

Salze wie NH_4NO_3 noch nicht endgültig aufgeklärt ist, so muß man doch deren ausgeprägte auflösende Wirkung bei den Vegetationsversuchen nicht außer acht lassen, sondern immer mit den Eigenschaften der verwandten Stickstoffquellen rechnen.

Oktober 1908.

Nachtrag.

Einige Analysen, welche in unserem Laboratorium noch nach Absendung des Manuskriptes gemacht wurden, haben die oben angeführte Erklärung für die erhaltenen Resultate vollkommen bestätigt; für den Versuch von Herrn TICHY wurden gefunden¹⁾:

	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Phosphorit}$			$\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
	Ohne CaCO_3	$\frac{1}{2} \text{CaCO}_3$	1 CaCO_3	Ohne CaCO_3
$\% \text{P}_2\text{O}_5$ in der Ernte	1,04 %	0,25 %	0,12 %	0,35 %
Gesamtmenge von P_2O_5	59,9 mg	49,6 mg	8,1 mg	64,3 mg

Man sieht, daß mit zunehmender Menge von CaCO_3 der Gehalt an P_2O_5 abnimmt. Ohne CaCO_3 sind die Pflanzen mit Phosphorsäure übersättigt, und doch ist die Ernte sehr niedeig wegen der sauren Reaktion der Nährlösung; darum wirken kleine Gaben von CaCO_3 günstig, wenn aber zuviel davon gegeben wird, dann leiden die Pflanzen unter Phosphorsäurehunger, weil Rohphosphat als solches den Gramineen unzugänglich ist.

85. W. W. Lepeschkin: Zur Kenntnis des Mechanismus der Variationsbewegungen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 12. November 1908.)

Die Variationsbewegungen werden, wie überhaupt alle Bewegungen, durch eine Gleichgewichtsverschiebung der Kräfte, welche in den Gelenken der diese Bewegungen ausführenden Blätter

1) Die Analysen wurden von Herrn SCHULOW ausgeführt.

wirken und dabei geändert werden müssen, zustande gebracht. Um den Mechanismus dieser Bewegungen aufzudecken, muß man also vor allem die Kräfte kennen, welche in den sich bewegenden Teilen der Gelenke wirken und deren Änderung eine zeitliche Volumvariation dieser Teile bewirkt.

In jeder Gelenkhälfte (also in der sich ausdehnenden und der komprimierten) wirken Kräfte dreierlei Art: 1. die äußeren Kräfte, zu denen das Gewicht des an das Gelenk anschließenden Blattes, der Widerstand des Blattstiels (resp. des Stengels), der Widerstand des Gefäßbündels, die Spannungskraft der Gelenkepidermis und der Druck seitens der antagonistischen Gelenkhälfte gehören; 2. der Turgordruck, welcher durch die osmotischen Drucke des Zellsafts und der umgebenden Lösung und den Zentraldruck zusammengesetzt wird¹⁾ und 3. die Spannungskräfte der unter der Einwirkung des Turgordrucks gedehnten Zellwände. Bei allen selbständigen Gelenkbewegungen muß wenigstens eine der aufgezählten Kräfte geändert werden und wir haben vor allem zu entscheiden, welche dieser Kräfte die Änderung erfahren und das Gleichgewicht verschieben.

Versuchen wir zunächst die Frage zu beantworten, ob die selbständige Gelenkkrümmung durch eine Änderung der äußeren Kräfte verursacht werden kann. Von diesen Kräften bleibt das Gewicht des Blattes und der Widerstand des Blattstieles gewöhnlich unverändert²⁾. Der Widerstand des Gefäßbündels hängt von den toten Elementen desselben ab und kann daher nur durch Temperaturänderungen unbedeutend geändert werden; sollte sich übrigens dieser Widerstand auch sonst geändert haben, so würde diese Änderung keine Krümmung des Gelenkes, sondern nur eine Verlängerung oder Verkürzung desselben verursachen. Weiter ist die Gelenkepidermis zu dünn und elastisch, um die Krümmung, welche mit einer Kraft von einigen Atmosphären ausgeführt wird³⁾, durch eine Änderung ihrer Spannungskräfte verursachen zu können. Der Druck seitens der antagonistischen Gelenkhälfte wird aber durch gleiche äußere Kräfte und die Kräfte der bereits erwähnten beiden letzten Arten zusammengesetzt. Wir kommen also zum Schlusse, daß die Variationsbewegungen nur durch eine Änderung

1) Man siehe meinen Aufsatz Nr. 24 in diesen Berichten, S. 201.

2) Eine Ausnahme stellt nur *Mimosa pudica* dar, wo das Zusammenlegen der Fiederblättchen das statische Moment des Blattgewichts vergrößert (PFEFFER, Period. Bew. 1875, S. 73 u. a.).

3) PFEFFER, Per. Bew. S. 105.

des Turgordrucks und der Spannkraften der Zellwände hervorgerufen werden können.

Die meisten Autoren, welche sich mit dem Mechanismus der Variationsbewegungen befaßten, neigten der Voraussetzung zu, daß diese Bewegungen durch eine Turgordruckvariation hervorgerufen werden, doch ist bis jetzt noch kein Beweis erbracht, daß sie nicht durch eine Änderung der Spannkraften der Zellwände verursacht werden.

Die Spannkraften der Zellwände können ohne eine Mitwirkung des lebendigen Protoplasmas nur durch den Temperaturwechsel geändert werden. Die Temperaturerhöhung ruft bekanntlich eine Verminderung dieser Kräfte hervor¹⁾. Doch hat die durch den Temperaturwechsel verursachte Änderung der Spannkraften der Zellwände keine Bedeutung für die Krümmung der intakten Gelenke, weil das Material, aus welchem diese Wände gebaut sind, in beiden antagonistischen Gelenkhälften gleich ist und die Änderung der Ausdehnungsfestigkeit desselben auch beiderseits gleich sein muß. Wenn aber eine der Gelenkhälften vorher entfernt wurde, zeigt die Blattbewegung eine Volumverminderung der Gelenkhälfte bei Temperaturerhöhung an, trotzdem die Spannkraften, wie erwähnt, dabei abgenommen haben. Wir müssen also zugeben, daß die Änderung der Spannkraften der Zellwände bei den Variationskrümmungen nur durch das Protoplasma ausgeführt werden kann.

Bekanntlich wird bei einigen Variationsbewegungen (den photonastischen, thermonastischen, heliotropischen und den Reizbewegungen) die Biegungsfestigkeit der Gelenke geändert. Es läßt sich nach der Methode BRÜCKES zeigen, daß auch die Biegungsfestigkeit der einzelnen Gelenkhälften, wenn die antagonistische Hälfte entfernt wurde, in gleichem Sinne variiert. Meine Versuche, von deren Beschreibung ich wegen Raummangels absehen muß²⁾, zeigten außerdem, daß die Gelenke und ihre Hälften, welche erst plasmolytisch gemacht werden und nachher ihre Turgeszenz in Wasser wieder herstellen, die Fähigkeit, Variationsbewegungen auszuführen, nicht verlieren. Man konnte also die mechanischen Eigenschaften der Zellwände mit Hilfe der Methode BRÜCKES bei Aufhebung des Turgordrucks vor und nach der Variationsbewegung untersuchen. Die Versuche ergaben, daß die Biegungsfähigkeit der plasmoly-

1) WINKELMANN, Handbuch der Physik, Bd. I, S. 241.

2) Die Versuche werden ausführlich im Aufsätze, der schon an die Redaktion der Beihefte z. botan. Centralbl. abgesandt ist und bald erscheint, beschrieben.

sierten Gelenke und deren Hälften (und daher auch die mechanischen Eigenschaften der Zellwände) vor und nach der Krümmung gleich bleibt, trotzdem sie beim turgeszenten Zustande der Gewebe variiert. Diese Versuche beweisen also, daß die Spannkraft der Zellwände bei den untersuchten Variationsbewegungen nicht geändert werden.

Es unterliegt also keinem Zweifel, daß die Variationsbewegungen durch eine Turgordruckänderung verursacht werden¹⁾. Um die Gelenkkrümmung zu ermöglichen, muß selbstverständlich diese Turgordruckänderung entweder in verschiedenen Gelenkhälften gleichsinnig, aber ungleich groß, oder in einer Hälfte negativ und in der anderen positiv sein, oder nur in einer der beiden Gelenkhälften stattfinden.

In Übereinstimmung mit den Angaben PFEFFERS u. a. zeigten meine Versuche mit den operierten Gelenken (die eine oder die andere Gelenkhälfte entfernt), daß Verdunkelung oder Temperaturerniedrigung eine Erhöhung des Turgordrucks (Vergrößerung des Volums) und Erhellung oder Temperaturerhöhung eine Turgordruckabnahme (Verminderung des Volums) in den beiden sich bei der Krümmung bewegendenden Gelenkhälften hervorruft²⁾. Bei paratonischen photonastischen und thermonastischen Bewegungen findet also eine gleichsinnige (d. h. gleichgerichtete), aber ungleich große Turgordruckänderung in den antagonistischen Gelenkhälften statt. Eine einseitige Turgordruckänderung infolge einer einseitigen Beleuchtung oder Temperatureinwirkung muß demnach zur heliotropischen und thermotropischen Gelenkkrümmung führen. Durch die einseitige Turgordruckabnahme wird bekanntlich auch die Bewegung, welche nach dem Stoßreiz u. dgl. bei den Blättern der Sinnpflanzen beobachtet wird, verursacht. Bei geotropischen und autonomen Bewegungen, sowie auch bei den Nachwirkungen und den rückgängigen Bewegungen, welche nach den paratonischen photonastischen und thermonastischen Gelenkkrümmungen beobachtet werden, kommt dagegen bekanntlich eine verschiedenartige Expansionsänderung und daher auch eine ungleichartige Turgordruckänderung zustande.

Von den drei den Turgordruck zusammensetzenden Kräften ist der Zentraldruck zu gering und zu wenig variabel, um die Variationsbewegungen wesentlich zu beeinflussen; die beobachteten

1) Somit erscheint mir das Bedenken PFEFFERS, ob die Zunahme der Expansionsenergie zur Erzielung der Schlafbewegung notwendig ist, hinfällig zu sein.

2) Die ausführliche Beschreibung der Versuche — im Beih. z. bot. Otbl.

Änderungen des Turgordrucks können also nur durch den osmotischen Druck des Zellsaftes und der äußeren Flüssigkeit zustandekommen¹⁾.

Im Falle der Blattgelenke muß als die äußere Flüssigkeit nicht die die Zellwände imbibierende sondern die im Xylem befindliche Lösung betrachtet werden. In der Tat, die Permeabilität der Plasmamembran der Gelenkzellen ist außerordentlich groß für die im Zellsaft gelösten Stoffe²⁾ und daher hat die die Zellwände durchtränkende Lösung eine Konzentration, welche derjenigen des Zellsaftes beinahe gleich ist. Das Wasseraufsaugen kann also nur vom Xylem stattfinden. Um das Gesagte noch klarer zu machen stellen wir uns eine große Zelle vor, die mit einer Lösung gefüllt ist und deren Wände aus einer semipermeablen Membran gebaut und an der Außenseite mit Wasser in Berührung sind. Die Lösung in der Zelle hat einen osmotischen Druck, welcher keine Änderung erfahren würde, wenn das Zellinnere durch semipermeable doppelte Membranen in Kammern geteilt und der Raum zwischen Doppelmembranen mit der Lösung gleicher Konzentration gefüllt würde.

Da die Wasseraufsaugung durch die beiden Gelenkhälften vom Xylem aus stattfindet, welches eine Lösung von sehr schwachem osmotischen Drucke enthält, so kann die Änderung des letzteren den Turgordruck der beiden Hälften nur um die gleiche Größe verändern und demnach keine Gelenkkrümmung hervorrufen. Die Variationsbewegungen können also nur durch Änderungen des osmotischen Drucks des Zellsaftes verursacht werden. Was nun diese Änderungen anbelangt, so können sie von der Temperatur, Konzentration des Zellsaftes und der Permeabilität der Plasmamembran für gelöste Stoffe herrühren³⁾, welche letztere in den Gelenkzellen, wie erwähnt, außerordentlich groß ist und daher den osmotischen Druck in hohem Maße zu beeinflussen vermag.

Die paratonischen photonastischen Bewegungen werden bekanntlich bei einer beständigen Temperatur beobachtet. Andererseits wird die durch Verdunklung am Tage hervorgerufene Bewegung der Blätter, wie meine Versuche in Übereinstimmung mit den Angaben HILBURGS⁴⁾ zeigten, auch von keiner Änderung des Salpeterwertes des Zellsaftes der Gelenke begleitet. Die beobachtete Turgordruckänderung in den Gelenkhälften kann somit nur durch eine Permeabilitätsänderung verursacht werden.

1) M. s. meinen Aufsatz Nr. 24 in diesen Berichten 1908.

2) M. s. Aufs. Nr. 28 in d. Ber. 1908.

3) M. s. Aufs. Nr. 24.

4) HILBURG, Unters. a. d. botan. Instit. Tübingen, 1881, Bd. I, S. 28.

In der Tat, meine Versuche, deren ausführliche Beschreibung in einer anderen Zeitschrift erscheinen muß, zeigten¹⁾, daß die Beleuchtungsstärke einen bedeutenden Einfluß auf die Permeabilität der Plasmamembran der Gelenkzellen ausübt²⁾. Dieses Ergebnis wurde durch Anwendung von drei verschiedenen Methoden: der Methode der isotonischen Koeffizienten³⁾, derjenigen der Konzentrationsverminderung des Zellsafts beim Verbleiben der Gelenkschnitte in Wasser und der chemischen Methode, bei welcher die aus den abgeschnittenen Gelenken ins umgebende Wasser diosmierten Stoffe abgewogen wurden, erhalten. Die plasmolytische Methode mit der Korrektur auf die Plasmapermeabilität für Salpeter, mit welchem die Plasmolyse ausgeführt wurde, zeigte zugleich, daß die Verdunkelung eine bedeutende (mehrere Atmosphären betragende) Vergrößerung des osmotischen Druckes des Zellsafts bei zunehmender Konzentration des letzteren in beiden Gelenkhälften hervorruft.

Die Fähigkeit, ihre Permeabilität für gelöste Stoffe unter dem Einfluß des Beleuchtungswechsels zu ändern (bei Verdunkelung zu vermindern), stellt, wie die Methode der isotonischen Koeffizienten zeigte, keine spezifische Eigenschaft der Plasmamembran der Gelenkzellen dar, sondern kommt vielmehr derjenigen aller pflanzlichen Zellen zu (wenigstens wurde dies für Spirogyra- und Epidermiszellen von *Tradescantia discolor* bewiesen). Die Plasmapermeabilität in diesen Zellen ist jedoch zu gering, um einen merklichen Einfluß auf den Turgordruck derselben auszuüben⁴⁾.

Versuchen wir jetzt die Frage zu beantworten, welche Ursache der ungleichen Turgordruckänderung in den antagonistischen Gelenkhälften nach Beleuchtungswechsel zugrunde liegt. Da die Turgordruckänderung, wie wir sahen, durch die Permeabilitätsänderung bedingt wird, so ist offenbar auch die erwähnte Ursache in der Permeabilität zu suchen. In der Tat, die Methode der isotonischen Koeffizienten und der Konzentrationsabnahme des Zellsaftes in Wasser zeigte, daß die Permeabilität der Plasmamembran für gelöste Stoffe in den antagonistischen Gelenkhälften stets verschieden ist. So ist z. B. in den oberen Gelenkhälften der dreigeteilten Blätter von *Phaseolus* diese Permeabilität stets größer als diejenige in den unteren Hälften. Das Verhältnis ist dagegen ge-

1) Beihefte z. bot. Centralblatt, 1909.

2) Die Plasmapermeabilität im Hellen ist 1,2—1,5 mal so groß als im Dunkeln.

3) M. s. meinen Aufsatz Nr. 28 dieser Berichte.

4) Die dabei beobachtete Turgordruckänderung übersteigt nie 0,5 Atm.

rade umgekehrt bei den Blattgelenken von *Lourea vespertilionis*. Es wird nun ganz begreiflich, weshalb Verdunkelung die Senkung der Blättchen bei *Phaseolus* und die Hebung der Blattstiele bei *Lourea* hervorruft: je größer die Plasmapermeabilität ist, desto stärker beeinflußt ihre Änderung den osmotischen Druck.

Nach der Änderung des osmotischen Drucks steigt der wirkliche innere Zellendruck nicht sofort bis zur entsprechenden Größe, weil erst das nötige Wasser aus dem Xylem eingesogen sein muß, was eine gewisse Zeit verlangt. Je größer die Kraft ist, mit welcher das Wassereinsaugen stattfindet, desto größer muß auch die Geschwindigkeit des letzteren sein. Es könnte also vorkommen, daß die Blätter nach der Krümmung eine rückgängige Bewegung ausführen würden. Diese Bewegung kann aber auch infolge einer ungleichen Durchlässigkeit der das nötige Wasser leitenden Wege, welche zur ungleichen Geschwindigkeit der Steigerung des Turgordrucks in den antagonistischen Gelenkhälften führt, vorkommen. Einen solchen Fall stellt die Bewegung der Hauptblattstiele von *Mimosa pudica* nach Verdunkelung dar, deren obere Gelenkhälften bekanntlich 3—4 mal so dicke Zellwände besitzen als die unteren Gelenkhälften. Nach Verdunkelung heben sich bekanntlich die Blattstiele, um sich nach einiger Zeit wieder zu senken.

Wenden wir uns nun der Erklärung der paratonischen thermonastischen Bewegungen zu.

Wie erwähnt, ruft die Temperaturerniedrigung eine Erhöhung des Turgordrucks in beiden Gelenkhälften hervor. Das erhaltene Versuchsergebnis stimmt auf den ersten Blick nicht mit der Theorie des osmotischen Druckes, welcher mit der Temperaturerhöhung steigt, überein. Doch gilt dieses Gesetz nur für die theoretische Größe des osmotischen Druckes. Die beobachtete Größe desselben ist dagegen von der Membranpermeabilität für gelöste Stoffe, welche mit der Temperaturerhöhung zunimmt¹⁾, abhängig. Setzen wir z. B. voraus, daß die Temperatur von 0° C bis 20° C steigt, wobei sich die theoretische Größe des der Saftkonzentration entsprechenden osmotischen Drucks von 10 Atm. bis $10 \frac{293^{\circ}}{273^{\circ}} = 10,7$ Atm. vergrößert. Der beobachtete osmotische Druck P_0 ist bei 0° gleich $10(1-\mu_0)$ und bei 20° C ist $P_{20} = 10,7(1-\mu_{20})^2$, wo μ_0 und μ_{20} die Permeabilitätsfaktoren der Membran bei 0° und bei 20° C bedeuten.

1) RYSSELBERGHE, Influence d. la temper. s. l. permeabilité d. protoplasme etc. Bull. d. l'Acad. roy. d. Belgique 1901.

2) M. s. meinen Aufsatz Nr. 24 dieser Ber.

Im Falle der Gelenkzellen (*Phaseolus*) ist μ_{20} im mittleren gleich 0,3¹⁾ und bei der Temperaturerniedrigung auf 0° verkleinert sich diese Größe, welche der Permeabilität proportional ist, nach RYSELBERGHE um 7 mal. Der beobachtete osmotische Druck des Zellsafts der Gelenke muß also, wenn die Beobachtungen RYSELBERGHES für die Plasmamembran der Gelenkzellen gültig sind, bei der Temperaturerhöhung von 0° bis 20° C von $P_0 = 10 \left(1 - \frac{0,3}{7}\right) = 9,6$ Atm. auf $P_{20} = 10,7 (1 - 0,3) = 7,5$ Atm. fallen.

Die von RYSELBERGHE für *Tradescantia discolor* gefundenen relativen Größen der Permeabilität bei verschiedenen Temperaturen sind, wie meine Versuche zeigen, nicht vollkommen auf die Gelenkzellen anzuwenden. Die Permeabilität ändert sich nämlich im letzteren Falle nicht so stark bei dem Temperaturwechsel und überhaupt gilt die Regel, daß, je größer die Permeabilität ist, desto schwächer variiert sie unter dem Einfluß der Temperatur. Andererseits übt die Änderung der größeren Permeabilität einen stärkeren Einfluß auf den osmotischen Druck des Zellsaftes aus, so daß die Vergrößerung des letzteren bei der Abkühlung bald in derjenigen Gelenkhälfte ansehnlicher ist, welche eine größere Plasmapermeabilität besitzt, bald in der entgegengesetzten Hälfte. In der Tat, die Abkühlung ruft bei der Mehrzahl der Pflanzen (*Phaseolus*) die Bewegung in der gleichen Richtung, wie die Verdunkelung, bei anderen dagegen die entgegengesetzte Bewegung (*Trifolium*) hervor²⁾.

Die thermonastischen Bewegungen werden noch dadurch komplizierter, daß die Plasmapermeabilität bei der Temperaturerhöhung nur bis zu einer gewissen Temperatur zunimmt, um bei der weiteren Temperatursteigerung keine Änderung mehr zu erfahren³⁾, und daß dieses Aufhören der Permeabilitätsänderung in verschiedenen Gelenkhälften bei verschiedenen Temperaturen stattfindet. Aus der Tabelle RYSELBERGHES (l. c.) ersieht man auch, daß das Aufhören der Permeabilitätsänderung für Glycerin bei

1) $\mu = 1 - \frac{k'}{k}$, wo k' der beobachtete und k der theoretische isotonische Koeffizient ist. Da die Permeabilität der im Zellsaft gelösten Stoffe (Blattgelenke von *Phaseolus*) derjenigen des Salpeters gleich ist, so kann man auch die Permeabilitätsfaktoren dieser Stoffe einander gleich annehmen. In diesem Falle haben wir also $\mu = 1 - \frac{2,2}{3} = 0,3$ (s. mein. Aufs. Nr. 24, S. 207 und Aufs. Nr. 28, S. 232).

2) KOSANIN, Ü. d. Einfluß von Temperatur usw. Diss. Leipzig. 1905, S. 20, 17.

3) RYSELBERGHE, l. c.

20° C und für KNO_3 bei einer höheren Temperatur als 30° C stattfindet. Durch das Gesagte erklärt sich die Tatsache, daß sich die Blättchen von *Mimosa* u. a. im Falle einer langsamen Erwärmung bei 17—21° C ausbreiten, um sich bei weiterer Temperaturerhöhung wieder zu schließen¹⁾.

Die thermonastischen Bewegungen geben auch Beispiele, bei denen die Gelenkkrümmung infolge einer ungleichen Geschwindigkeit des Wassereinsaugens durch die antagonistischen Gelenkhälften stattfindet. So heben sich zunächst die Hauptblattstiele von *Mimosa pudica* bei Abkühlung, wie bei Verdunkelung, um sich nachher wieder zu senken²⁾.

Wenden wir uns jetzt der Betrachtung der geotropischen Variationsbewegungen zu.

Die Anwendung der Methode der isotonischen Koeffizienten in meinen Versuchen mit Gelenken der dreigeteilten Blätter von *Phaseolus* zeigte, daß nach der Umkehrung der Pflanze sich die Permeabilität der Plasmamembran in der morphologisch oberen Gelenkhälfte bedeutend vermindert, während in der unteren Hälfte dabei eine Permeabilitätsvergrößerung beobachtet wird. Diese Permeabilitätsänderungen rufen selbstverständlich die entsprechenden ungleichartigen Turgordruckänderungen in den antagonistischen Gelenkhälften hervor und verursachen daher die Krümmung nach oben (d. h. nach der Basis der verkehrt aufgestellten Pflanze).

Bis dahin betrachteten wir nur das Verhalten der Plasma-permeabilität gegen die Bedingungsänderungen; man könnte aber denken, daß gleichzeitig mit der Permeabilität auch die Konzentration des Zellsaftes geändert und die Variationsbewegung dadurch modifiziert oder verstärkt würde. Die Untersuchungen KERSTANS³⁾ zeigten nämlich, daß bei geotropischen, heliotropischen und photonastischen Krümmungen sich der Salpeterwert des Zellsafts (der plasmolysierten Zellen) in der konvexen Gelenkhälfte vergrößert, in der konkaven Seite dagegen vermindert. Meine Versuche, die speziell zur Prüfung der Angaben KERSTANS angestellt wurden, zeigten, daß wir es hier mit einem sekundären Prozesse zu tun haben, welcher durch Diffusion der Zellsaftstoffe

1) KOSANIN, l. c. S. 8—9.

2) KOSANIN, l. c. S. 11. Die plötzliche Senkung bei Abkühlung kommt nicht in Betracht, weil sie durch die Reizung der unteren Gelenkhälfte verursacht wird.

3) KERSTAN, Beiträge z. Biol. d. Pfl., hrsgb. v. COHN, 1907. IX. Bd., II. H. M. s. auch HILBURG, Unters. a. d. Bot. Inst. Tübingen. I. Bd. 1881 bis 1885, S. 23.

verursacht wird. Nach der stattgefundenen Gelenkkrümmung infolge der Permeabilitätsänderung, welche von einer Volumvergrößerung der konvex werdenden Gelenkhälfte auf Kosten des aus dem Xylem eingesogenen Wassers und von einer Volumverminderung der entgegengesetzten Hälfte mit Wasserherauspressung begleitet wird, vermindert sich die Saftkonzentration (der turgeszenten Zellen!) in der konvexen Gelenkhälfte und vergrößert sich dieselbe in der konkaven Seite. Da die Plasmapermeabilität für die im Zellsaft gelösten Stoffe, wie früher erwähnt, sehr groß ist und die Zellwände durch die Lösung imbibiert sind, deren Konzentration derjenigen des Zellsafts beinahe gleich ist, so beginnt nach der anfänglichen Krümmung die Diffusion der Zellsaftstoffe in der Richtung nach der geringeren Konzentration, d. h. von der konkaven nach der konvexen Gelenkhälfte hin. Die Plasmolyse, welche wenigstens 2 Stunden (KERSTAN) nach dem Beginn des Bedingungswechsels (also auch der Krümmung, weil dieselbe sofort anfängt) ausgeführt wird, weist die beschriebene Stoffwanderung auf, welche die Zellsaftkonzentration der turgeszenten Zellen nach hinreichend langer Zeit bis auf die frühere Größe herstellen kann. Die bei der anfänglichen Krümmung geänderten Konzentrationen und daher auch Turgordruckänderungen werden demnach wieder geändert, was eine neue Krümmung (sekundäre) des Gelenkes verursacht, welche also in allen Fällen von einer ungleichartigen Turgordruckänderung in den antagonistischen Gelenkhälften begleitet wird.

Die anfängliche Ursache der betrachteten Gelenkkrümmungen ist also die Permeabilitätsänderung der Plasmamembran für gelöste Stoffe. Die durch diese Änderung hervorgerufene Krümmung führt erst zur Stoffdiffusion und einer neuen sekundären Krümmung.

Nach dem Gesagten ist es klar, daß alle Faktoren, welche die Permeabilität der Plasmamembran beeinflussen können, auch die der Permeabilitätsänderung entsprechenden Variationsbewegungen der Gelenke hervorrufen müssen. So müssen z. B. giftige und anästhesierende Stoffe, welche die Permeabilitätsänderung verursachen¹⁾, die Bewegungen, welche mit denjenigen durch den Beleuchtungswechsel verursachten gleich sind, hervorrufen. In der Tat, die Variationsbewegungen, welche von KOSANIN bei der Einwirkung des Äther- und Chloroformdampfs beobachtet wurden, entsprachen vollkommen den thermonastischen und photonastischen Bewegungen. Vor einigen Jahren habe ich gezeigt, daß Chloroform und Äther, in kleinen Quantitäten angewendet, eine

1) Beihefte z. bot. Ctbl. 1906, Bd. XIX, H. 3, S. 416 u. a.

Permeabilitätsverminderung des Protoplasmas verursachen. In Übereinstimmung mit dieser Beobachtung wiesen in den Versuchen KOSANINS die Blättchen und Hauptblattstiele von *Mimosa pudica* und anderer Pflanzen die gleichen Bewegungen nach der Einwirkung von Äther und Chloroform, wie nach Verdunkelung auf. Auch die Biegungsfestigkeit der Gelenke nach der Wirkung dieser Stoffe entsprach derjenigen nach Verdunkelung.

Die bekannten raschen Bewegungen der Blattstiele und Blättchen der Sinnpflanze, welche durch Stoßreiz und dgl. hervorgerufen und durch eine plötzliche Verminderung des Turgordrucks in einer der Gelenkhälften verursacht werden, sind, wie meine Versuche zeigten¹⁾, durch keine Konzentration des Zellsafts sondern durch eine plötzliche starke Vergrößerung der Permeabilität der Plasmamembran für gelöste Stoffe in der unteren (Blattstiele) resp. oberen (Blättchen) Gelenkhälfte bedingt.

Was nun die autonomen Bewegungen, Nachwirkungen und rückgängigen Bewegungen der photonastischen und thermonastischen Krümmungen anbelangt, so habe ich zurzeit noch keine Untersuchung darüber gemacht, welche Ursache ihnen zugrunde liegt. Doch läßt sich vermuten, daß wir es auch hier mit ähnlichen Permeabilitätsänderungen zu tun haben.

Da die Variationsbewegungen durch Permeabilitätsänderungen der Plasmamembran verursacht werden, so kann man erwarten, daß verschiedene Faktoren, welche diese Bewegungen hervorrufen, bei einer gemeinsamen Wirkung zu andersgestalteten Bewegungen führen werden. In der Tat ist es bekannt, daß die Pflanzen, deren Blätter sich in normaler Stellung bei Verdunkelung senken, nach der Umkehrung mit der Wurzel nach oben die sogenannten verkehrten Schlafbewegungen aufweisen. Nach der Umkehrung der Pflanze ist die Permeabilität der Plasmamembran in der morphologisch oberen Gelenkhälfte kleiner geworden als diejenige in der unteren Hälfte (Vergrößerung des Turgordrucks in der oberen und Verminderung in der unteren Hälfte), und demnach ruft jetzt Verdunkelung eine größere Turgordruckzunahme in derjenigen Hälfte hervor, in welcher bei normaler Pflanzenstellung eine kleinere Zunahme beobachtet wurde. Zu den kombinierten Einwirkungen auf die Permeabilität muß auch die von KOSANIN beobachtete Verlegung der niedrigsten Lage der Hauptblattstiele von *Mimosa pudica* von

1) In diesem Aufsatz habe ich keinen Raum, die experimentellen Belege vorzubringen, doch beabsichtige ich, dies in einem anderen speziellen Aufsatz zu tun.

10 Uhr abends auf 10 Uhr morgens bei hohen Temperaturen gerechnet werden.

Es ist weiter bekannt, daß nach der Einwirkung von Chloroform und Äther die Reizbewegungen der Sinnpflanze aufhören. Der Versuch zeigt, daß die Hauptblattstiele von *Mimosa pudica* auch nach der Permeabilitätsverminderung durch Verdunkelung (die Pflanze wurde am Tage auf 1 Stunde ins Dunkle gebracht) gegen Stoßreiz unempfindlich werden und daß sie nach dem Erhellen schon durch den geringsten Hauch gereizt werden.

Nach dem Gesagten kann man für die Pflanzen, welche verkehrte photonastische Bewegungen aufweisen, auch verkehrte thermostatische Bewegung nach der Umkehrung usw. voraussagen.

86. F. W. Neger: Ambrosiapilze.

(Mit Taf. XII und 2 Textfiguren.)

(Eingegangen am 27. November 1908.)

Seitdem A. MÖLLER (5) in mustergültiger Weise die Beziehungen verschiedener Ameisen Brasiliens zu gewissen ihnen zur Nahrung dienenden Pilzen klargelegt hat, sind eine Reihe weiterer Fälle bekannt geworden, in welchen eine mehr oder minder wohl geregelte Symbiose zwischen Insekten und Pilzen besteht.

Ich erinnere an die von HOLTERMANN (3) und später von PETCH (7) beschriebenen Pilzgärten der Termiten, an die eigentümlichen Pilzrasen, welche den holzbrütenden Bostrychiden zur Nahrung dienen, seit langer Zeit als Ambrosia bekannt.

Eine in Europa einheimische Ameise *Lasius fuliginosus* (Latr.) züchtet gleichfalls, wenn auch (wahrscheinlich) zu anderem Zweck als die südamerikanischen Blattschneider usw. — einen Pilz *Septosporium myrmecophilum* Fres. in ihrem Nest¹⁾.

1) Daß der Pilz des *Lasius fuliginosus* nicht etwa nur eine zufällige Erscheinung ist, geht aus folgenden Tatsachen hervor: 1. Die Anwesenheit des Pilzes im *Lasius*nest ist von allen Beobachtern — meist Entomologen — bestätigt worden. 2. Der zuerst von FRESENIUS als *S. myrmecophilum* beschriebene Pilz wurde eingehender studiert von G. VON LAGERHEIM (4) auf Grund von Material, welches dieser Forscher auf der Insel Öland sammelte.

ZOBODAT - 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: [Zur Kenntnis des Mechanismus der Variationsbewegungen.
724-735](#)