

### 30. Friedl Weber: Die Zellsaftviskosität lebender Pflanzenzellen.

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz.)

(Eingegangen am 11. März 1921. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Die Viskositätsverhältnisse des lebenden Protoplasmas haben in letzter Zeit zunehmende Beachtung gefunden; dagegen liegen über die Viskosität des Zellsaftes lebender Pflanzenzellen m. W. fast keine Angaben vor. Als erster scheint EWART 1903 versucht zu haben, sich eine Vorstellung von der Viskosität des Zellsaftes zu bilden. Auf Grund des Vergleiches der Zähigkeit isosmotischer Lösungen kommt er dabei zu folgendem Schlusse: Hence the viscosity of the cellsap under ordinary circumstances probably lies between 0.01 and 0.02 at 20° C. In cells loaded with sugar (beetroot, onions) the viscosity may rise to from 0.03 to 0.06 at 20° C. HEILBRONN hat dann 1914 anlässlich seiner Plasmaviskositätsstudien auch gelegentlich die Viskosität des Zellsaftes berechnet und gibt sie — für *Vicia Faba* bei 18° C. — für 1.9mal so groß als die des Wassers, also mit 0.0201, an. Dieser Wert stimmt also gut mit dem von EWART angenommenen überein. Daß die Viskosität der Vakuolenflüssigkeit 1.9mal höher ist als die des Wassers, dies — meint HEILBRONN — „verblüfft einigermaßen; es läßt die Vermutung aufkommen, daß auch im Zellsaft neben den Kristalloiden Kolloide vorhanden sind, denen die doch recht große Viskositätssteigerung zur Last fiele“. Das Vorkommen von Kolloiden im Zellsaft unterliegt wohl keinem Zweifel: Eiweißkörper werden ganz allgemein „gelöst“ im Zellsaft angenommen, und zu den Kolloiden der Vakuolenflüssigkeit gehören der Gerbstoff, das Inulin u. a.<sup>1)</sup>

HEILBRONN hat die Viskosität des Zellsaftes gemessen, indem er die Fallgeschwindigkeit von Stärkekörnern ermittelte, die in den Zellsaft hineingeraten waren. Es gelingt nämlich „hier und da einigen Körnern, die Vakuolenhaut zu durchbrechen, um dann in der Regel, an einem dünnen Plasmafaden hängend, quer durch die Vakuolenflüssigkeit hindurchzufallen“. Ganz abgesehen davon,

1) Siehe die Zusammenstellung der in den Zellsaftanten nachgewiesenen Stoffe bei A. MEYER 1920, p. 391.

daß der dünne Plasmafaden wohl auf die Fallgeschwindigkeit eine „hemmende Wirkung“ ausübt, scheint dieses „Durchbrechen der Vakuolenhaut“ nicht so häufig zur sicheren Beobachtung (bei Stärkekörnern) zu kommen, daß sich darauf eine bequeme Messung der Zellsaftviskosität und ihrer Veränderungen aufbauen ließe. Dagegen muß sich — worauf ich schon 1917 hingewiesen habe — in Fällen, wo sich im Zellsaft<sup>1)</sup> spezifisch schwerere Bestandteile, vor allem Kristalle, suspendiert vorfinden, durch Ermittlung der Fallzeit derselben die Viskosität des Zellsaftes relativ leicht messen lassen. Zunächst hauptsächlich nur um die Brauchbarkeit dieser Methode<sup>2)</sup> zu erproben, habe ich einige Versuchsreihen durchgeführt, über die hier vorläufig berichtet werden soll.

Die Methode deckt sich vollkommen mit derjenigen, die ich im Anschluß an die grundlegenden Untersuchungen HEILBRONNS beim Studium der Plasmaviskosität in Anwendung brachte (siehe 1916). 1904 hat THUM festgestellt: „Der im Pflanzenreiche so allgemein verbreitete oxalsaure Kalk hat, wo er als Inhaltkörper der Zelle auftritt . . . , in den meisten Fällen eine ganz gesetzmäßige Lagerung. Sie ist von der Schwerkraft bedingt und infolgedessen liegt er an der basalen Wand. . . . Wenn man Organe der Pflanze mit solchen kristallführenden Zellen aus ihrer normalen vertikalen Lage bringt, so bietet sich ein überraschender Anblick. Es tritt momentan eine Wanderung der Inhaltkörper ein.“ THUM betont, daß jeder spezifisch schwerere Inhaltkörper sich so verhalten muß, „falls der sonstige Zellinhalt genügend dünnflüssig ist“. Was er unter dem sonstigen Zellinhalt versteht, wird nicht genauer angegeben. Es kann dies ein „dünnflüssiges Plasma“ sein, oder die Kristalle liegen und fallen im Zellsaft. Ob Kalzium-

1) Also nicht normalerweise im Protoplasma eingebettet und nur ausnahmsweise in den Zellsaft übertretend.

2) Es ist auch noch ein anderer Weg gangbar, um eventuelle Viskositätsänderungen des Zellsaftes zu ermitteln: Die Messung der Amplitude oder der mittleren Lageveränderung der im Zellsaft suspendierten, in BROWNScher Bewegung befindlichen Teilchen. Eine Darstellung und Kritik der einschlägigen Methodik der physikalischen Chemie hat 1910 SVEDBERG gegeben. Daß es auf diese Weise möglich ist, die Viskosität des lebenden Protoplasmas zu eruieren — die Amplitude ist der Zähigkeit des Dispersionsmittels umgekehrt proportional —, habe ich (1917, p. 172) vermutet und ist dies neuestens von BAYLISS (1920) gezeigt worden. Der Viskositätsbestimmung des Zellsaftes nach dieser Methode dürften gewiß keine größeren Schwierigkeiten entgegenstehen als der des Protoplasmas; die dazu benötigten, in Wimmelbewegung befindlichen Teilchen finden sich nicht selten vor: z. B. feinsten Kristallsand aus Kalziumoxalat oder die Gipskriställchen in den polaren Zellsafträumen mancher Desmidiaceen. Vgl. auch SEIFRIZ 1920.

oxalatkristalle im Zellsaft oder im Protoplasma liegen, ist selten exakt geprüft worden. Neuestens hat H. MEYER (1920) eine zusammenfassende Darstellung der Verhältnisse gegeben und für einzelne Fälle entscheidende Untersuchungen mitgeteilt. Hier interessiert besonders die Feststellung der Lagerung der Kristalle in den Laubblättern von *Tradescantia discolor* (p. 371). „Bei Vertikalstellung der Präparate und Drehung derselben konnte man sich leicht überzeugen, daß alle Kristalle in der Zellsaftvakuole intakter lebender Zellen frei beweglich waren, also nicht im Zytoplasma, sondern im Zellsaftant lagen.“

Genau dieselben Verhältnisse gelten für die von mir seit langem zu Viskositätsstudien verwendete Hauptversuchspflanze *Callisia repens*. An Längsschnitten durch die Stengelinternodien findet man stets zahlreiche (Rinden-) Zellen mit Kalziumoxalat-einzelkristallen der verschiedensten Größe. Am horizontalen Mikroskop fällt sogleich die basale Lagerung aller Kristalle auf und eine Drehung um  $180^\circ$  bewirkt sofort rasches Sinken nach der entgegengesetzten Wand; diese Wanderzeit ist natürlich je nach der Kristallgröße sehr verschieden und beträgt bei Zimmertemperatur bei den größeren Kristallen nur ganz wenige Sekunden. Nach dem STOCKESSchen Gesetz gilt für die Fallgeschwindigkeit kugelförmiger Teilchen die Formel  $v = \frac{2}{9} \frac{D-d}{\eta} g r^2$ , wo  $D$  die Dichte der Kugel,  $d$  die der Flüssigkeit,  $g$  die Schwerekonstante,  $r$  der Radius der Kugel und  $\eta$  die innere Reibung der Flüssigkeit ist. Nimmt man die Messung an der Vakuolenflüssigkeit ein und derselben Zelle vor und mit ein und demselben Kristall<sup>1)</sup>, so kann aus Veränderungen der Sinkgeschwindigkeit direkt auf Veränderungen des Viskositätsgrades geschlossen werden. Kristalle, die aus angeschnittenen Zellen in das Untersuchungswasser austreten, sinken kaum 2mal so rasch als möglichst gleich große Kristalle in intakten Zellen; die Viskosität des Mediums ist demnach nicht einmal 2mal so groß als die des Wassers, auch ein Beweis dafür, daß die Kristalle im Zellsaft und nicht im Zytoplasma sinken; letzteres ist in diesen Zellen gewiß zähflüssiger, wofür schon die völlige Unbeweglichkeit der eingeschlossenen Stärkekörner spricht. In plasmolysierten Zellen behalten die Kristalle ihre Beweglichkeit

1) Da die Kristalle nicht „kugelförmig“ sind, gilt das STOCKESSche Gesetz nicht mathematisch genau, doch kommt dies bei der vergleichenden Messung der relativen Viskosität nicht in Betracht; jedenfalls wählt man Kristalle, die sich möglichst der Kugelform nähern und nicht langgestreckte Prismen.

bei, nur ist dann die Fallgeschwindigkeit wesentlich geringer; dies hängt mit der durch die Konzentrationserhöhung bedingten Viskositätserhöhung des Zellsaftes zusammen.

Untersucht wurde vorläufig nur die Temperaturabhängigkeit der Zellsaftviskosität. Methodik wie 1916. Gemessen wurde entweder die „Wanderzeit“-Zeit, die der Kristall braucht, um von

Temperatur	0°	2°	6°	10°	12°	20°	22°	30°	40°	Vers.-Nr.
Fallzeiten der Kristalle in Sekunden	24			18						I
	14		12	10				8	6	II
				11		10		9		III
				12					7	IV
	11			10		7.5		6	5.5	V
	26	24			19		16	14		VI
	25					20			14	VII
	20			18		16		13		VIII
	53					34			27	IX
	34					23		21	18	X
	20					13		11		XI
	38					24				XII
	11					7			5	XIII
	26					16		14	12	XIV

der oberen zu der unteren Querwand zu sinken, oder die Fallzeit über eine bestimmte durch Okularmikrometerteilstriche begrenzte Strecke. Im ersteren Falle wurde die „Loslösungszeit“ nicht in die Wanderzeit mit eingerechnet, im zweiten kam jene nicht in Betracht, da die Fallstrecke in der Mitte der Zelle gewählt wurde. (Unter Loslösungszeit<sup>1)</sup> ist die Zeit verstanden, die der Kristall

1) Vgl. F. WEBER 1917, Zeitschrift f. allgem. Physiologie, Bd. 18 spec. p. 11 u. Österreich. botan. Zeitschrift 1921.

braucht, um sich vom Zytoplasmawandbelag, auf oder in dem er ruht [vgl. A. MEYER, 1920, p. 373], zu befreien, loszulösen, bevor er eine deutliche Fallbewegung annimmt.) Aus den Protokollen über die Sinkgeschwindigkeit bei verschiedenen Temperaturen seien nur folgende Werte tabellarisch angeführt. In jeder Versuchsnummer sind die Messungen an ein und demselben Kristall über ein und dieselbe Wegstrecke vorgenommen, bei den verschiedenen Versuchsnummern aber verschiedene Fallhöhen und Kristalle gewählt.

Aus der vorstehenden Tabelle ist zu entnehmen:

1. Die Methode der „fallenden Kugeln“ ermöglicht die Feststellung von Viskositätsänderungen des Zellsaftes zu Lebzeiten der Zelle.
2. Die Viskosität des Zellsaftes lebender Pflanzenzellen nimmt ab mit steigender Temperatur.
3. Der Temperaturkoeffizient  $Q_{10} = \frac{K_t + 10}{K_t}$  schwankt zwischen 1.13 und 1.19<sup>1)</sup>.

Nachdem so die Brauchbarkeit dieser Methode erwiesen ist, wird man damit untersuchen können, ob unter bestimmten äußeren Bedingungen die Zellsaftviskosität Änderungen erfährt; dazu werden sich besonders Zellen mit hohem Kolloidgehalt des Zellsaftes eignen, denn die Viskosität der Kolloiden ist weit stärkeren Schwankungen unterworfen als die der Kristalloidenlösungen. Solche Änderungen des Viskositätsgrades wären z. B. — bei dem großen Einfluß der Wasserstoffzahl auf die innere Reibung von Kolloiden — zu erwarten bei Änderungen des Aziditätsgrades des Zellsaftes; derartige Schwankungen des Säuregehaltes sollen sich u. a. einstellen bei geotropischer Reizung (SCHLEY 1913). Vielleicht kann so das Studium der Zellsaftviskosität — sowie das der Plasmaviskosität — Aufschlüsse geben über intime Vorgänge innerhalb der Zelle.

#### Literatur.

- BAYLISS, 1920, Proc. of roy. soc. London, Ser. B. 91.  
 EWART, 1903, On the physics and physiology of protoplasmic streaming in plants, Oxford.  
 GRAETZ, 1908, Reibung, Handbuch d. Physik v. WINKELMANN, I. 2, p. 1390.  
 HEILBRONN, 1914, Jahrb. wissensch. Bot. 54.

1) Über die Reibung von Lösungen vgl. GRAETZ 1908; auf einen Vergleich der Viskositätsverhältnisse von Lösungen mit denen des Zellsaftes kann hier nicht eingegangen werden.

- MEYER, A., 1920, Analyse der Zelle, Jena.  
SCHLEY, 1913, Botanical Gazette.  
SEIFRIZ, 1920, Botanical Gazette 70.  
SVEDBERG, 1910, Kolloid-Zeitschr. 7.  
THUM, 1904, Sitzb. Akad. Wiss., Wien, 113, I. Abt.  
WEBER, 1916, Diese Berichte 34, p. 836.  
—, 1917, Kolloid-Zeitschr. 20.  
—, 1921, Österr. botan. Zeitschr.

### 31. J. Graf: Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Populus*<sup>1)</sup>.

(Aus dem botanischen Institut der Universität Frankfurt a. M.)

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 13. März 1921. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchungen über *Populus tremula* und *P. canadensis* sind folgende:

Der Achsenbecher der männlichen Blüte läßt im Jugendzustand bilateral-symmetrischen Bau erkennen, indem sich zunächst zwei in der Mediane stehende, perigonblattartige Lappen entwickeln, welche später zu dem einheitlichen Becher verwachsen. Dieser bilateralen Symmetrie des Achsenbechers entspricht die Anordnung der Staubgefäße, welche in zwei einander gegenüberstehende Gruppen gesondert sind. Es sind also die beiden perigonblattartigen Gebilde bei *Populus* den Honigdrüsen bei *Salix*, welche ebenfalls in der Medianebene stehen, homolog zu setzen, und die jugendliche *Populus*-Blüte zeigt somit eine gewisse Analogie mit den Verhältnissen des Perigons der Betulaceen.

Bei *Populus tremula* und *P. canadensis* ist immer ein mehrzelliges Archespor vorhanden, wovon sich in der Regel zwei Archesporzellen bis zur Embryosackmutterzelle entwickeln, wovon aber nur eine einen befruchtungsfähigen Embryosack liefert. Häufig jedoch werden auch zwei oder sogar drei Embryosäcke ausgebildet. Das Tapetum besteht aus zwei, drei und mehr Schichten, ist aber zum Unterschied von *Salix* immer zweireihig. Die Zellteilungen, die zur Bildung des Tapetums führen, lassen keine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkennen, indem zahlreiche Variationen vorkommen.

1) Der Gegenstand ist ausführlich behandelt in meiner Inaugural-Dissertation gleichen Titels, die an anderer Stelle erscheinen wird.

# 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: 1921

Band/Volume: [39](#)

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

Artikel/Article: [Die Zellsaftviskosität lebender Pflanzenzellen. 188-193](#)