

Literaturverzeichnis.

- L ä m m e r m a y r L., Legföhrenwald und Grünerlengebüsch. Denkschriften d. Akad. d. Wiss. Wien, 1919.
 — — Botanische Notizen aus Steiermark. Ö. b. Z., 1920.
 N e v o l e J., Die Zirbe in der österreichisch-ungarischen Monarchie. Naturw. Monatschrift, 1912, Nr. 33.
 V i e r h a p p e r F., Zirbe und Bergkiefer in unseren Alpen. D. u. Ö. A. V., 1915/16.
 — — Zur Kenntnis der Verbreitung der Bergkiefer in den östlichen Zentralalpen. Ö. b. Z., 1914.
 W i e s n e r J., Der Lichtgenuß der Pflanzen, 1907.

Osmotische Untersuchungen an Trichomen.

Von **Josef Oberth** (Mediasch).

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der Universität Graz.)

(Mit 2 Textabbildungen)

1. Einleitung.

Unter den Trichomen, die an Mannigfaltigkeit der Gestaltung alle übrigen Zellenarten bei weitem übertreffen, kennen wir einige wenige Typen, denen wir eine bestimmte ernährungsphysiologische Rolle zuschreiben können, wie etwa die absorbierenden, sezernierenden und wasserspeichernden Haare. Für die große Mehrzahl der Trichome ist jedoch keine derartige Leistung anzugeben; man erkennt ihnen vorwiegend oder ausschließlich eine ökologische Bedeutung zu, wie schon aus ihrer Charakterisierung als Deck-, Reusen-, Kletterhaare usw. hervorgeht. Daß sie im ausgebildeten Zustande eine solche Rolle spielen können, steht natürlich außer Frage, dagegen ist es nicht ausgeschlossen, daß sie wenigstens in einem bestimmten Entwicklungszustande des Organes, auf dem sie auftreten, auch eine physiologische Funktion auszuüben befähigt sind, die späterhin mehr oder weniger vollkommen erlischt oder von einer anderen Funktion abgelöst wird. Ein derartiger Funktionswechsel ist bei Trichomen in einzelnen Fällen tatsächlich beobachtet worden. Es sei nur daran erinnert, daß typische Drüsenhaare sehr frühzeitig ihre Sekretion einstellen und späterhin lediglich als Deckhaare fungieren können. Ähnliches könnte auch für andere Haartypen gelten. Es muß entschieden auffallen, daß die Trichome, wie längst bekannt, sich oft ungemein frühzeitig, oft schon an jüngsten Blattanlagen zu entwickeln pflegen und ihre volle Entwicklung bereits in einem Zeitpunkte erreichen, in dem die sie tragenden Blätter noch in lebhaftem Wachstum begriffen sind und die ihnen zu-

kommende Aufgabe noch nicht oder nur in beschränktem Maße auszuüben imstande sind.

Es liegt somit der Gedanke nahe, daß den Trichomen im Jugendzustand der Organe eine besondere ernährungsphysiologische Rolle zufällt. Worin ihre Aufgabe besteht, läßt sich von vorne herein nicht erkennen; wir können zunächst nur auf Grund gewisser Anhaltspunkte verschiedenen Vermutungen Raum geben.

Es ist eine erwiesene Tatsache, daß gewisse Exkrete vornehmlich in peripheren Gewebsschichten abgelagert werden; es sei hier nur an die häufige Inkrustierung der Epidermis mit Kalksalzen und SiO_2 erinnert. Es wäre daher möglich, daß die Trichome zunächst auch Exkrete speichern, die während des Organwachstums produziert werden. Bei der nahen Beziehung zwischen Exkretbehältern und Sekretionsorganen (Haberlandt teilt sie demselben Gewebesystem zu) würde sich dann auch eine physiologische Verwandtschaft mit den Drüsenhaaren ergeben. Ist die Kenntnis der Inhaltsstoffe der Trichome auch eine unzulängliche, so bieten doch die vorliegenden Erfahrungen keine hinreichende Stütze für eine solche Annahme.

Mehr Wahrscheinlichkeit scheint uns die Annahme zu besitzen, daß die Trichome zunächst mit der Wasserökonomie des Blattes in einem innigeren Zusammenhange stehen. In vielen Fällen fungieren Trichome auch am ausgewachsenen Blatte als ausgesprochene Wasserspeicher und in diesem Zusammenhange ist es auch bemerkenswert, daß sie vielfach schon zu einer Zeit ihre volle Ausbildung erlangt haben, zu der die Stomata noch gar nicht ausgebildet oder doch nicht funktionsfähig sind. Es ist ferner erwiesen, daß eine abnorme Wasserfüllung der Gewebe zur Trichombildung Anlaß geben kann¹⁾.

Auf Grund derartiger Erwägungen veranlaßte mich mein hochverehrter Lehrer Herr Professor Dr. Karl Linsbauer dieser Frage näherzutreten und zunächst die osmotischen Verhältnisse der Trichome zu untersuchen, um daraus weitere Anhaltspunkte in dieser Richtung zu gewinnen.

2. Material.

Wie für die osmotischen Untersuchungen im allgemeinen sich nicht alle Zellarten in gleicher Weise eignen, so müssen wir auch unter der großen Zahl der Trichome nach einem für die osmotischen Messungen geeigneten Material Umschau halten. Von vornherein beschränkten wir unsere Versuche nur auf mehrzellige, fadenförmige und unverzweigte Trichome, die man als einfache Gliederhaare zu bezeichnen pflegt. Eine weitere Vorbedingung, welche zwar nicht grundsätzlich ist, aber aus

¹⁾ Beispiele bei Küster, 1903, Abschn. „Hyperhydrische Gewebe“.

praktischen Gründen sich als wichtig erweist, ist die geeignete Färbung des Zellsaftes. Ein farbloser Zellinhalt erschwert in den meisten Fällen die Ablesung und Messung der Plasmolyse so sehr, daß es unbedingt wichtig ist, nach Pflanzen mit gefärbten Trichomen zu suchen. Es gibt nun zahlreiche Haare, besonders in der Blütenregion, die einen gefärbten Zellinhalt führen, aber diese Haare bilden nicht den Gegenstand dieser Arbeit. Nach längerem Suchen fanden sich zwei Pflanzen, deren Trichome durch den Besitz aller für das Experiment notwendigen Eigenschaften ausgezeichnet waren:

Gynura aurantiaca Sch. Bip. (*Compositae*, Asien) und
Kohleria digitaliflora Fritsch (*Gesneriaceae*, Amerika).

Zur Ergänzung wurden noch Trichome von *Inula Helenium* L. (*Compositae*) zur Untersuchung herangezogen.

Die untersuchten Gliederhaare der Versuchspflanzen entwickeln sich in der Weise, daß sich eine Oberhautzelle zunächst papillös vorwölbt und sich sodann durch eine Querwand in zwei Tochterzellen teilt. Die untere der beiden Tochterzellen übernimmt die Bildung neuer Zellen, das Wachstum ist somit ein basales. Die an die Epidermis anschließenden jungen Zellen sind tonnenförmig aufgetrieben und schließen gewissermaßen perlschnurartig aneinander, während die der Spitze zu gelegenen Zellen eine kegel- oder zylinderförmige Gestalt annehmen und so der Spitze des Haares eine konische Form verleihen. Bei den alten, ausgewachsenen Trichomen sind die Gliederzellen normalerweise nicht mehr aufgetrieben und das Trichom hat in der Gänze eine konische Gestalt.

Die jungen Trichome sind zunächst farblos, während die ausgewachsenen Haare eine tief violette oder rote Anthokyan-Färbung aufweisen. Die Farbstoffproduktion setzt an der Spitze der Trichome, also an der relativ ältesten Zelle des Haares ein und schreitet basipetal weiter. Auch im ausgebildeten Zustande weisen die Trichome noch an den Spitzen eine viel dunklere Färbung auf als in den Basalzellen.

3. Methode.

Von den zahlreichen Methoden, die zur Bestimmung des osmotischen Wertes dienen, kamen für vorliegende Untersuchungen nur die grenzplasmolytische (de Vries 1884, Fitting 1915) und die plasmolytisch-volumetrische Methode (Höfler 1917) in Betracht. Ich entschied mich für die letztere, da sie die osmotische Wertbestimmung einzelner Zellen ermöglicht, während die grenzplasmolytische Methode mehr für die Ermittlung von Durchschnittswerten ganzer Gewebekomplexe in Betracht kommt.

Obwohl Höfler seine Methode nur für zylindrische Zellen als anwendbar empfohlen hatte, so gab vor kurzer Zeit S. Prát (1922) eine geeignete Modifikation an, die es ermöglicht, auch polygonale Zellen mit parallelogrammartigem Querschnitt, wie z. B. die Epidermiszellen, auf diesem Wege zu messen.

Höfler erhielt die für die Berechnung der Plasmolyse erforderlichen Maße der Zelldimensionen und des Protoplasten durch Ablesung mit dem Okularmikrometer. Da man bei vollkommen zylindrischen Zellen nur einige wenige Maße zu ermitteln hat, so ist dieses leicht durchführbar; diese Art der Ablesung ist hingegen nicht anwendbar bei Zellen, die infolge ihrer konischen Form eine größere Zahl von Messungen erforderlich machen. Um sowohl die größtmögliche Genauigkeit zu gewährleisten, als auch die für die Beobachtung der Plasmolyse kurz bemessene Zeitspanne nicht zu überschreiten, hielt ich es für zweckmäßig, die plasmolysierten Trichome mit dem Zeichenapparat zunächst abzuzeichnen und die erforderlichen Messungen nachträglich durchzuführen.

Da die einzelnen Zellen, wie bereits erwähnt, infolge der konischen Form der Trichome eine nicht vollkommen zylinder-, sondern mehr kegelstutzartige Form aufweisen, sah ich mich genötigt, für den besonderen Fall der konischen Haarzellen eine geeignete Formel abzuleiten. Die Verwendung von genauen Raumformeln erschwerte zwar die Berechnung, konnte aber nicht umgangen werden.

Es galt auch, bei diesen Zellkörpern nach der allgemeinen Formel $O = C - \frac{Vp}{Vz}$

(Höfler) erstens das Volumen des Protoplasten und zweitens das der Zelle zu bestimmen, um aus dem Verhältnis beider Größen den osmotischen Wert zu berechnen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß der Protoplast bei der Kontraktion an der von der Zellwand abgelösten Fläche die endgiltige Form einer Kugelhaube annimmt. Man muß daher bei der Ableitung der Formel von der Kugelhaube ausgehen, deren Volumen wie folgt bestimmt ist:

$$V = \int_0^h x^2 \pi dy \quad \dots \dots \dots (a)$$

Den Wert für x^2 berechnen wir nach der Kreisgleichung und setzen ihn in die Formel (a) ein:

$$x^2 + (y - r)^2 = r^2$$

$$x^2 = 2ry - y^2$$

$$V = \int_0^h (2ry - y^2) \pi dy = \left(ry^2 - \frac{y^3}{3} \right) \pi \quad \dots \dots \dots (b)$$

für $y = h$ folgt

$$V = \left(rh^2 - \frac{h^3}{3} \right) \pi$$

Für r wird der nach dem pythagoräischen Lehrsatz berechnete Wert eingesetzt (vgl. Abb. 1)

$$\begin{aligned}
 r^2 &= m^2 + (r - h)^2 \\
 r^2 &= m^2 + r^2 - 2rh + h^2 \\
 2rh &= m^2 + h^2 \\
 r &= \frac{m^2 + h^2}{2h} \\
 V &= \left[\frac{(m^2 + h^2)h}{2} - \frac{h^3}{3} \right] \pi \\
 V &= \frac{3m^2h + 3h^3 - 2h^3}{6} \pi \\
 V &= \frac{h\pi}{6} (3m^2 + h^2) \dots \dots \dots (c)
 \end{aligned}$$

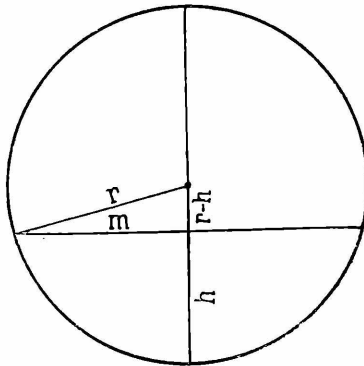


Abb. 1.

Formel (c) gibt das Volumen des Protoplasma-Meniskus an; um den Rauminhalt des gesamten Protoplasten zu bestimmen, müssen wir zu der Kugelhaube, die ja nur ein Bruchteil der gesamten Masse ist, noch den kegelformigen Teil des Protoplasten hinzufügen:

$$Vp = \frac{\pi h_2}{3} (r^2 + rm + m^2) + \frac{\pi h_3}{6} (3m^2 + h_3^2) \dots \dots \dots (d)$$

Bei der Berechnung des Zellvolumens ist einfach die Formel für den Kegelfuß zu verwenden:

$$Vz = \frac{\pi h}{3} (r^2 + rR + R^2) \dots \dots \dots (e)$$

Dividieren wir die beiden Gleichungen (d) und (e) und kürzen zugleich durch $\frac{\pi}{3}$, so ergibt sich:

$$\frac{Vp}{Vz} = \frac{h_2 (r^2 + rm + m^2) + \frac{h_3}{2} (3m^2 + h_3^2)}{h_1 (r^2 + rR + R^2)} \dots \dots \dots (f)$$

Um den osmotischen Wert der Zelle zu finden, müssen wir Formel (f) noch mit der Konzentration (C) des Plasmolytikums multiplizieren:

$$O = C \left[\frac{h_2 (r^2 + rm + m^2) + \frac{h_3}{2} (3m^2 + h_3^2)}{h_1 (r^2 + rR + R^2)} \right] \dots \dots \dots (g)$$

Bei der osmotischen Wertbestimmung müssen folgende Messungen durchgeführt werden (vgl. Abb. 2):

h_1 = Mittlere Länge des Zellinnern.

r = Halber Durchmesser des Zellinnern am verschmälerten Ende.

R = Halber Durchmesser des Zellinnern am verbreiterten Ende.

m = Halber Durchmesser des Zellinnern in der Höhe des Meniskus.

h_2 = Durchschnittliche Länge des Protoplasten vom Meniskusansatz bis zur endständigen Zellwand.

h_3 = Höhe des Meniskus.

Sind die genannten Messungen gemacht, so können wir durch Einsetzen derselben und der Konzentration (C) des Plasmolytikums in Formel (g) den osmotischen Wert der Zelle bestimmen. Als Plasmolytikum wurde Kaliumnitrat und Saccharose (Kahlbaum-Präparate) verwendet.

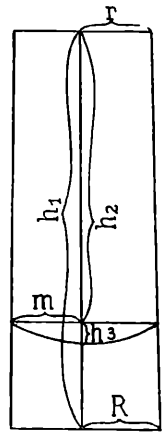


Abb. 2.

Die größte Sorgfalt wurde auf das Herstellen der abgestuften Lösungen verwendet. Bei vorliegender Arbeit kamen ausschließlich volumnormale Lösungen als Plasmolytika in Anwendung.

De Vries (1884) verwendete bei seinen Bestimmungen des isotonischen Koeffizienten Lösungen mit Konzentrationsdifferenzen von 0·01 G. M.; Lepeschkin (1908) verfeinerte den Unterschied auf 0·001 G. M. Für die Untersuchungen nach grenzplasmolytischer Methode fand ich das erste Intervall zu groß, das zweite aber zu klein und benützte aus diesem Grunde vorteilhaft abgestufte Lösungen, die einen Konzentrationsunterschied von 0·005 G. M. aufwiesen.

4. Osmotische Wertbestimmungen.

Die folgenden Versuche sollen über die osmotischen Werte, sowohl in den Trichomen verschiedener Altersklassen als auch in den einzelnen Zellen ein und desselben Haares und den angrenzenden Epidermiszellen Aufschluß geben. Die erste Tabelle behandelt die Trichome und teilweise die Epidermiszellen von *Gynura aurantiaca*, während die zweite und dritte diejenigen von *Kohleria digitaliflora* und *Inula Helenium* L. erläutert.

In den folgenden Tabellen sind die Trichomzellen von der Spitze gegen die Basis nummeriert.

° bedeutet unplasmolytiert.

* „ Eintritt der Grenzplasmolyse.

(—) Ein Querstrich in der betreffenden Kolonne bedeutet, daß der osmotische Wert wegen der unregelmäßigen Form des Protoplasma-meniskus nicht berechnet werden konnte.

Versuche mit *Gynura aurantiaca*.

Versuchs-Nr.	Plasmolytikum	Nummer der Trichomzelle												Epi- dermis	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Trichome jüngster Blätter															
1		0·51	> 0·51 ⁰	> 0·51 ⁰	> 0·51 ⁰	0·51*	0·422	0·406	0·387	—	—				
2		0·51	> 0·51 ⁰	0·51*	0·51*	0·51*	0·419	0·403	0·389	0·328					
älterer Blätter															
3	Rohrucker	0·35	> 0·35 ⁰	> 0·35 ⁰	0·35*	0·278	0·270							0·26	
4		0·34	> 0·34*	0·34*	0·283	0·283	0·277	0·265	0·262					0·26	
5		0·30	> 0·30 ⁰	> 0·30 ⁰	> 0·30 ⁰	0·30*	0·278	0·249						0·16 ¹	
6		0·30	>> 0·30	> 0·207	—	—	0·189	—	—	0·171				0·16 ¹	
7		0·25	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	0·208	0·204	—	—	—	—				0·16 ¹	
des 4. Blattes															
8		Kaisalpete	0·30	> 0·30	0·30	0·30	0·30	0·243	—	0·197	—				
9	0·35		0·33	0·283	0·261	—	—	0·228	0·229	0·215					
10	0·35		0·34	—	0·256	0·232									
11	0·41		> 0·41 ⁰	> 0·41 ⁰	0·378	—	0·344	—	—	0·336	0·327	—	—	0·299	0·289 ¹
12	0·305		> 0·305 ⁰	> 0·305*	0·261	0·252	0·234	0·220	0·220	—	—	0·221	—	—	—
13	0·405		> 0·405 ⁰	> 0·405 ⁰	> 0·405 ⁰	> 0·405 ⁰	0·405*	0·405*	0·380	0·360	0·355	0·330	0·340	—	—
14	0·385		> 0·385 ⁰	> 0·385	> 0·385 ⁰	> 0·385 ⁰	> 0·385 ⁰	0·385 ^s	0·367	—	0·342	—	0·347	0·332	0·284 ¹
des 5. Blattes															
15		0·37	> 0·37 ⁰	> 0·37 ⁰	> 0·37	0·37*	0·32								
des 6. Blattes															
16	Kaisalpete	0·25	0·25*	0·212	0·186	0·185	0·176	0·175							
17		0·25	0·25*	0·195	0·176	—	—	0·176							
18		0·25	> 0·25 ⁰	—	—	—	0·177	0·177							
19		0·25	> 0·25 ⁰	0·227	—	0·158	0·149								
älterer Blätter															
20			0·20	> 0·20	0·169	—	0·162	—	—	0·136	—	—			0·13 ¹
21			0·25	0·221	0·177	0·160	—	0·141							0·121*
22		0·20	0·177	0·146	0·146	0·136	—	0·123						0·121*	
23		0·20	0·180	—	—	—	0·133	—	0·131					0·121*	

1) Die bezeichneten Werte in dieser Kolonne sind nach Práts Methode, die übrigen grenzplasmolytisch bestimmt.

Versuche mit *Kohleria digitaliflora*.

Versuchs-Nr.	Plasmolytikum	Nummer der Trichomzelle									Epidermis	Anmerkung	
	Kalialpeterlösung	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	0·30	> 0·30 ⁰	> 0·30 ⁰	0·268	—	0·173	—	—	—	—	—	0·184 0·154 0·162	n. Prát " Grenzpl.
2	0·25	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	0·25*	0·233	0·210	—	—	—	—		
3	0·25	0·25	—	—	—	—	—	—	0·187	—	—		
4	0·25	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	> 0·25 ⁰	0·25*	0·224	0·193	0·174	—	—		
5	0·25	> 0·25 ⁰	> 0·25	0·221	—	—	—	—	—	—	—		

Versuche mit *Inula Helenium*.

Versuchs-Nr.	Plasmolytikum	Nummer der Trichomzelle						
		1	2	3	4	5	6	7
Trichome jüngster Blätter								
1	Rohrzuckerlösung	> 0·65 ⁰	0·65*	0·59	—	0·55	—	—
2		> 0·60 ⁰	> 0·60*	0·58	0·55	—	—	—
3		0·65	0·58	—	—	—	—	—
4		0·65	0·62	0·62	0·56	0·52	—	0·50
5		0·60	0·58	0·54	—	0·50	0·50	—
etwas älterer Blätter								
6		0·60	0·55	0·53	—	0·45	—	—
7		> 0·55 ⁰	0·55*	0·52	—	—	—	—
8		0·55	0·53	—	0·48	—	0·44	0·42
alter Blätter								
9		0·50	0·48	0·48	—	0·42	—	—
10		0·50	> 0·50 ⁰	0·50*	0·45	0·40	0·40	—
11		0·52	0·48	0·48*	0·48	0·42	—	0·38
12		0·50	0·45	0·45	0·40	0·38	0·38	0·37
13		0·45	> 0·45 ⁰	> 0·45 ⁰	0·41	0·39	0·36	0·35
14		0·45	0·45*	0·42	0·40	0·36	0·35	0·32

Wie ein Blick auf die obige Zusammenstellung der ermittelten osmotischen Werte zeigt, ist das Ergebnis ein durchaus eindeutiges. Wir entnehmen daraus, daß die jüngsten Trichome die älteren, ausgewachsenen Haare um 30—35% an osmotischem Wert übertreffen. In den ausgebildeten, mehrzelligen Trichomen der Versuchspflanzen ist der höchste osmotische Wert stets in der apikalen Zelle gelegen. In den basalwärts folgenden Zellen sinkt er anfangs sehr rasch, später hingegen immer langsamer. Im Trichome weist die Basalzelle den tiefsten osmotischen Wert auf und dieser fällt in den Epidermiszellen noch weiter ab. Als Mittelwert aus sämtlichen Versuchen ergibt sich eine Abnahme des osmotischen Wertes von der Spitze zur Basis um 28%; oder mit anderen Worten ausgedrückt: Der osmotische Wert eines mehrzelligen Trichomes fällt von der Spitze gegen die Basis zu um etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$, wobei von gelegentlichen Ausnahmen abzusehen ist. Die jugendlichen Trichome folgen denselben Gesetzmäßigkeiten. Bei den allerjüngsten Haaren hingegen, die sich noch in Teilung befinden, wurde insoweit eine Abweichung beobachtet, als hier der osmotische Wert in den der Epidermis angrenzenden Zellen höher ist.

5. Saugkraftmessungen.

Von den verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Saugkraft kann nur die von Ursprung und Blum (1916) eingeführte in Verwendung kommen. Die Saugkraft einer beliebigen Zelle kann dieser Methode gemäß in der Art gemessen werden, daß man nach Einlegen eines Zellkomplexes in Außenlösungen von verschiedener Stärke diejenige Konzentration ermittelt, in welcher die Zelle ihr Volumen nicht verändert.

Bei der Verwendung dieser Methode wurde folgendermaßen vorgegangen: Ein Teil des behaarten Blattes wurde mit Paraffinöl benetzt, um einen Wasserverlust beim Schneiden zu verhindern. Nach Ablösen eines kleinen Stückes Oberhaut mit einer entsprechenden Zahl von Trichomen wurde dieses in einem großen Tropfen Paraffinöl unter das Präpariermikroskop gebracht. Hier isolierte ich ein Epidermisfragment, das mit einigen verschiedenen großen Haaren versehen war. Diese Trichome wurden in Paraffinöl als Einschlußflüssigkeit mit Benutzung des Zeichenapparates bei starker Vergrößerung möglichst genau gezeichnet. Hierauf übertrug ich das Objekt auf einen zweiten Objektträger in einem großen Tropfen einer osmotischen Lösung von bestimmter Konzentration und behandelte es ca. 45 Minuten lang mit dieser Lösung. Ergibt nach neuerlichem Zeichnen der Trichomzellen der Vergleich der entsprechenden Zeichnungen einer bestimmten Zelle

eines Haares, daß die zweite etwas kleiner wie die erste ist, so war eine zu konzentrierte Lösung zum Durchsaugen benützt worden. Im entgegengesetzten Falle hingegen ist die Außenlösung osmotisch zu schwach. Nach einigen Versuchen in diesem Sinne kann man eine Außenlösung finden, in der das Zellvolumen sich nicht verändert. Der osmotische Druck dieser Lösung ist dann als gleich hoch mit der Saugkraft der Zelle zu bezeichnen.

Die Verwendbarkeit dieser Methode erfährt aber eine bedeutende Einschränkung durch die Schwächen und experimentellen Schwierigkeiten, die ihr anhaften. Ursprung (1923) hat selbst in seiner letzten Publikation darauf hingewiesen und hat deshalb eine andere von ihm ausgearbeitete Methode vorgeschlagen. Da diese jedoch die Messung der Saugkraft einzelner Zellen nicht ermöglicht, ist sie für den vorliegenden Zweck nicht verwendbar.

Mit Rücksicht auf die entgegenstehenden Schwierigkeiten wurden nur einige orientierende Untersuchungen ausgeführt, um wenigstens unter gewöhnlichen Vegetationsbedingungen ein ungefähres Urteil über die Größe und Verteilung der Saugkräfte im Trichom zu gewinnen.

Die nachstehenden Messungen wurden an den Trichomen von *Kohleria digitaliflora* durchgeführt. Als Außenlösung stand Kalisalpeterlösung in Verwendung. Der gefundene Salpeterwert wurde nachträglich in Atmosphären umgerechnet.

Nr. des Versuches	Nr. der Zelle ¹⁾	Saugkraft in at.	Nr. der Zelle	Saugkraft in at.	Nr. der Zelle	Saugkraft in at.	Nr. der Zelle	Saugkraft in at.	Alter der Trichome
1	2	5·8	4	5·0	6	4·7			Junge
2	1	5·5	3	4·7	5	4·7			
3	1	6·4	4	5·5	7	5·0			"
4	1	5·0	2	5·0	4	4·7	6	4·7	"
5	1	4·7	3	3·9	7	3·4			Alte
6	2	4·2	4	4·7	5	4·2	7	3·9	
7	1	4·7	3	4·2	4	4·2	7	3·4	
8	2	4·2	4	3·4	6	3·4			
9	1	3·4	3	3·1	5	3·1	6	2·6	
10	1	4·7	3	4·2	5	3·4	7	3·1	
11	2	3·1	4	3·1	8	2·6			
12	3	2·6	5	2·6	9	2·6			
13	1	5·8	3	4·7	5	4·2			
14	1	4·2	3	4·2	6	3·9			
15	2	3·9	8	3·1					

¹⁾ Von der Trichomspitze an gezählt.

Aus obigen Messungen ist ersichtlich, daß die Trichome von *Kohleria digitaliflora* durchschnittlich eine Saugkraft von 3—5 Atm. aufweisen. Die Saugkraft ist nicht in allen Haaren und in demselben Trichome nicht in allen Zellen gleich groß. Die größte Saugkraft haben die ganz jungen Trichome, wo der Wert oft 5 Atm. überschreitet, während sie bei älteren Trichomen bedeutend sinkt.

Beim Vergleich der einzelnen Zellen eines Haares weist die apikale Zelle meistens die größte Saugkraft auf und diese nimmt in den Zellen basalwärts etwas ab.

6. Diskussion.

Kehren wir am Schlusse unserer Arbeit zum Ausgangspunkte unserer Fragestellung zurück. Es handelte sich vorzüglich darum, Anhaltspunkte zu gewinnen, ob den Trichomen wenigstens in gewissen Stadien der Organentwicklung eine ernährungsphysiologische Rolle zufällt.

Ich meine, daß sich die dargelegten osmotischen Untersuchungen, die nur eine erste Orientierung in dieser Frage darstellen, in positivem Sinne verwerten lassen.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die Trichome ihre definitive Ausbildung sehr frühzeitig, noch vor den übrigen Blattgeweben erreichen. Dieses läßt uns darauf schließen, daß sie in solchen Fällen im Jugendzustand des Blattes Funktionen auszuüben befähigt sein könnten, die später teilweise oder gänzlich von anderen Geweben übernommen werden. Man kann hier vor allem an zwei Funktionsmöglichkeiten denken:

Schon einleitend wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, daß die Trichome im Jugendzustand des Blattes als Wasserspeicher dienen und dadurch die Epidermis als wasserspeicherndes Organ ersetzen, so lange diese noch nicht vollkommen ausgebildet ist. Da aber unsere Messungen einen hohen osmotischen Wert und eine ebensolche Saugkraft der Trichome ergeben, so ist eine derartige Funktion nicht anzunehmen, da sich keine Erklärung ergibt, wie das Wasser den Trichomen, die eine gegen die Spitzen ansteigende Saugkraft aufweisen, seitens der Blattgewebe entnommen werden könnte.

Die zweite Möglichkeit hingegen, daß die Haare durch ihren ansteigenden osmotischen Wert und die hohe Saugkraft die osmotische Saftbewegung zu den peripheren Gewebeschichten begünstige und dadurch in den Stoffwechsel des wachsenden Organes eingreifen, hat manches für sich. Wir müssen hier auf die Arbeiten von Ursprung und Blum (1916) hinweisen. Genannte Forscher haben zahlreiche Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Wertes in den

verschiedenen Geweben der Pflanze durchgeführt. Sie haben eine gesetzmäßige Zunahme des osmotischen Wertes in den einzelnen Geweben im Sinne des Saftstromes beobachtet. Unter den verschiedenen Geweben besaßen bei *Helleborus* und *Urtica* die Palisadenzellen den höchsten Wert, welcher einerseits in der Richtung von Blatt—Zweig zu Stamm, andererseits gegen Schwammparenchym und Epidermis sich senkte. Vergleichen wir nun unsere Beobachtungen an den mehrzelligen Trichomen mit den genannten Untersuchungen, so finden wir im allgemeinen auch hier eine Zunahme des osmotischen Wertes im Sinne einer peripher gerichteten Saftbewegung.

Über die Verteilung der Saugkraft in den Geweben der Pflanze äußern sich Ursprung und Blum (1918) in folgender Weise: „Es wurde gezeigt, daß die Saugkraft in jedem Gewebe mit der Entfernung von der Absorptionszone der Wurzel zunimmt und daß sie auf dem Querschnitt durch ein Organ mit der Entfernung von wasserleitendem Hadrom ansteigt.“

Die Bedeutung der Trichome mit ihrem hohen osmotischen Wert und ebensolcher Saugkraft würde dann darin gelegen sein, daß sie die Wasserdurchströmung des Blattes begünstigen.

Man muß insbesondere in Betracht ziehen, daß die Spaltöffnungen erst verhältnismäßig spät ihre Funktion auszuüben befähigt sind. „Die Stomata jüngerer, noch im Wachstum begriffener oder eben erst ausgewachsener Blätter sind, wenngleich sie ihre Beweglichkeit schon erreicht haben, wenigstens bei krautigen Pflanzen in der Regel geschlossen und öffnen sich nur unter besonders günstigen Bedingungen.“ (K. Linsbauer, 1917.) Das wachsende oder eben ausgewachsene Blatt ist somit lediglich auf die epidermoidale Transpiration angewiesen. Man könnte nun vermuten, daß die Trichome infolge ihrer starken Oberflächenentwicklung diese Form der Transpiration begünstigen. Dadurch ließe sich auch die in ihren Zellen beobachtete Erhöhung von osmotischem Wert und Saugkraft erklären, die dann als Folge des Wasserverlustes aufzufassen wären. Für die Beurteilung der Transpirationsgröße von Trichomen fehlt es aber derzeit noch an einer experimentellen Unterlage und es muß fraglich bleiben, ob sie die kutikulare Transpiration merklich zu fördern imstande sind. Das Ansteigen ihres osmotischen Wertes kann aber auch unabhängig von der Wasserverdunstung auf regulatorischem Wege vor sich gehen. Es wäre müßig, über die Art eines solchen Mechanismus zu diskutieren, so lange es an sicheren Anhaltspunkten zur Entscheidung gebricht. Die Tatsache an sich, daß die Trichome zu einer Zeit, in der die Stomata noch nicht funktionieren, die Epidermis an osmotischem Wert und Saugkraftgröße übertreffen, während sie im ausgewachsenen Blatte in vielen Fällen ihren lebenden

Inhalt frühzeitig einbüßen, läßt es mindestens als wahrscheinlich erscheinen, daß sie während der Entwicklung der Organe die Stoffbewegung in diesen nach Richtung und Ausmaß beeinflussen.

Inwieweit Verallgemeinerung der gefundenen Gesetzmäßigkeiten möglich ist, über den näheren Mechanismus der osmotischen und Saugkraft-Regulation sowie über deren Abhängigkeit von äußeren Bedingungen müssen weitere Untersuchungen Aufschluß geben.

Zum Schluß möchte ich es nicht unterlassen, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Karl Linsbauer für die Anregung und liebenswürdige Anleitung zu meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse dieser Arbeit können in folgenden Punkten kurz zusammengefaßt werden:

1. Die jüngsten Trichome der Versuchspflanzen (*Gynura*, *Kohleria* u. a.) übertreffen die älteren, ausgewachsenen durchschnittlich um 30—35% an osmotischem Werte.
2. In den mehrzelligen Trichomen weisen die apikalen Zellen den höchsten osmotischen Wert auf.
3. Von den apikalen bis zur basalen Zelle fällt der osmotische Wert durchschnittlich um 28%.
4. Der durchschnittliche osmotische Wert der Epidermiszellen ist tiefer gelegen als der der Basalzellen der Trichome. Zwischen den apikalen Zellen der Trichome und den Epidermiszellen kann man eine Differenz von etwa 30% annehmen.
5. Die Saugkraft der jungen Trichome beträgt zirka 6 Atm. und ist größer als die der alten.
6. Die Saugkraft der ausgebildeten Trichome sinkt von der apikalen bis zur basalen Zelle des Trichomes durchschnittlich von 5 auf 3 Atm.

Die dargelegten osmotischen Untersuchungen sprechen zugunsten einer ernährungsphysiologischen Funktion solcher Trichome an sich entwickelnden Organen, indem sie die Saftbewegung nach Richtung und Ausmaß beeinflussen.

Literatur.

- Blum G., 1917, Zur Kenntnis der Größe und Schwankung des osmotischen Wertes. Beih. z. bot. Zentralblatt, Bd. 33, Abt. I, S. 339.
- Fitting H., 1915, Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, S. 1.
- Höfler K., 1917, Die plasmolytisch-volumetrische Methode etc. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 35, S. 706.
- Küster E., 1903, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena.
- Lepeschkin W. W., 1908, Über den Turgordruck der vakuolisierten Zellen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 26a, S. 198.
- Linsbauer K., 1917, Beiträge zur Kenntnis der Spaltöffnungsbewegungen. Flora, N. F., Bd. 9, S. 100.
- Prát S., 1922, Plasmolysis and Permeability. Preslia, II., S. 90.
- Ursprung A., 1923, Zur Kenntnis der Saugkraft, VII. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 41, S. 338.
- Ursprung A. und Blum G., 1916a, Über die periodischen Schwankungen des osmotischen Wertes. Ebenda, Bd. 34, S. 105.
- — u. — —, 1916b, Über die Verteilung des osmotischen Wertes in der Pflanze. Ebd., S. 88.
- — u. — —, 1916c, Über den Einfluß von Außenbedingungen auf den osmotischen Wert. Ebd., S. 123.
- — u. — —, 1916d, Zur Methode Saugkraftmessung. Ebd., S. 525.
- — u. — —, 1916e, Zur Kenntnis der Saugkraft. Ebd., S. 541.
- — u. — —, 1918, Besprechungen unserer bisherigen Saugkraftmessungen. Ebd., Bd. 36, S. 599.
- — u. — —, 1920, Dürfen wir die Ausdrücke osmotischer Wert, osmotischer Druck, Turgordruck, Saugkraft synonym gebrauchen? Biolog. Zentralblatt, Bd. 40, S. 193.
- de Vries H., 1884a, Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 14, S. 427.
- —, 1884b, Zur plasmolytischen Methodik. Bot. Zeitung, Bd. 42, S. 289.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Botanische Zeitschrift = Plant Systematics and Evolution](#)

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [074](#)

Autor(en)/Author(s): Oberth Josef

Artikel/Article: [Osmotische Untersuchungen an Trichomen. 26-39](#)