,15 GM.

Auffällig ist, daß bei heiterem warmem Wetter die Spalten auch morgens 7 Uhr 30 Min. kaum geöffnet sind; Besonderheiten der Spaltöffnungstätigkeit sind ja bei den Sukkulenten mit ihrer nächtlichen Säurebildung nicht neu.

Potamogeton natans. Von dieser Pflanze ist schon berichtet, daß, wie schon Leitgeb beobachtet hat, beim raschen Welken des Schwimmblattes die Stomata sich weit öffnen; sie bleiben so, bis das Blatt vertrocknet. Die schmalen Nebenzellen haben zarte Wände und scheinen sehr empfindlich gegen starken Wasserverlust zu sein, denn an gewelkten Blättern war Plasmolyse in ihnen nicht festzustellen. Solange das Blatt frisch ist, besitzen Nebenzellen und übrige Epidermiszellen denselben osmotischen Wert, gleich 0,30—0,35 GM NaCl, während die Schließzellen erst bei 0,70—0,65 GM im Licht, bei 0,60 GM nach 1 stündigem Welken, bei 0,55 GM nach längerer Verdunklung plasmolysiert werden. Das ungewöhnliche Verhalten beim Welken ist also jetzt verständlich: die Schließzellen behalten ihren hohen Turgordruck, die Nebenzellen sterben ab, und so muß die Spalte klaffen.

In den untersuchten Fällen ist also von einer aktiven Beteiligung der Nebenzellen am Spiel der Stomata nichts zu finden gewesen. Die Nebenzellen verhalten sich durchaus passiv, wie die übrigen Epidermiszellen; höchstens am welkenden Organ hilft die Epidermis beim Spaltenschluß durch Überdruck mit.

VI. Saccharophylle: Arten von *Allium*.

Unter den Saccharophyllen, die im Chlorophyllparenchym des Blattes keine Stärke bilden, gibt es verschiedene, die trotzdem in den Schließzellen der Stomata Stärke führen. Diese, wie *Tulipa Gesneriana*, *Colchicum autumnale*, *Cypripedium calceolus*, haben im Mechanismus der Spaltöffnungsapparate keine Besonderheiten. Vollkommen stärkefrei fand ich, wie Hagen (S. 270), die Schließzellen bei *Allium schoenoprasum*, *A. ursinum*, *A. porrum*. Die Stomata sind normal beweglich, der osmotische Wert der Schließzellen ist höher bei geöffneter als bei geschlossener Spalte. Bei sonnigem Wetter im Garten gepflückte Blätter zeigten bei allen 3 Arten ziemlich niedrige plasmolytische Werte, 0,35, 0,35, 0,40 GM NaCl in den Schließzellen der wenig geöffneten Stomata, 0,25, 0,20, 0,25 GM in der Epidermis; beim Welken und bei Verdunklung sank der osmotische Wert der Schließzellen auf 0,20, 0,20, 0,30 GM. Durch 14 tägige Kultur unter einer Glocke bei sehr guter Bewässerung konnte aber bei *A. schoenoprasum* der osmotische Wert in den Schließzellen im hellen Licht auf 1 GM NaCl und darüber hinaufgetrieben werden; bei Verdunklung der Blätter an der Pflanze und beim Welken abgeschnittener Blätter fiel der Kochsalzwert auf 0,40—0,25 GM, ebenso beim Einlegen von Schnitten in Wasser. Stärke war auch hier in den Schließzellen der geschlossenen Stomata nicht zu finden. In der Epi-

dermis war die plasmolytische Grenzkonzentration nicht höher als bei den Freilandpflanzen.

Auf welche Weise hier, beim Fehlen von Stärke, der Turgordruck der Schließzellen erhöht wird, wenn die Spalten sich öffnen, ist ganz unklar. Übergang von Disaccharid in Monosaccharid, woran Linsbauer denkt (1918, S. 100) könnte den Turgordruck nur verdoppeln, wenn dieser ganz und gar durch Zucker zustande käme; aber Hagen (S. 270) will Glukose schon in geschlossenen Spalten gefunden haben!

VII. Wasserspalten.

Von den Wasserspalten ist bekannt, daß sie teilweise ebensowohl verschlußfähig sind wie die Luftspalten, teilweise ganz unbeweglich, und daß alle Übergänge zwischen den Extremen vorkommen (vgl. z. B. Neumann-Reichardt). Für mich handelte es sich darum bei gut beweglichen Typen die Art der Reizbarkeit und etwaige Schwankungen des osmotischen Werts festzustellen.

Untersucht wurden *Alchemilla vulgaris*, *Impatiens Holstii*, *Impatiens noli tangere*, *Tropaeolum majus*, meist an Freilandexemplaren, nur *Impatiens Holstii* ganz und *Tropaeolum* teilweise an Topfpflanzen. Bei *Tropaeolum* sind die Wasserspalten größer als die Luftspalten und liegen zu wenigen in den Kerben des Blattrands, bei *Alchemilla* und *Impatiens* sind sie sehr klein und in größerer Zahl auf den Blättzähnen untergebracht. Gemeinsam ist allen 4 Typen der Schluß der Hydathoden beim Welken abgeschnittener Blätter. Der osmotische Wert der Schließzellen wird dabei herabgesetzt, z. B. bei *Impatiens Holstii* von 1,15 GM NaCl in $\frac{1}{4}$ Std. auf 0,60, von 0,70 auf 0,20, bei *Tropaeolum* von 0,75 auf 0,25 GM. Schon Verminderung der Wasserzufuhr veranlaßt bewurzelte Pflanzen zur Senkung des Turgordrucks in den Schließzellen der Wasserspalten; während z. B. bei *Tropaeolum* der osmotische Wert an einer unter der Glocke gehaltenen Pflanze 0,90—1,0 GM NaCl betrug, zeigte eine daneben ziemlich trocken kultivierte Pflanze 0,35 GM; *Impatiens noli tangere* hatte am frühen Morgen, bei schwacher Guttation, einen Kochsalzwert von 0,50, am Nachmittag, nach Aufhören der Guttation, 0,35 GM; bei *Alchemilla* sank der osmotische Wert schon zwischen 7 Uhr 30 Min. und 9 Uhr a. m. von 0,50 auf 0,30 GM.

Auf Wasserinjektion des Blattes reagierten offene Hydathoden von *Tropaeolum* (die anderen Objekte wurden nicht geprüft) nicht mit Schluß, und dementsprechend war auch keine Erniedrigung des osmotischen Werts zu finden: unter der Glocke im Licht guttierende Spalten geben Werte von 1,0—0,5 GM NaCl, nach Wasserinjektion 1,0—0,3; die niedrigen Werte wurden an kleineren Spalten mit geringer Öffnungsweite gefunden. Daß sehr reichliche Wasserzufuhr, wie sie zur Zeit der Tätigkeit der Wasserspalten immer gegeben ist, hier keinen Schluß herbeiführt, anders als bei den Luftspalten — in dem Versuch mit *Tropaeolum* sank der osmotische Wert in den Schließzellen der Luftspalten bei Injektion des Blattes von 0,60 auf 0,30 GM

NaCl —, erscheint als zweckmäßige Abweichung des Verhaltens der Wasser- von dem der Luftspalten. Durch Welken zum Schluß gebrachte Spalten öffneten sich aber nicht wieder, als die Schnitte in Wasser eingelegt wurden.

Dem Lichtwechsel gegenüber verhielten sich die 4 Objekte ungleich. Bei *Tropaeolum* antworteten die großen Wasserspalten über den Nervenendigungen des Blattrandes auf Verdunklung nicht mit Herabsetzung des osmotischen Werts und Verengung; an unter der Glocke gehaltenen, guttierenden Blättern war der Wert im Licht 0,75 GM NaCl, dunkel 0,85; im hellen Licht 0,90, dunkel 1,0 GM; im hellen Licht im Freien unter der Glocke 0,9, über Nacht verdunkelt 0,9 GM. Die Luftspalten derselben Blätter dagegen waren durch Verdunklung normal reizbar; der Kochsalzwert fiel in einem Fall von 1,0 auf 0,30 GM. Die kleineren Nebenhydathoden schließen sich in ihrem Verhalten mehr an die Luftspalten an, setzen den osmotischen Wert im Dunkeln deutlich herunter, z. B. von 0,6 auf 0,4 GM NaCl.

Bei den 3 übrigen Pflanzen wirkte Verdunklung auf die Wasserspalten ebenso wie auf die Luftspalten: die Spaltweite wird vermindert, der Turgordruck erniedrigt. Bei *Alchemilla* war an einem trüben regnerischen Tag morgens 7 Uhr 30 Min. der osmotische Wert der mäßig weit geöffneten, guttierenden Hydathoden 0,70 GM, nach 2½ stündiger Verdunklung waren die Spalten fast geschlossen, ohne daß die Guttation aufgehört hätte, und der osmotische Wert auf 0,30 GM gefallen; um 5 Uhr nachmittags, bei Sonnenschein, lag der osmotische Wert im Licht wieder höher, bei 0,40 GM, die Guttation hatte aufgehört. Ein paar Tage später wurde die Pflanze am Morgen dunkel gehalten, um 8 Uhr wurde der osmotische Wert zu 0,40 GM bestimmt, dann nach 2stündigem Aufenthalt im trüben Licht des regnerischen Tages, bei dauernder Guttation, zu 0,50 GM.

Impatiens Holstii. Pflanze über Nacht unter Dunkelsturz gehalten, Spalten 8 Uhr a. m. fast geschlossen, osmotischer Wert 0,30 GM; jetzt unter der Glocke hell gestellt, 3 Uhr 15 Min. p. m. Spalten weit auf, osmotischer Wert 0,80 GM; wieder verdunkelt, nach 1 Std. die Spalten fast geschlossen, osmotischer Wert 0,40 GM.

Impatiens nobil tangere. 2 Pflanzen über Nacht unter Glocken gehalten, die eine noch mit Dunkelsturz überdeckt. Am Morgen die Spalten der vom Licht getroffenen Pflanze gut geöffnet, mit einem osmotischen Wert von 0,70—0,50 GM, die Spalten der dunkel gehaltenen enger, ihr osmotischer Wert 0,40—0,30 GM NaCl.

Andere Versuche hatten ganz entsprechende Ergebnisse. Was die höchsten und die niedrigsten osmotischen Werte betrifft, so verhielten sich Luft- und Wasserspalten ziemlich gleich. Schwankungen des Stärkegehalts waren in beiden mitunter, aber nicht immer deutlich.

Daß bewegliche Wasserspalten sich bei schlechter Wasserversorgung der Gewebe schließen, wie die Luftspalten, erscheint durchaus zweckmäßig; diese Art der Reaktionsfähigkeit war auch bei allen 4 Ob-

jekten anzutreffen. Lichtreizbarkeit der Wasserspalten dagegen, in dem Sinn, daß die größte Spaltweite in hellem Licht erreicht wird und im Dunkeln der Porus sich verengert, ist ein überflüssiges, von den Luftspalten her überkommenes Erbstück. Tatsächlich ist diese Eigenschaft auch nur bei *Alchemilla* und *Impatiens* erhalten, während bei *Tropaeolum* die großen Wasserspalten, gute Wasserversorgung vorausgesetzt, Tag und Nacht weit geöffnet stehen. Als schädlich kann die Verengung der Spalten zur Nachtzeit, also zu der Zeit, in der sie hauptsächlich funktionieren, nicht betrachtet werden, weil auch die verengerten Poren augenscheinlich genügen, die geringen aus den Gefäßen austretenden Wassermengen abzuführen.

Die größten Wasserspalten von *Tropaeolum* haben manchmal einen mächtig weiten, fast kreisrunden Porus und vermögen sich dann auch beim Welken nicht mehr zu schließen. Ähnliches ist von vielen anderen Pflanzen bekannt. Das Bild erinnert an die überlebenden Spaltöffnungen in abgestorbenen Blumenblattepidermen, und Neumann-Reichardt vergleicht die beiden Erscheinungen auch miteinander. Gemeinsam ist tatsächlich die Überdehnung der Membranen und die Fixierung dieser Dehnung durch Wachstum. Aber die Schließzellen der Wasserspalten vermögen sich innerhalb der lebenden Epidermis so breit zu machen, weil sie ihren osmotischen Wert dauernd sehr hoch halten, weit über dem der Nachbarzellen; in Epidermen dagegen, die in Wasser liegend absterben, ist der osmotische Wert der Schließzellen auf seinen tiefsten Stand gesunken und die Ausdehnung trotzdem möglich, weil jeder Gegendruck fehlt. Ob die starr gewordenen Schließzellen der verzerrten Wasserspalten den hohen Turgordruck beibehalten, ist nicht geprüft worden.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die von Iljin an Steppenpflanzen gemachte Beobachtung, daß mit dem Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen beträchtliche Veränderungen des osmotischen Werts der Schließzellen einhergehen, wird für eine größere Zahl im Garten kultivierter Pflanzen bestätigt.

Die höchsten osmotischen Werte sind in hellem Licht und bei guter Wasserversorgung zu finden; die plasmolytischen Grenzkonzentrationen entsprechen nicht selten einer Normallösung von NaCl (= 45 Atm.), so bei *Paeonia*, *Betula*, *Syringa*, *Forsythia*, *Hedera*, *Vinca*, und bei *Zebrina pendula* sind unter Glasglocken sogar Werte gleich 2 GM NaCl (90 Atm.) beobachtet worden. In den Epidermiszellen liegt der osmotische Wert beträchtlich tiefer; bei *Zebrina* z. B. entspricht er 0,15 GM NaCl (7 Atm.).

Wenn auf Verdunklung hin Verengung und zuletzt Schluß der Spalten eintritt, so geht damit Hand in Hand eine Herabsetzung des osmotischen Werts der Schließzellen.

Ebenso wie Verdunklung wirkt Wasserentziehung, wie sie durch Welkenlassen abgetrennter Blätter oder durch Behandlung von Schnitten mit Zuckerlösung herbeigeführt wird. Am natürlichen Standort tritt in den Mittagstunden warmer Sommertage oft eine vorübergehende Sen-

kung des osmotischen Werts ein, die zu der seit lange bekannten Erniedrigung der relativen Transpiration führt. Der Spaltenschluß bei Wassermangel ist also ebenso ein Reizvorgang wie die Reaktion auf Verdunklung.

Das Minimum des osmotischen Werts der Schließzellen ist im Dunkeln bei guter Wasserversorgung gleich dem osmotischen Wert der Epidermiszellen. Bei längerem Welksein liegt der osmotische Wert der Schließzellen etwas unter dem der Epidermiszellen, weil diese ihren osmotischen Wert etwas erhöhen.

zufälligerweise antworten die Schließzellen auch auf übermäßige Wasserzufuhr — Einlegen von Schnitten in Wasser, Injektion der Blätter mit Wasser — mit einer Senkung des osmotischen Werts auf das Minimum.

Wenn an Schnitten, die tagelang in Wasser liegen, die Stomata sich nachträglich öffnen, so beruht das nicht auf einer Wiedererhöhung des osmotischen Druckes der Schließzellen, sondern auf der Aufhebung des Gegendrucks der absterbenden Epidermiszellen.

Bei den Amylophyllen geht mit dem Steigen des osmotischen Werts eine Auflösung der Schließzellenstärke Hand in Hand, eine Regeneration der Stärke mit jeder Herabsetzung des osmotischen Werts. Bei den saccharophyllen *Allium*-Arten erfolgen fast ebenso beträchtliche Schwankungen des osmotischen Werts ohne Auftreten und Verschwinden von Stärke auf noch ganz unbekanntem Weg.

Durch geringere Geschwindigkeit der Reaktion unterscheiden sich vom gewöhnlichen Typus die Spaltöffnungsapparate der Wasserpflanzen und der viel untersuchten *Eranthis*. Die blattsukkulente Crassulaceen zeigen am natürlichen Standort geringe stomatare Öffnungsweiten und dementsprechend geringe Schwankungen des osmotischen Werts, vermögen aber im feuchten Raum doch ansehnliche Turgordrucke in den Schließzellen zu erzeugen.

Wo typische Nebenzellen ausgebildet sind, verhalten sie sich beim Spiel der Spaltöffnungen durchaus passiv. Ihr osmotischer Wert ist nicht variabel und schließt sich an den der übrigen Epidermis an.

Die Schließzellen der untersuchten Wasserspalten antworten auf Wasserentziehung im selben Sinn wie die der Luftspalten. Dem Lichtwechsel gegenüber verhalten sich die Wasserspalten verschiedener Objekte verschieden: die von *Tropaeolum* haben die Lichtreizbarkeit eingebüßt, die von *Alchemilla* und *Impatiens* dagegen verengern sich im Dunkeln, also zur Zeit der stärksten Guttation, beträchtlich. Die Veränderungen der Spaltweite beruhen auch bei den Wasserspalten auf Veränderungen des osmotischen Werts.

Literatur-Auswahl.

- J. G. Bergen, The modifiability of transpiration in young seedlings Bot. Gaz. 1909, 48.
 F. Hagen, Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates. Beiträge zur allgem. Bot. 1916, I.
 W. S. Iljin, Die Regulierung der Spaltöffnungen im Zusammenhange mit der Veränderung des osmotischen Druckes. Beih. z. Bot. Cbl. 1915, 1. Abt., 32.

- W. Leitgeb, Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsapparate. Mitteil. a. d. bot. Inst. Graz 1888, 1.
- K. Linsbauer, Beiträge zur Kenntnis der Spaltöffnungsbewegungen. Flora. 1916/17. 109.
- Derselbe, Über die Physiologie der Spaltöffnungen. Die Naturwissenschaften 1918. 6.
- F. E. Lloyd, The physiology of stomata. Carnegie Inst. of Washington. 1908. Publ. n. 82.
- H. Molisch, Über den Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. Ber. d. D. Bot. Ges. 1921. 39.
- F. Neumann-Reichardt, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über Wasserspalten. Beitr. z. allgem. Bot. 1917. 1.
- M. Rosing, Der Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen offener und geschlossener Spaltöffnungen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1908. 26a.
- R. G. Wiggans, Variations in the osmotic concentration of the guard cells during the opening and closing of stomata. Americ. Journ. of Bot. 1921. 8. Ref. Zeitschr. für Bot. 1921. 13.

Studien über organische Regulation. II.

Die Einschmelzung des Schwanzes der Froschlarven.

Von H. C. van der Heyde.

Aus der Abteilung für Physiologie und physiologische Chemie der West Virginia University Medical School. Morgantown. W. Va. U. S. A.

Einleitung. Die Lösung des Problems der Involution des Kaulquappenschwanzes ist von sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus versucht worden. Wie in den meisten biologischen Problemen hat man die anatomische Seite der Frage ausführlicher studiert als die physiologische. Die Annahme, daß diese besondere Stufe der Entwicklung des Frosches eine Rekapitulation darstellt der fischähnlichen Vorfahren der Amphibien und das histologische Studium des Schwanzes während der Resorption, können uns keinerlei Aufschluß geben über die dynamische Frage, über die Art, in der das Material resorbiert wird und was aus dem resorbierten Materiale wird. Und obwohl das Vorkommen von vielen Leukozyten in dem einschmelzenden Schwanze an sich schon interessant ist, so gibt es uns doch keinen Beweis für die Annahme, daß sie der einzige oder sogar der Hauptfaktor bei der Resorption sind und keinen Aufschluß über die Rolle, die sie spielen.

Atrophie von Organen wird überall in der Natur gefunden und ein vergleichendes Studium der Resorptionsprozesse in allen diesen Fällen ist ein sehr reizendes und nahezu unberührtes Problem für den vergleichenden Physiologen. Wenn *Ascidia* sich festsetzt, resorbiert sie viele ihrer Organe, sogar Teile des Nervensystems. Dasselbe findet statt bei vielen anderen sessilen Tieren und vielen Larvenformen. Wenn, *facile princeps*, *Sacculina* parasitisch wird, werden beinahe alle Organe resorbiert.

Eine Sonderstellung nehmen die zahlreichen Fälle pathologischer Atrophie ein und es wird sehr interessant sein zu verfolgen, ob die Degeneration eines Muskels, dessen motorischer Nerv abgeschnitten ist, oder die sogenannte gelbe Atrophie des Lebers, die man künstlich kann

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Steinberger Anna-Luise

Artikel/Article: [Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schliesszellen von Luft- und Wasserspalten. 406-419](#)