

subacuta, apice obtusa vel acutiuscula, juvenilia hirsuto-pubescentia, adulta subglabra, ca. 5—8 cm longa, 3—5,5 cm lata; stipulae deltoideo-ovatae, striatae; stipellae lineari-sétaceae. Flores parvi, gemini vel plures in axillis foliorum, subsessiles vel brevissime pedicellati; prophylla 2 ad basin calycis lanceolata (ca. 4 mm longa).

### **Kerstingiella geocarpa** Harms

ist bisher nur von Togo bekannt, wo sie Dr. KERSTING unter Nr. A 180 (Nov. 1905) und A 476, A 477, A 478 (Nov. 1907) bei Kabure (400 m ü. M.) im Bezirk Sokodé-Basari gesammelt hat; nach der Farbe der Samen unterscheidet Dr. KERSTING 3 Sorten: solche mit schwarzen, weißlichen und hellrötlich-bräunlichen Samen.

Herrn Dr. KERSTING spreche ich auch an dieser Stelle für seine freundlichen Mitteilungen meinen besten Dank aus.

#### **Erklärung der Figuren auf Tafel III.**

A Stück eines fruchtenden und einige Blüten tragenden Stengels. — B Knospe. — C Blüte. — D Kelch, aufgeschlitzt. — E Fahne. — F Flügel; der Vorsprung links oberhalb des Nagels ist stärker, als gezeichnet. — G Schiffchen. — H Androeceum. — I Pistill. — K Pistill, dessen Stipes bereits etwas verlängert ist. — L, M, N Weitere Stadien; das Carpopodium verlängert sich immer mehr und treibt den Fruchtknoten in die Erde. — O Hülse, noch nicht völlig reif, im Längsschnitt. — P Same von der Seite und Q vom Nabel aus. — R Same im Längsschnitt. — S Keimling mit dem Würzelchen.

## **28. W. W. Lepeschkin: Über die osmotischen Eigenschaften und den Turgordruck der Blattgelenkzellen der Leguminosen.**

(Eingegangen am 18. März 1908.)

Die Blattgelenke der Leguminosen zeichnen sich bekanntlich durch ihre hoch ausgeprägten Variationsbewegungen aus. Die Gelenkzellen passen daher am besten zum Studium der unter dem Einfluß verschiedener Faktoren stattfindenden Veränderungen der Größen, welche die Turgorercheinung ausmachen und wurden

daher auch bei meinen Untersuchungen über den Turgordruck der vacuolisierten Zellen in erster Linie gebraucht.

In einem ersten Aufsatz<sup>1)</sup> wurde von mir schon darauf hingewiesen, daß der osmotische Druck, welcher hauptsächlich den Turgordruck der vacuolisierten Zellen ausmacht, nicht nur von der Temperatur, Konzentration und elektrischer Dissociation sondern auch von der Permeabilität der Plasmamembran für gelöste Stoffe abhängt. Diese Abhängigkeit ist desto bedeutender, je größer die Permeabilität ist, und läßt sich mittelst der isotonischen Koeffizienten bestimmen.

Die Anwendung dieser Methode auf die Gelenkzellen zeigte, daß die Permeabilität der Plasmamembran der letzteren für verschiedene plasmolysierende Stoffe überraschend groß ist. So sind die isotonischen Koeffizienten von Salpeter, welche mittelst der Plasmolyse der Gelenkzellen gefunden wurden, nur 1,8—2,6, diejenigen von Kochsalz nur 1,9—2,3 und von Glycerin gleich 1,3—1,4, während diese Koeffizienten für die Epidermiszellen von *Tradescantia discolor* bekanntlich folgerecht 3, 3 und 1,78 (vorausgesetzt, daß der isotonische Koeffizient von Zucker gleich 1,88 ist) gefunden werden<sup>2)</sup>.

Von vornherein war es zu erwarten, daß sich die Permeabilität der Plasmamembran der Gelenkzellen auch für die im Zellsaft gelösten Stoffe ungewöhnlich groß erweisen wird.

In der Tat beobachtete schon HILBURG<sup>3)</sup>, daß die Konzentration des Zellsafts in den Gelenken sehr rasch abnimmt, wenn dieselben in Wasser (geschnitten oder intakt) gebracht werden. Doch hält es HILBURG für unwahrscheinlich, daß die Konzentrationsabnahme durch die Exosmose der im Zellsaft gelösten Stoffe verursacht wird, weil dem Anschein nach aus den Gelenken keine größere Menge gelöster Stoffe ins Wasser übergehen als aus den gleich großen Stengelstückchen. Man kann sich aber leicht davon überzeugen, wenn man sich mit der Bestimmung der extrahierten Stoffmenge mittelst des Augenmaßes nicht zufrieden gibt und sich der Wage zuwendet, daß aus den Gelenken eine um das 3—4 fach größere Stoffmenge als aus dem gleichen Gewicht der Stengelstückchen extrahiert wird und daß die Stoffe, welche nach

1) In bezug auf die Terminologie usw. verweise ich auf meinen Aufsatz Nr. 24 in diesem Hefte.

2) DE VRIES. Zeitschr. f. phys. Chemie. 1888. Bd. 2. S. 415.

3) HILBURG. Unters. a. d. Bot. Inst. zu Tübingen. Bd. I, 1888, S. 23.

dem Verbleiben der letzteren im Wasser enthalten sind, wie das die mikrochemische Analyse zeigt, hauptsächlich vom Xylem derselben stammen.

Die aus den Gelenken extrahierte Stoffmenge entspricht weiter genau der Konzentrationsabnahme des Zellsafts derselben, welche nur in den an das Wasser angrenzenden Zellen (Oberflächenzellen) beobachtet wird<sup>1)</sup>.

Daß die Konzentrationsabnahme des Zellsaftes durch die Exosmose der in letzterem gelösten Stoffe verursacht wird, erhellt auch daraus, daß diese Abnahme viel rascher stattfindet, wenn das die Gelenkzellen umgebende Wasser stets erneuert wird. So wurde z. B. der Zellsaft eines Blättchengelenks von *Phaseolus multiflorus* vor dem Einbringen in Wasser 3,5 pCt. Salpeter isotonisch gefunden; nach dem 4 Stunden dauernden Verbleiben der Querschnitte in Wasser auf einem horizontalen seidenen Netz erniedrigte sich die Saftkonzentration bis zu 1,9 pCt. Salpeter, während der Zellsaft der Querschnitte, welche im Wasser unter dem Deckgläschen geblieben waren, nur 2,8 pCt. Salpeter isotonisch war.

Die nähere Untersuchung der Konzentrationsabnahme des Zellsaftes zeigt, daß diese nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ den Diffusionsgesetzen folgt und daher durch die Exosmose der im Zellsaft gelösten Stoffe herbeigeführt wird.

Um die Diffusionsgesetze an den Gelenkzellen zu prüfen, ist es am einfachsten, bei steter Erneuerung des sie umgebenden Wassers ihre Saftkonzentration durch gewisse Zeitintervalle mehrfach zu bestimmen. Da die Diffusionsgeschwindigkeit dem Konzentrationsabfalle, welcher im betrachteten Falle der Saftkonzentration selbst gleich ist, proportional ist, so würde sich die Geschwindigkeit der Konzentrationsabnahme, wenn diese letztere durch die Exosmose verursacht wäre, mit der Zeit immer vermindern bis sie endlich gleich 0 sein wird. Wenn wir mit  $C_1$  — die Kon-

1) Aus jedem Gramm der intakten Gelenke wurden in 6 Stunden (das Gelenkgewicht war 2,5107—2,6698 g, Wassermenge = 3 ccm) ungefähr 0,0057 g extrahiert, während aus jedem Stengelgewicht in gleicher Zeit nur 0,0015 g Stoffe exosmiert waren. Die Untersuchung zeigte dabei, daß sich vor dem Einbringen in Wasser die Parenchymzellen der Gelenke erst mit 6,3—6,5 pCt. Salpeter plasmolysieren ließen, während nach dem Verbleiben in Wasser der Salpetergrenzwert im Mittel 5,7—6 pCt. war. Man konnte daher annehmen, daß  $\frac{1}{10}$  von den im Zellsaft gelösten Stoffen während des Versuches ins Wasser exosmierte. Andererseits zeigte die Analyse, daß die im Zellsaft gelösten Stoffe 5—6 pCt. des Gelenkgewichts ausmachen; aus jedem Gramm der Gelenke mußte also 0,005—0,006 mg gelöster Stoffe ins Wasser übergegangen sein, welche Zahl, wie oben angegeben, auch in Wirklichkeit gefunden war.

zentration des Zellsafts (in Gramm-Mol. pro l) vor dem Einbringen der Zellen in Wasser, mit  $C_2$  — die Konzentration desselben nach dem Verbleiben der Zellen während  $t$  Minuten in letzterem bezeichneten, so folgt nach den Diffusionsgesetzen:  $\log \frac{C_1}{C_2} = \alpha t$ , worin  $\alpha$  — die Proportionalitätskonstante ist <sup>1)</sup>.

Die Versuche wurden so angestellt, daß man das betreffende Gelenk mittels eines Mikrotoms<sup>2)</sup> in 40–80  $\mu$  dicke (bei *Mimosa pudica* und *sinsitiva* — 40  $\mu$  und bei *Phaseolus multiflorus* — 80  $\mu$ ) Querschnitte zerlegte und die letzteren auf einem horizontalen seidnen Netz (Gaze-Stück, gespannt auf einem Glasring), der in Wasser 2–3 mm tief unter der Oberfläche getaucht war, gebracht wurden. Die erhaltenen Schnitte enthielten der Dicke nach nur eine Schicht der unverletzten Zellen. Die Plasmolyse wurde mit Salpeter ausgeführt. Es erwies sich, daß die Saftkonzentration in den Zellen, die sich in einem bestimmten Radialschnitte des Gelenkes befinden, nur höchstens um 0,1–0,2 pCt. Salpeter variierte und man daher bei der Bestimmung der mittleren (für 6–10 Schnitte) Saftkonzentration einen Fehler von höchstens 0,1 pCt. Salpeter machen konnte. Bei meinen Versuchen wurden nur die Zellen, welche sich oberhalb (in den Tabellen: Zellen der oberen Gelenkhälften) oder unterhalb (Zellen der unteren Gelenkhälften) des Gefäßbündels befinden, untersucht. Die Konzentrationsabnahme war in allen

1) Die angegebene Proportionalität wird folgendermaßen bewiesen. Nehmen wir an, daß in einem gewissen Moment die Konzentration des Zellsafts  $C$  ist. Während des folgenden unendlich kleinen Zeitintervalls  $dt$  diffundiert aus der Zelle eine unendlich kleine Stoffquantität  $dS$  heraus, was die Änderung der Saftkonzentration um  $-dc$  herbeiführt. Wenn das Zellvolum  $V$  ist, so ist  $dS = -Vdc$ . Den Diffusionsgesetzen nach ist die Stoffquantität, die in der Zeiteinheit und durch die Oberflächeneinheit der Membran passiert, dem Konzentrationsgefälle, d. h. in unserem Falle der Saftkonzentration, proportional; daher ist  $-\frac{Vdc}{Pdt} = kc$ , wo  $k$  — Proportionalitätskonstante ist und woraus sich:  $-\frac{dc}{c} = \frac{Pk}{V} dt$  ergibt. Nach Intergration haben wir  $-\log C = \frac{Pk}{V} t + M$  wo  $M$  — eine Konstante ist. Da bei  $t = 0$  die Saftkonzentration  $C_1$  ist, so ist  $M = -\log C_1$ , oder:  $\log \frac{C_1}{C} = \frac{Pk}{V} t = \alpha t$  ( $\frac{Pk}{V}$  ist in unserem Falle annähernd konstant).

2) Das Mikrotommesser wurde zu diesem Zweck durch ein gewöhnliches Rasiermesser ersetzt.

Zellen eines beliebigen Radialschnittes gleich; daher konnte man die an den Schnitten, welche zu verschiedener Zeit aus dem Wasser genommen wurden, erhaltenen Kraftkonzentrationen als die Saftkonzentrationen einer und derselben Zelle zu verschiedener Zeit betrachten. Es wurden gewöhnlich 6—10 Schnitte auf einmal aus dem Wasser genommen und plasmolysiert. Die erste Konzentrationsbestimmung wurde nicht direkt nach dem Schneiden sondern nach dem 25 Minuten dauernden Verbleiben der Schnitte im Wasser gemacht, weil, wie die Vorversuche zeigten, nach dem Aufsaugen von Wasser durch die Schnitte die Zellen der letzteren sich öfters über die Elastizitätsgrenze ihrer Wände gedehnt hatten und ihre durch die Plasmolyse gefundene Saftkonzentration daher nicht den Schnitten, die noch nicht in Wasser gewesen waren, entsprach.

Die erhaltenen Konzentrationen bedurften einer Korrektur auf die Volumverminderung bei der Plasmolyse. Die Vorversuche, bei welcher das Abmessen der aus den Gelenken oberhalb und unterhalb des Gefäßbündels herausgeschnittenen Prismen unter schwacher Vergrößerung gemacht wurde, zeigten, daß die Verminderung der mit Wasser gesättigten oberen Gelenkhälften von *Phaseolus* bei der Plasmolyse 25—29 pCt. ihres plasmolysierten Volums war, diejenige für die unteren Gelenkhälften 35—50 pCt. Bei *Mimosa* war die Verminderung für die oberen Gelenkhälften im Mittel 18 pCt., für die unteren — 40 pCt. Bei der fort-dauernden Konzentrationsabnahme des Zellsafts vermindert sich weiter der osmotische Druck des letzteren und daher auch das Zellvolum. Die Volumverminderung bei der Plasmolyse wird also immer kleiner. So zeigte die Untersuchung, daß, wenn in der Zelle nur die Hälfte des früher vorhandenen Turgordruckes zurückgeblieben war, die Volumverminderung für die oberen Gelenkhälften von *Phaseolus* nur 19 pCt., für die unteren — 26 pCt. und bei *Mimosa* folgerecht 13 pCt. und 25 pCt. war. Die Korrekturen für die mittleren Turgordrucke wurde durch Interpolation gefunden.

In den folgenden Tabellen sind unter Litera: *c* — die gefundenen, auf die Volumverminderung bei der Plasmolyse korrigierten, Saftkonzentrationen der Schnitte in Prozenten von Salpeter, unter *t* — die Minutenzahl, nach deren Verlauf die Schnitte aus dem Wasser genommen wurden, und unter *α* — die erhaltene Proportionalitätskonstante (s. o.) angegeben.

*Mimosa pudica.*

## I. Obere Gelenkhälften.

Nr. 1			Nr. 2			Nr. 3		
<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$	<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$	<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$
2,4	25	—	5,5	25	—	4,3	25	—
1,7	109	0,0041	2,8	101	0,0089	1,8	110	0,0102
1,0	241	0,0041	1,5	164	0,0093	1,2	155	0,0098
0,6	383	0,0039	1,2	215	0,0080	1,0	185	0,0091
0,4	455	0,0042	0,9	245	0,0082	—	—	—

## II. Untere Gelenkhälften.

Nr. 1			Nr. 2			Nr. 3		
<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$	<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$	<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$
1,9	25	—	3,0	25	—	2,8	25	—
1,8	109	0,0006	2,5	101	0,0026	1,5	110	0,0073
1,7	241	0,0005	2,0	164	0,0029	1,0	155	0,0079
1,5	383	0,0006	1,8	215	0,0026	0,9	185	0,0071
1,4	455	0,0006	—	—	—	—	—	—

*Mimosa sensitiva.*

## Obere Gelenkhälfte.

<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$
7,1	25	—
6,2	99	0,0020
4,2	296	0,0020
3,0	481	0,0019
2,0	665	0,0020

*Phaseolus multiflorus.*

## Untere Gelenkhälfte.

<i>c</i>	<i>t</i>	$\alpha$
1,2	25	—
1,1	85	0,0014
0,9	250	0,0013
0,8	445	0,0010
0,7	585	0,0010

Aus den angeführten Zahlen ersieht man, daß die Proportionalitätskonstanten  $\alpha$  innerhalb der Fehlergrenze der Konzentrationsbestimmung auch in Wirklichkeit stets konstant sind. Weniger geeignet als die Gelenke von *Mimosa* erwiesen sich zur Prüfung der Diffusionsgesetze die Gelenke von *Phaseolus* und besonders deren obere Hälften. Das kommt, wie eine nähere Untersuchung zeigte, daher, daß der Zellsaft der oberen Gelenke von *Phaseolus* ziemlich viele schwer diffundierende Stoffe enthält; daher werden die Größen  $\alpha$  mit der Zeit fortwährend kleiner, bis endlich die Konzentration abzunehmen aufhört.

Die mikrochemische Analyse der aus den Gelenken extrahierten Stoffe zeigte, daß aus dem Zellsaft hauptsächlich Mineralstoffe exosmiert waren. Zwischen letzteren wurden  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,

$KNO_3$ ,  $CaSO_4$  und schwefelsaure Alkalien gefunden. Die Durchlässigkeit der Plasmamembran der Gelenkzellen ist daher für diese Stoffe ungewöhnlich groß und nach dem Einbringen der Gelenkschnitte in Lösungen dieser Stoffe muß die Exosmose der letzteren meistens durch die Endosmose derselben in den Zellsaft verdeckt werden. In der Tat wies schon HILBURG darauf hin, daß die Konzentrationsabnahme des Zellsafts der Gelenke in den Lösungen der erwähnten Stoffe je nach der Konzentration dieser Lösungen verlangsamt oder schließlich sistiert wird. Diese Beobachtungen wurden auch von mir besonders für Salpeter bestätigt. Die Konzentrationsabnahme findet aber, wie meine Versuche zeigten, auch in den plasmolysierenden Zuckerlösungen eben so rasch statt wie in Wasser. In Übereinstimmung damit zeigte die Untersuchung, daß, während die Volumina der mit Salpeter plasmolysierten Protoplasten unverändert bleiben, sich die Volumina der mit Chlorcalcium plasmolysierten langsam, und der mit Zucker plasmolysierten rasch vermindern. Hingegen findet eine Zunahme der Saftkonzentration und eine Volumvergrößerung des Protoplasten in den Gelenkzellen statt, wenn die Plasmolyse mit Glyzerin ausgeführt wird.

In Anbetracht des Gesagten müssen wir also annehmen, daß die Plasmamembran der Gelenkzellen für gelöste Stoffe (außer Zucker) ungewöhnlich stark permeabel ist und daß die Berücksichtigung dieser Permeabilität bei der Bestimmung des osmotischen Druckes des Zellsafts und der umgebenden Lösung an den Blattgelenken besonders wichtig ist<sup>1)</sup>.

Nach den isotonischen Koeffizienten von Salpeter zu urteilen, kann der theoretische, aus der Konzentration und der Temperatur berechnete, osmotische Druck des Zellsaftes der Gelenke durch den Permeabilitätseinfluß um  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  seiner Größe vermindert werden. Die Veränderung der Permeabilität der Plasmamembran für die im Zellsaft gelösten Stoffe kann also eine Turgordruckänderung um mehrere Atmosphären herbeiführen<sup>2)</sup>. Davon, daß solche Veränderungen des Turgordrucks unter den Einwirkungen verschiedener Faktoren auch in Wirklichkeit vorkommen und die bekannten Variationsbewegungen verursachen, möchte ich in einem anderen Aufsatz berichten.

1) Bei meinen Versuchen wurden die Gelenkzellen der Blättchen der dreigespreizten Blätter von *Phaseolus multiflorus* und *vulgaris* und die Blattgelenkzellen von *Mimosa pudica* und *sensitiva* gebraucht.

2) Der Zellsaft der Gelenke ist gewöhnlich 4—8 pCt.  $KNO_3$  isotonisch.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Lepeschkin W.Wladimir

Artikel/Article: [Über die osmotischen Eigenschaften und den Turgordruck der Blattgelenkzellen der Leguminosen. 231-237](#)