

die Zellen lange vor der Fortpflanzung und nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit ihr mehrkernig werden; die eigentliche Fortpflanzung besteht dann in einer Zerklüftung des Plasmas, das sich in Portionen um die Kerne ansammelt und so die Fortpflanzungszellen bildet. Die Teilungen sind typisch simultan. Beim zweiten Typus verlaufen die Teilungen sukzedan, die Kernteilung fällt mit der Bildung der Tochterzellen zusammen. Dabei muß aber die Sukzedanie nicht streng sein, d. h. nicht jeder Kernteilung muß sogleich eine Plasmabildung folgen. Es können im Fall einer solchen Diskrepanz von Kern- und Zellteilung mehrkernige Plasmastücke entstehen und rein äußerlich eine Ähnlichkeit mit dem ersten Typus hervorrufen. Einen solchen Fall verwischter Sukzedanie stellt *Calyptobactron* in sehr anschaulicher Weise dar. Es gehört aber zum zweiten Typus, da die Kernteilung immer unmittelbar mit der Fortpflanzung verbunden ist.

Man kann sich die phylogenetische Entwicklung wohl so vorstellen, daß bei Formen, bei denen Kern- und Zellteilung zusammenfielen, allmählich die Tendenz, mehrkernige Zellen auszubilden, betont wurde. Einen extremen Fall in dieser Richtung stellt *Hydrodictyon* dar.

Biologische Station Lunz, im September 1924.

Plasmolyseform und Protoplasmaviskosität.

Von **Friedl Weber** (Graz).

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz.)

In einer vorläufigen, in dieser Zeitschrift erschienenen Mitteilung „Das Fadenziehen und die Viskosität des Protoplasmas“ (1921a) habe ich dargelegt, daß die Form des bei Plasmolyse kontrahierten Protoplasten (Plasmolyseform) Rückschlüsse auf den Viskositätszustand des Protoplasmas gestattet. In meiner Darstellung der „Methoden der Viskositätsbestimmung des lebenden Protoplasmas“ (1924a) wurde weiter ausgeführt, wie das Eintreten „eckiger“ Plasmolyse an Stelle „konvexer“, also der Mangel des Abrundungsvermögens des kontrahierten Protoplasten, als Anzeichen erhöhter Plasmaviskosität zu betrachten ist. In einer eben erschienenen Arbeit „Über Protoplasma-veränderungen bei Plasmolyse“ kommt Chodolny 1924 — anscheinend, ohne obige Darstellungen zu kennen — zu ganz analogen Ergebnissen und Vorstellungen. Ich sehe mich dadurch veranlaßt, dasjenige hier kurz zusammenzustellen, was mir über diese Frage durch weitere eigene Beobachtungen sowie aus der Literatur bekannt geworden ist.

Ein exakter Beweis dafür, daß mangelhafte Abrundung sowie das Fadenziehen des Protoplasten bei Plasmolyse tatsächlich Anzeichen erhöhten Plasmaviskositätsgrades sind, wurde von Cholodny nicht erbracht; ein solcher Beweis ist erst dann geführt, wenn die Erhöhung der Protoplasmaviskosität an Parallelversuchen durch eine andere bereits erprobte Methode, z. B. die Zentrifugierungsmethode, aufgezeigt ist. Auf solche Fälle sei im folgenden eingegangen:

1. Szűcs (1913) hat an Spirogyren unter dem Einfluß des Aluminium-Jons eckige Plasmolyse gesehen und gleichzeitig durch Zentrifugierungsversuche das Unterbleiben der Chloroplastenverlagerung und somit „Erstarrung des Protoplasmas“ festgestellt.

2. Weber und Hohenegger (1923) sahen bei *Spirogyra orthospira*, wie in hypertonischer Rohrzuckerlösung bei Zimmertemperatur die Abrundung des Protoplasten ohne wesentliche Fadenbildung rasch erfolgt, bei 2° C aber breite Plasmafäden und -Stränge ausgezogen werden, welche die Abrundung verzögern, so daß die Plasmolyseform (wenigstens anfänglich) eine eckige ist. Zentrifugierung ergab auch in diesem Falle wiederum als Parallelerscheinung bei der niederen Temperatur gegenüber dem Zimmertemperatur-Material eine Erschwerung der Inhaltsverlagerung, somit Cytoplasmaviskositäts-erhöhung.

3. Seifriz (1923) hat neuestens auffallende Unterschiede in der Plasmolyseform für *Elodea*-Blattzellen beschrieben. In Leitungswasser gehaltene *Elodea*-Zellen plasmolysieren in KNO_3 mit konkaven Oberflächen, eine halbe Stunde mit 10% Alkohol vorbehandelte *Elodea*-Protoplasten dagegen zeigen gleich am Plasmolysebeginn konvexes, leichtes Abheben. Seifriz schreibt dies (ohne weitere Begründung) einer Änderung der Oberflächenspannung zu. Meine bisherigen Erfahrungen ließen mich annehmen, daß auch Viskositätsänderungen an obiger Erscheinung beteiligt seien. Ich stellte daher Versuche mit *Elodea* an. Zunächst konnte ich das Auftreten der von Seifriz angegebenen Plasmolyseform-Unterschiede auch bei meinem *Elodea*-Material vollkommen bestätigen. Zentrifugierungsversuche ergaben hierauf, der Erwartung entsprechend, bei den Alkoholblättern wesentlich leichtere Verlagerungsfähigkeit des gesamten Chloroplasteninhaltes, die vollkommen der konvexen leichten Abrundungen des mit 4—5% KNO_3 plasmolysierten Protoplasten parallel geht. Die Wasserblätter zeigen dagegen in den gleich situierten Zellen bei gleicher Zentrifugierung fehlende oder unvollkommene Verlagerung des Zellinhaltes und im gleichen Plasmolytikum konkaven Plasmolyseanfang.

Daß der Einfluß von Narcoticis auf die Plasmaviskosität auch in der Plasmolyseform zum Ausdruck kommt, konnte ich auch an *Spirogyra varians* beobachten. In 1—2% Ätherwasser wird die Proto-

plasmaviskosität herabgesetzt, wie aus der relativ leichten Verlagerungsfähigkeit des Chloroplastenbandes erschlossen werden kann (vgl. Weber, 1921b). Mit dem gleichen *Spirogyra*-Material wurden Plasmolyse-Versuche mit Rohrzucker als Plasmolytikum ausgeführt. Das Ergebnis war stets folgendes: *Spirogyra*, mit 1% Ätherwasser vorbehandelt, zeigt bei Zuckerplasmolyse sich rasch abrundende, von Anfang an konvexe Protoplaste, die Kontrollen in Leitungswasser, die dem Ergebnis der Zentrifugierungsversuche nach höhere Protoplasmaviskosität besitzen, weisen dagegen typisch eckige Plasmolyse auf, es lassen sich meist breite Plasmastränge beobachten und die Plasmolyse wird, wenn überhaupt, so erst sehr spät konvex.

4. Cholodny hat den Einfluß verschiedener Plasmolytika, also hypertonischer Lösungen, auf die Plasmolyseform studiert; ähnliche Angaben finden sich auch bei Prát (1922). Auch ich habe Unterschiede in der Plasmolyseform wiederholt bei Anwendung verschiedener Plasmolytika gesehen; erwähnt sei nur, daß *Spirogyra varians*, in Glycerin (0.50 GM) plasmolysiert, eckige, in 4% KNO_3 dagegen konvexe Protoplastenform zeigt.

Salze vermögen aber auch in hypotonischer Lösung die Protoplastenviskosität so zu verändern, daß dies bei darauffolgender Plasmolyse mit Rohrzucker noch zum Ausdruck kommt. Ein kurzer Auszug meiner noch nicht abgeschlossenen Versuchsreihen sei hier mitgeteilt. Versuchspflanze war *Spirogyra orthospira*. Das Vergleichsmaterial in Leitungswasser ergab stets eckig beginnende Plasmolyse und dementsprechend auch beim Zentrifugieren schwere Verlagerbarkeit des Zellinhaltes. Wie sich diese Spirogyren bei Zuckerplasmolyse bei Vorbehandlung mit Salzlösungen verhielten, ist in folgender Tabelle verzeichnet:

Vorbehandlung		Plasmolyse-Form	Chloroplasten-Verlagerung
$\frac{1}{10}$ mol Lösung	Dauer		
$Ca(NO_3)_2$	20 Stunden	konvex	leicht
"	4 Tage		
"	5 "		"
$CaCl_2$	3 "	" Krampfplasmolyse	"
"	8 "		sehr leicht
$NaCl$	30 Stunden		sehr schwer
Leitungswasser	jeweilige Kontrolle	eckig	schwer

5. Nicht nur unter dem Einfluß bestimmter Außenfaktoren wie Temperatur, Narkotika, Salzen, sondern auch als Charakteristikum bestimmter innerer Entwicklungszustände lassen sich bei einer anderen *Spirogyra*-Art die beiden hier erörterten Anzeiger einer Erhöhung der Plasmaviskosität, nämlich eckige Plasmolyse und erschwerte Inhaltsverlagerung, wiederum als Parallelsymptome feststellen. Wie in einer im Druck befindlichen Arbeit (1924b) näher ausgeführt wird, zeichnen sich bei *Spirogyra crassa* anlässlich der Kopulationsbereitschaft der Fäden gewisse Zellen durch eckige Plasmolyse aus, andere durch konvexe, u. zw. im gleichen Plasmolytikum; die ersteren sind nun wieder gerade diejenigen, deren Inhalt schwer, die letzteren, deren Inhalt leicht durch Zentrifugieren sich verlagern läßt.

[*Spirogyra crassa* ist eine *Spirogyra*-Art, bei der die Chloroplastenbänder und der Zellkern auffallend leicht durch Schleuderkräfte verlagert werden; das spricht für eine relativ geringe Plasmaviskosität dieser Art. Bei *Spirogyra varians* dagegen bedarf es einer fast zehnfachen Zentrifugierungsdauer, um gleich starke Verlagerung zu erzielen wie bei *Spirogyra crassa*. Wenn an diesem auffallenden Unterschied in der Verlagerbarkeit vielleicht auch eine Verschiedenheit im spezifischen Gewicht der Chloroplasten beteiligt sein kann, so darf man doch wohl entnehmen, daß *Spirogyra varians* ein wesentlich zäherflüsssiges Protoplasma besitzt als *Spirogyra crassa*. Die von Cholodny hypothetisch geäußerte Ansicht, daß sich die Pflanzen in ihrer Plasmaviskosität recht merklich unterscheiden, hat hiemit sogar für verschiedene Arten ein und derselben Algengattung Bestätigung gefunden. Im Hinblick auf diese Unterschiede in der habituellen Plasmakonsistenz ist es nicht befremdend, wenn sich bei der hochviskosen *Spirogyra varians* die feineren Unterschiede in der Plasmolyseform und Verlagerbarkeit, wie sie die verschiedenen Zelltypen bei *Spirogyra crassa* in Kopulationsbereitschaft zeigen, nicht in gleicher Weise beobachten lassen; es kann eben, entsprechend den Ausführungen Cholodnys, bei Pflanzen mit hoher primärer Plasmaviskosität die gewiß auch hier vorhandene sekundäre Viskositäts-erhöhung bei unserer noch recht rohen Methodik nicht zum Ausdruck kommen.]

Die Plasmolyseform ist gewiß nicht ausschließlich von der Plasmaviskosität abhängig; Oberflächenspannung, Adhäsion, Klebrigkeit sind daran jedenfalls auch beteiligt.

In mir eben zugegangenen Arbeiten schreibt Searth der Adhäsion des Protoplasmas an die Membran die ausschlaggebende, der Viskosität nur eine nebensächliche Bedeutung zu. Für den von mir im obigen hauptsächlich berücksichtigten Spezialfall der „eckigen“ Plasmolyse kann dies aber deswegen nicht zutreffen, weil hier — eben als Folge der Erhöhung

der Viskosität — eine Abrundung auch dann nicht eintritt, wenn der Plasmaschlauch sich bereits überall von den Längs- und Querwänden abgehoben hat, die Adhäsionskräfte also bereits überwunden sind. In anderen Fällen aber spielt, den Angaben Scarths vollkommen entsprechend, jedenfalls auch die Adhäsion (Haftvermögen, Klebrigkeit, stickiness, adhesiveness) eine wichtige, wenn nicht die wichtigste Rolle (vgl. Weber und Hohenegger, 1923). Von besonderem Interesse ist es, daß Scarth die Bedeutung der Starrheit des Chloroplasten für die Plasmolyseform von *Spirogyra* hervorgehoben hat. Als Normalzustand beschreibt er treffend folgendes Plasmolysebild: Der Chloroplast „resist the pull of the cytoplasm so strongly that the latter festoons inward between the coils of the chloroplasts. The natural angularity of outline of the chloroplasts is also retained and imposed upon the surface of the whole contracting protoplast.“ Dieser Fall dürfte nach meinen bisher nicht veröffentlichten Beobachtungen für viele *Spirogyra*-Arten nicht dem Normalzustand entsprechen, sondern gerade derjenige andere Fall, den Scarth als Reizwirkung erhält und den er wie folgt beschreibt: Der Chloroplast „offer less resistance to change of shape and allow the contracting protoplast to assume the form of smooth ellipsoid or sphere.“ Der erstere Fall, der am besten als „Schraubenplasmolyse“ zu bezeichnen wäre, wurde von mir stets in der allerextremsten Ausprägung bei *Spirogyren* unter dem Einfluß oligodynamischer Kupferwirkung beobachtet, wie in einer späteren Mitteilung ausführlicher dargelegt werden soll.

Außer der Form des kontrahierten Protoplasten ist ganz besonders dessen Fadenziehen von Interesse. Die fadenziehenden Substanzen bieten mannigfache Verschiedenheiten dar; Luigi Tocco (1923) schlägt daher eine Einteilung solcher Körper in „corpi gommosi, vischiosi, filanti, filanti-elastici, elastici-filanti“ vor. Besonders die beiden letztgenannten Körperklassen mit ihren ausgeprägt elastischen Eigenschaften nehmen eine bemerkenswerte Mittelstellung zwischen festem und flüssigem Aggregatzustand ein. Durch die grundlegenden Untersuchungen von Freundlich und Seifriz (1923) sind die elastischen Eigenschaften des Protoplasmas und hyophiler Sole der experimentellen Prüfung zugänglich geworden. Wo die von den genannten Autoren ausgebildete, auf Heilbronn (1922) zurückgehende Elektromagnetmethode am lebenden Protoplasma nicht Anwendung finden kann, wird die Beobachtung des Fadenziehens zu einer wertvollen Ersatzmethode werden können.

Zusammenfassung:

1. Der Beweis, daß aus der Plasmolyseform tatsächlich auf den Viskositätszustand des Protoplasmas geschlossen werden kann, wurde

durch zur Kontrolle vorgenommene Viskositätsbestimmungen mittels der Zentrifugierungsmethode erbracht.

2. Konvexe Plasmolyseform ohne Plasmafäden spricht für relativ niedere Protoplasnaviskosität.

3. Eckige (oder Krampf-) und konkave Plasmolyse und das Auftreten zahlreicher Plasmafäden, die nicht oder nur langsam eingezogen werden, spricht für höhere Viskositätsgrade des Protoplasmas.

4. Ein spezieller Fall der Plasmolyseform bei Spirogyren ist die „Schraubenplasmolyse“; sie ist der Ausdruck einer Versteifung des Chromatophorenbandes; in besonders ausgeprägter Weise tritt sie unter der oligodynamischen Wirkung des Kupferions auf.

5. Die Beobachtung der Plasmolyseform, insbesondere auch des Fadenziehens (Weber 1921, Cholodny 1924), gibt demnach ein einfaches, geeignetes Hilfsmittel ab, um den Viskositätszustand des Protoplasmas und seine Veränderungen zu beurteilen.

Literatur.

- Cholodny N., 1924, Über Protoplasmaveränderungen bei Plasmolyse. Biochem. Ztschr., **147**.
- Freundlich H. und Seifriz W., 1923, Über die Elastizität von Solen und Gelen. Ztschr. physikal. Chem., **104**.
- Heilbronn A., 1922, Eine neue Methode zur Bestimmung der Viskosität des lebenden Protoplasmas. Jahrb. wissenschaft. Bot., **61**.
- Prát S., 1922, Plasmolyse und Permeabilität. Biochem. Ztschr., **128**.
- Scarth G. W., 1923, Adhesion of protoplasm to cell wall and the agents which cause it. Transact. R. Soc. Canada, **17**.
- — 1924a, Colloidal changes associated with protoplasmic contraction. Quart. Journ. exper. Physiol., **14**.
- — 1924b, The action of cations on the contraction and viscosity of protoplasm in *Spirogyra*. Ebenda.
- Seifriz W., 1923, Observations on the reaction of protoplasm to some reagents. Ann. of Bot., **147**.
- — 1924, An elastic value of protoplasm. British Journ. exp. Biol., **1**.
- Szűcs J., 1913, Über charakt. Wirkungen des Aluminiumions. Jahrb. wissenschaft. Bot., **52**.
- Tocco L., 1923, Contributo sperimentale allo studio dei corpi filanti. Arch. intern. Pharmacodyn. et Thérap., **27**.
- Weber F., 1921a, Das Fadenziehen und die Viskosität des Protoplasmas. Österr. bot. Ztschr., **70**.
- — 1921b, Zentrifugierungsversuche mit ätherischen Spirogyren. Bioch. Ztschr., **126**.
- — 1924a, Methoden der Viskositätsbestimmung des lebenden Protoplasmas. Abderhalden, Handb. biolog. Arbeitsmeth., **XI**, **2**.
- — 1924b, Protoplasnaviskosität kopulierender Spirogyren. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., **42**.
- Weber F. und Hohenegger H., 1923, Reversible Viskositätserhöhung des Protoplasmas bei Kälte. Ebenda **41**.

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: 1924

Band/Volume: [073](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Friedl

Artikel/Article: [Plasmolyseform und Protoplas maviskosität. 261-266](#)