

35. Egon Bersa und Friedl Weber: Reversible Viskositätserhöhung des Cytoplasmas unter der Einwirkung des elektrischen Stromes.

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz.)

(Eingegangen am 15. April 1922. Vorgetragen in der Maisitzung.)

(Mit 1 Abbildung im Text.)

PENTIMALLI (1909, 1912), MC CLENDON (1910), HARDY (1913), MEIER (1921) beobachteten in den Zellen der Wurzelspitzen verschiedener Pflanzen unter der Einwirkung des konstanten elektrischen Stromes eine kataphoretische Verlagerung des Zellkernes. In Zellen, die in Teilung begriffen sind, oder aber in solchen bestimmter Regionen der Keimwurzel unterbleibt die Kataphorese des Zellkernes; die genannten Autoren, insbes. MEIER, erklären dies damit, daß der Reibungswiderstand, die Viskosität des Cytoplasmas, in solchen Zellen die Verlagerung verhindert. Die kataphoretische Wanderungsgeschwindigkeit entspricht der Formel $v = \frac{\varepsilon \cdot H \cdot D}{4 \pi \eta}$, wobei H das Potentialgefälle, D die Dielektrizitätskonstante, ε den Potentialsprung zwischen dem suspendierten Teilchen und der Flüssigkeit und η die Viskositätskonstante bedeutet: die Geschwindigkeit ist also der Viskosität verkehrt proportional. Die „Kataphoresemethode“ (WEBER 1922) läßt sich nur dann ohne weiteres zur Bestimmung des normalen Viskositätsgrades des Cytoplasmas heranziehen, wenn alle in obiger Formel enthaltenen Faktoren, vor allem auch die Viskosität selbst, während der Durchströmung konstant bleiben. Der Zweck der vorliegenden Untersuchung war zunächst, zu prüfen, ob die Cytoplasmaviskosität sich infolge der Durchströmung ändert.

Als Versuchsobjekt kamen nicht Wurzelspitzen zur Verwendung, sondern Epikotyle von *Phaseolus multiflorus*, die sich zur Viskositätsbestimmung ganz besonders eignen. Es wurde mit der Zentrifugierungsmethode gearbeitet, und zwar genau nach den in diesen Berichten erfolgten Angaben (WEBER 1922 a). Aus geraden, ca. 10 cm langen Epikotylen von *Phaseolus*-Lichtkeimlingen (mittlere Querschnittsfläche etwa 7—8 mm²) wurden mit dem Rasiermesser

Stücke in der Länge von etwa 1—2 cm herausgeschnitten und gewöhnlich je zwei davon gleichzeitig der Einwirkung des elektrischen Gleichstromes ausgesetzt, und zwar in der auf untenstehender Figur dargestellten Weise: Zwei rechteckige Wannen, mit Leitungswasser gefüllt, wurden so einander genähert, daß ein Objektträger *o*, mit den Längskanten aufliegend, eine kurze aber breite Brücke bildete. Zwei Filterpapierstreifen *a* werden nun so aufgelegt und umgebogen, daß sie sich gegenseitig nicht berühren, zwischen ihnen aber die Stengelstücke *s* senkrecht aufgestellt werden können. Der Strom wird den Wannen durch zwei große Kohlenplatten zu-

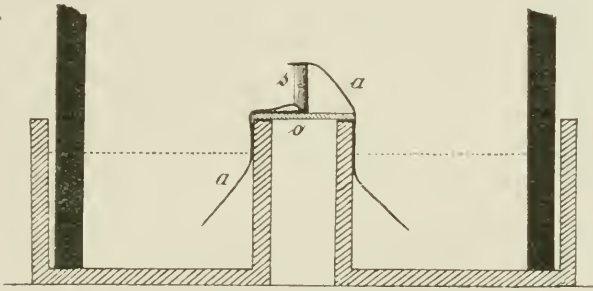


Abb. 1

geführt, tritt dann in die mit Wasser durchtränkten Filterpapierstreifen ein und von diesen in die Stengel. Zersetzungsprodukte, die an den Kohlenelektroden auftreten könnten, gelangen so nicht zum Stengel, um so weniger, als Papierstreifen und Wasser öfter gewechselt werden und die Einzelversuche nur kurze Zeit dauern. Die Stromstärken wurden mittels eines Spiegelgalvanometers gemessen. Die Temperatur des Versuchsraumes betrug 20—22 ° C. Von den Versuchsprotokollen kann in folgender Tabelle nur ein kurzer Auszug wiedergegeben werden. Als verlagert werden die Statolithen dann bezeichnet, wenn sie sämtlich das zentrifugale Zellende erreicht haben. „Keine“ bedeutet, daß in keiner Stärkescheidenzelle der Schnitte eine Verlagerung zu sehen ist, „allen“, daß in allen Zellen die Statolithen das zentrifugale Ende erreicht haben. Gleich nach der Durchströmung und nach der Erholungszeit wurde durch Plasmolyse geprüft, ob die Zellen lebend sind.

Strom		Zentrifugierung		Verlagerung der Stärke in den Zellen				
Stärke Milli- A.	Dauer Sek.	Stärke in g	Dauer Sek.	gleich nach der Durchströmung		nach einer Erholung von		
				durch- strömt	Kontrolle	Mio.	durch- strömt	Kontrolle
0·15	240	8·5	120	keine	fast allen	—	—	—
0·15	240	8·5	120	—	—	15	fast allen	fast allen
0·36	15	21	60	fast allen	fast allen	—	—	—
0·46	240	8·5	120	keine	fast allen	—	—	—
0·46	240	8·5	120	—	—	65	allen	allen
0·89	240	8·5	120	keine	fast allen	—	—	—
0·89	240	8·5	120	—	—	20	teilweise	—
1·04	240	25	30	keine	allen	—	—	—
1·04	240	25	30	—	—	40	allen	allen
1·14	240	21	360	keine	allen	—	—	—
1·14	240	21	360	—	—	30	fast allen	allen
2·1	600	22	30	keine	allen	—	—	—
2·1	600	22	30	—	—	20	teilweise	allen
2·1	600	22	30	—	—	130	allen	allen
3·4	30	21	40	fast keine	allen	—	—	—
8·0	15	21	60	keine	fast allen	—	—	—
8·0	15	21	60	keine	—	25	keine	allen

Diskussion.

Aus den Versuchen geht zunächst hervor, daß eine Zentrifugalkraft, die im normalen Stengel die Statolithen völlig verlagert, dazu bei den durchströmten Statocysten nicht ausreicht. Nach allen bisherigen Erfahrungen (Literatur bei WEBER l. c.) kann man aus dem Unterbleiben der Verlagerung auf eine Viskositätssteigerung des Cytoplasmas schließen. Nur muß auf folgende zwei Möglichkeiten verwiesen werden. Die Viskositätserhöhung könnte sich auf die äußersten Schichten des Protoplasten beschränken, in die bei lang andauernder geotropischer Ruhelage die Statolithenstärke versenkt erscheint. Es hat ja HEILBRONN (1922) neuestens festgestellt, „die Festigkeit des Ektoplasmas kann bei fast völliger Konstanz des Innenplasmas alle Werte . . . bis zu dem . . . eines Gels durchlaufen“. Ferner meint ZOLLIKOFER (1922, S. 309), es könnten elektrostatische Anziehungskräfte zwischen der plasmatischen Hautschicht und den Statolithen bestehen, und diese müßten erst bei der Loslösung überwunden werden. Eine Steige-

rung dieser Kräfte unter dem Einflusse des elektrischen Stromes könnte eine Viskositätserhöhung vortäuschen. Wenn auch diese beiden Möglichkeiten nicht vollkommen auszuschließen sind, so spricht doch u. a. das Ergebnis folgenden Versuches gegen ihre Wahrscheinlichkeit und bringt den Beweis, daß die Viskositätserhöhung (zumindestens auch) das Endoplasma betrifft. Die Stengel wurden nicht, wie gewöhnlich, in der stabilen geotropischen Ruhelage der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt, sondern in der inversen labilen geotropischen Gleichgewichtslage, nachdem sie vorher einen \pm langen Teil der Wanderzeit dieser Lage exponiert worden waren. Längsschnitte durch solche Stengel vor der elektrischen Reizung zeigten entsprechend den Befunden ZOLLIKOFERS (1918) die Statolithen auf der Wanderschaft, also von der Hautschicht losgelöst, im Endoplasma eingebettet. Die dem Strom ausgesetzten Stengel wiesen nach Zentrifugierung, im Gegensatz zu den im übrigen ebenso behandelten Kontrollen, nicht weiter verlagerte Statolithen auf; wo immer sich die Stärkekörner auf ihrer Wanderschaft im Protoplasten auch befinden mögen, dort werden sie von dem erstarrenden Endoplasma in ihrer Lage festgehalten.

Eine eingehende Diskussion und Berücksichtigung der einschlägigen Literatur bleibt einer späteren Publikation vorbehalten. Es sei hier nur auf folgende Arbeiten hingewiesen: Wiederholt wurde unter dem Einfluß des konstanten elektrischen Stromes eine polare Verschiedenheit in der Reaktionsweise des Protoplasten (bzw. Organs) beobachtet. GREELY (1904) sagt z. B.: „About the anode and on the anodal side of the cells the protoplasm is coagulated . . . about the cathode and on the cathodal side of the cells the protoplasm is liquefied.“ Bei derartigen Versuchen handelt es sich aber meist wohl um prae-, wenn nicht postmortale irreversible Vorgänge. Eine polare Viskositätsverschiedenheit haben wir bisher noch nicht festgestellt, sie wäre insbesondere auch im Hinblick auf den Galvanotropismus von Interesse. Weitere Versuche darüber sind geplant.

Eine reversible Viskositätssteigerung „gelation in living protoplasm“ hat BAYLISS (1920) an *Amoeba princeps* bei elektrischer Reizung nachgewiesen. Die Erstarrung des Cytoplasmas, erkenntlich an der Sistierung der BROWNSchen Molekularbewegung, erfolgt „almost instantaneously“. Wird bei *Amoeba* die Reizung eingestellt, „almost at the same time the Brownian movement . . . recommence“. Dagegen ist bei unserem Versuchsobjekt eine gewisse Erholungszeit erforderlich zur Wiedererlangung der normalen Cytoplasmaviskosität.

Ergebnis.

1. Unter der Einwirkung des elektrischen Gleichstromes erhöht sich in den Stärkescheidezellen von *Phaseolus multiflorus* die Viskosität des Cytoplasmas.
2. Bei stärkeren Strömen (5—10 Milli-A.) genügt eine kürzere Durchströmungszeit ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Minute), bei schwächeren (0.15—5 M.-A.) ist eine längere (1—4 Min.) nötig, um Viskositätssteigerung in dem beobachteten Ausmaße hervorzurufen.
3. Die Viskositätserhöhung ist beträchtlich, da selbst bei einer Zentrifugierungsdauer von ca. 3mal so langem Ausmaße als diejenige ist, welche zur Verlagerung der Statolithen normaler Zellen genügt, keine Verlagerung erfolgt.
4. Die Viskositätssteigerung ist reversibel, d. h. nach einer Erholungszeit von 20—40 Minuten nach Beendigung der Stromeinwirkung tritt Viskositätsabnahme ein, und der frühere normale Viskositätsgrad wird annähernd oder völlig wieder erreicht.

Literatur.

- BAYLISS, W. M., 1920, Proc. R. Soc. London, B. 91.
GREELY, A. W., 1904, Biol. Bull. 7.
HARDY, W. B., 1913, Journ. of Physiol. 47.
HEILBRONN, A., 1922, Jahrb. wiss. Bot. 60.
MC CLENDON, G. F., 1910, Arch. f. Entwickl. Mech. 31.
MEIER, H. F. A., 1921, Botanic. Gaz. 72.
PENTIMALLI, F., 1909 u. 1912, Arch. f. Entwickl. Mech. 31.
WEBER, F., 1922, diese Ber. 40.
—, —, 1922a, Methoden der Viskositätsbestimmung. ABDERHALDENs Handbch.,
Abt. XI, Teil 2. (Im Druck.)
ZOLLIKOFER, C., 1918, Beitr. allgem. Botanik 1.
—, —, 1922, Rec. trav. bot. néerl. 18.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Bersa Egon von, Weber Friedl

Artikel/Article: [Reversible Viskositätserhöhung des Cytoplasmas unter der Einwirkung des elektrischen Stromes. 254-258](#)