

12. STARK, P.: Experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Verbreitung der Kontaktreizbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot. 57. 1916.
13. TITTMANN: Beobachtungen über Bildung und Regeneration des Periderms der Epidermis, des Wachsüberzugs und der Cuticula einiger Gewächse, Jahrb. f. wiss. Bot. 30. 1897.
14. A. TSCHIRCH, A.: Über einige Beziehungen des anatomischen Baus der Assimilationsorgane zu Klima und Standort. Linnaea. 43. 1880/2.
15. VOLKENS: Zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane. Jahresb. des K. bot. Gartens zu Berlin. 3. 1884.
16. VOLKENS: Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Berlin 1887.
17. WIESNER: Grundversuche über den Einfluß der Luftbewegung auf die Transpiration der Pflanzen. Sitzb. d. K. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math. nat. Kl. 96. 1888.

---

## 28. Clara Zollikofer: Über die Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität.

(Eingegangen am 23. März 1917).

(Vorläufige Mitteilung.)

(Mit 1 Abbildung im Text.)

---

In einer kürzlich erschienenen Arbeit<sup>1)</sup> behandelten G. und F. WEBER die Frage einer Einwirkung der Schwerkraft auf die Viskosität des Protoplasmas. Ihre Befunde und weiteren Schlüsse ließen eine Nachprüfung wünschenswert erscheinen, die ich auf Anregung von Herrn Geheimrat HABERLANDT und mit seiner liebenswürdigen Unterstützung ausführte.

G. und F. WEBER bedienten sich der HEILBRONNschen Methode<sup>2)</sup>, die zur Bestimmung der Plasmaviskosität die Messung der Sinkgeschwindigkeit beweglicher Stärkekörner in der lebenden Zelle benutzt. An geotropisch gereizten Schnitten aus Epikotylen von *Phaseolus multiflorus* untersuchten sie die Statolithenzellen auf eine Änderung ihrer Plasmazähigkeit hin.<sup>3)</sup> Sie fanden in den

---

1) Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. LVII, 1916.

2) HEILBRONN, A., Ueber Plasmaströmungen und deren Beziehung zur Bewegung umlagerungsfähiger Stärke. Diese Ber. Bd. XXX, 1912. — Zustand des Plasmas und Reizbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. LIV, 1914.

3) Bezüglich Einzelheiten ihrer Methodik muß ich auf die Originalarbeit verweisen.

meisten Fällen kürzere Fallzeiten, somit eine Herabsetzung der Plasmaviskosität, in den geotropisch gereizten Zellen gegenüber unge reizten Kontrollschnitten. Eine Viskositätsverringering glauben sie auch bei Übertragung aus länger andauernder geotropischer Reizlage (Schnitte aus phototropisch gekrümmten Keimlingen) in die stabile Ruhelage festgestellt zu haben. An gekrümmten Keimlingen beobachteten sie in den Zellen der Stengelunterseite eine stärkere Herabsetzung der Viskosität als oberseits. Auf Grund dieser Ergebnisse betrachten sie eine Verringerung der Plasmaviskosität als die erste Reaktion auf jede Veränderung einer gewölbten Lage und als primäres Glied in der geotropischen Reizkette<sup>1)</sup> und ziehen weitere Schlüsse auf die Geoperzeption am Klinostaten, in der stabilen und labilen geotropischen Ruhelage, und über die Unabhängigkeit der Geoperzeption von der Verlagerung der Statolithenstärke.<sup>2)</sup>

Ich folgte bei der Nachprüfung genau der angegebenen Methode, mit der einzigen Abweichung, daß ich die Reizung, bzw. Beobachtung erst mindestens 30 Minuten (statt 15) nach Herstellung der Schnitte begann, da in der Regel nach 15 Minuten die durch den Wundshock bewirkte Plasmastarre noch nicht völlig zurückgegangen war. Zur Beobachtung kamen nur Zellen mit möglichst gleichmäßiger Umlagerungsfähigkeit der Stärke, und in einer Zelle stets ein und dasselbe Korn. Da trotzdem die Fallgeschwindigkeiten sich als sehr schwankend erwiesen, nahm ich die Messungen stets an fünf verschiedenen Zellen desselben Schnittes vor, an jeder Zelle sechs Messungen, um Fehler infolge individueller Abweichungen der Viskositätswerte in einzelnen Zellen möglichst zu eliminieren. Bei der geringen Zahl der WEBERschen Beobachtungen erscheint eine zufällige Übereinstimmung ihrer Resultate nicht ausgeschlossen. Deshalb führte ich eine bedeutend größere Anzahl von Versuchen für mehrere ihrer Versuchsreihen durch, und zwar mit *Phaseolus*-Keimlingen aus Samen verschiedener Zucht. Doch erhielt ich in keinem Falle eindeutige Ergebnisse, die den Schluß auf einen kausalen Zusammenhang zwischen geotropischer Reizung und Veränderung der Plasmaviskosität zulassen würden.

Bei der angewandten Methode divergieren die Fallzeiten in verschiedenen Zellen ein und desselben Schnittes ebenso stark oder stärker als diejenigen von gereizten und ungereizten Schnitten. Aus den je fünf beobachteten Zellen eines gereizten und eines unge reizten Schnittes läßt sich ebensowohl ein Paar herausgreifen, das

---

1) a. a. O. S. 176.

2) a. a. O. S. 185 f.

die WEBERSchen Ergebnisse bestätigt, wie eines, das sie widerlegt, oder eines, das annähernd gleiche Werte für den gereizten wie den ungereizten Zustand aufweist. Ein Beispiel aus Versuchsreihe I mag dies erläutern. Die drei Zahlengruppen jeder Horizontalreihe sind gewonnen an je drei verschiedenen Zellen desselben Schnittes.<sup>1)</sup>

Tabelle I. Reizdauer 30 Minuten. Fallstrecke 23  $\mu$ .

		I						II						III					
Anzahl der Stärkekörner in Sekunden	nach Rotation am Klino- staten	12.0	11.4	13.2	11.4	16.0	11.6	32.8	22.4	30.6	26.8	30.6	26.4	19.2	20.2	21.0	20.8	19.4	21.0
	nach Reizung in Horizontallage	16.8	21.2	17.2	17.0	17.0	16.6	24.2	23.2	20.6	21.0	24.6	18.6	24.0	20.2	21.4	25.6	18.2	17.2
	ohne vorherige Reizung	24.0	18.6	25.2	21.0	22.6	20.8	17.4	18.0	18.0	20.4	20.2	21.0	24.2	19.0	19.0	18.2	21.8	24.0

Die Berechnung von Durchschnittswerten aus diesen Zahlen ergab in einigen Fällen Übereinstimmung mit den WEBERSchen Befunden, in ebensovielen ein gegenteiliges Resultat. Das wichtigste Ergebnis aber war, daß diese Mittelwerte nicht der Ausdruck einer „typischen Reihe“ sein können, da der Durchschnittsfehler viel zu groß ist<sup>2)</sup> (13—28%). Es ist also durchaus unzulässig, die an verschiedenen Zellen gemessenen Werte miteinander zu vergleichen, noch weniger die an verschiedenen Schnitten erhaltenen, wie G. und F. WEBER es taten. Schon HEILBRONN<sup>3)</sup> betont, daß man „auf einem Schnitt von geeigneter Dicke nur ganz wenig Zellen findet, welche die normale Umlagerungsfähigkeit ihres Inhaltes beibehalten haben“. Diese allein aber können zuverlässige Werte abgeben. Aus den WEBERSchen Zahlen muß geschlossen werden, daß bei ihren Untersuchungen auch die mancherlei Übergangsstufen von geringfügigster Sinkbewegung bis zu normaler Fallgeschwindigkeit der Stärke zur Beobachtung kamen. Dies mußte

1) Die mir zur Verfügung stehende Stoppuhr zeigte bis Fünftelsekunden genau an.

2) KAUFFMANN, A., Theorie und Methoden der Statistik. Tübingen 1913. S. 68 f.

3) a. a. O. S. 362.

natürlich zu Irrtümern führen. Auch die Beobachtung verschiedener Stärkekörner derselben Zelle, wie sie bei WEBER vermutet werden muß, da sie „womöglich(!), nicht nur ein und dieselbe Zelle, sondern auch ein und dasselbe Korn“<sup>1)</sup> beobachteten, ist unzulässig. Denn auch Körner von ziemlich übereinstimmender Größe und Form weisen oft Differenzen in der Fallgeschwindigkeit auf. Unerklärlich ist mir, daß G. und F. WEBER Plasmaströmungen „nur in den allersehrsten Fällen“<sup>1)</sup> bemerkten, während sie nach meinen Erfahrungen bei *Phaseolus* zwar weniger störend als bei anderen Versuchspflanzen, aber immerhin noch recht häufig auftreten und sicherlich als Fehlerquelle in Betracht kommen. Endlich kann an verschiedenen Stellen derselben Zelle das Protoplasma eine ganz ungleiche Zähigkeit besitzen, die sich öfters bis zu völliger Starre<sup>2)</sup> in einem Teil der Zelle steigert, so daß unbedingt die Fallzeitmessungen alle in der gleichen Zellregion vorgenommen werden müssen. Dies ist ein weiterer Punkt, der in der WEBERSchen Arbeit nicht berücksichtigt wurde. Der WEBERSchen Erklärung für den auf- und absteigenden Verlauf vieler Fallzeitkurven<sup>3)</sup> kann ich nicht beipflichten, da ich diesen regelmäßigen Verlauf stets dort beobachtete, wo schwache Plasmaströmungen oder intrazelluläre Differenzen in der Plasmaviskosität vorhanden waren, nicht aber bei Zellen mit ganz gleichmäßiger Fallbewegung der Stärkekörner.

Eine Bestätigung der gegen ihre Methode zu erhebenden Einwände geben nun aber G. und F. WEBER selbst in ihrer vorläufigen Mitteilung über eine weitere Arbeit<sup>4)</sup>, die erschienen ist, als die vorliegenden Untersuchungen schon zum Teil abgeschlossen waren. Die Verfasser modifizierten nämlich ihre frühere Methode genau in der Richtung, wie sie die hier besprochenen Fehlerquellen verlangen.<sup>5)</sup> Dieselben methodischen Forderungen<sup>5)</sup> müssen aber natürlich für die Untersuchung der Plasmaviskosität in ihrer Abhängigkeit von der Schwerkraft gelten. Ich möchte sie noch dahin ergänzen, daß nur Versuchsanordnungen zulässig sind, bei denen es möglich ist, alle Messungen an ein und demselben Stärkekorn durchzuführen.

1) a. a. O. S. 133.

2) Im Sinne HEILBRONNS. S. Zustand des Plasmas und Reizbarkeit S. 375.

3) a. a. O. S. 171 ff.

4) Die Temperaturabhängigkeit der Plasmaviskosität Diese Ber. Bd. XXXIV, 1917, Heft 10.

5) a. a. O. S. 840.

Es war natürlich von Interesse, einige der WEBERSchen Versuche auch noch unter strenger Berücksichtigung all dieser Forderungen nachzuprüfen. Ich führte dies in der Weise aus, daß ich am ungereizten Schnitt rasch eine Anzahl von Messungen machte und dann das Mikroskop vertikal stellte, ohne die Einstellung zu verändern, so daß das beobachtete Stärkekorn im Gesichtsfeld blieb, während der Schnitt in horizontale Lage kam. Nach bestimmter Reizdauer wurde das Mikroskop wieder umgeklappt und die Beobachtung am gleichen Stärkekorn fortgesetzt. In entsprechender Weise reizte ich Schnitte in der Inverslage und maß hierauf am gleichen Stärkekorn die Fallzeit aufs neue. Bei beiden Versuchsanordnungen erhielt ich ganz übereinstimmende Werte für den gereizten wie den ungereizten Zustand. Ein Beispiel mag dies zeigen.

Tabelle II. Reizdauer 20. Minuten. Fallstrecke 11,5  $\mu$ .

Fallzeit der Stärkekörner in Sekunden	ungereizt											
		7.0	7.8	7.0	7.0	6.8	6.8	7.2	6.8	6.6	8.0	
	nach Reizung in Horizontallage											
	7.8	8.2	7.0	7.2	7.4	7.0	6.8	6.8	7.6	7.2		

Auch mit dieser bedeutend exakteren Arbeitsmethode lassen sich also die WEBERSchen Befunde nicht bestätigen. Deshalb unternahm ich die Nachprüfung noch auf einem anderen Wege. Ich ging dabei aus von der Überlegung, daß so große Differenzen in der Fallzeit der Stärkekörner, wie sie von WEBER gemessen worden waren, notwendig auch bei einer Umlagerung der Stärkekörner im unverletzten Stengel zutage treten müßten, wenn dieser nach geotropischer Reizung fixiert wird, ehe die Umlagerung vollständig ist. Sind in verschiedenen Zellen von den Stärkekörnern ungleich große Strecken zurückgelegt worden, so haben wir darin ein Maß für die Verschiedenheit der Plasmaviskosität. Orientierende Versuche zeigten, daß im unverletzten Stengel in den wenigsten Zellen alle Stärkekörner gleich rasch fallen; meistens eilen einzelne Körner oder kleinere Gruppen voraus, wie es sich auch mit der HEILBRONNSchen Methode beobachten läßt, und erreichen lange vor den übrigen die physikalisch untere Wand. In vielen Zellen haftet sogar nach einer 4–6 Minuten andauernden Inverslage noch die Mehrzahl der Stärkekörner an der physikalisch oberen Wand. Auch hier dokumentiert sich eine weitgehende Verschiedenheit der Plasmaviskosität in verschiedenen Zellen. Da die von den einzelnen Stärkekörnern zurückgelegten Strecken so stark untereinander differieren, so lassen sich die Unterschiede in der Viskosität des Protoplasmas nicht unmittelbar aus dem anatomischen Bilde ablesen. Einen Maßstab

für diese bietet aber die Entfernung des am raschesten gesunkenen Stärkekorns jeder Zelle von der physikalisch oberen Wand, sofern das betreffende Korn noch nicht die untere Wand erreicht hat. Die Messung des zurückgelegten Weges an einer größeren Anzahl von Zellen müßte also Differenzen zwischen verschiedenen Stengelteilen bezüglich ihrer Plasmaviskosität unmittelbar zum Ausdruck bringen.

Ich führte diese Untersuchung zunächst an phototropisch gekrümmten Keimlingen von *Phaseolus multiflorus* und *Helianthus annuus* aus, bei denen nach den WEBERSchen Befunden eine geringere Viskosität in den Zellen der Stengelunterseite gegenüber denen der Oberseite zu erwarten war, überdies eine Herabsetzung der Viskosität im gekrümmten, in geotropischer Reizlage befindlichen Stengelteil gegenüber dem basalen ungekrümmten Teil. Hier wird der Einwand

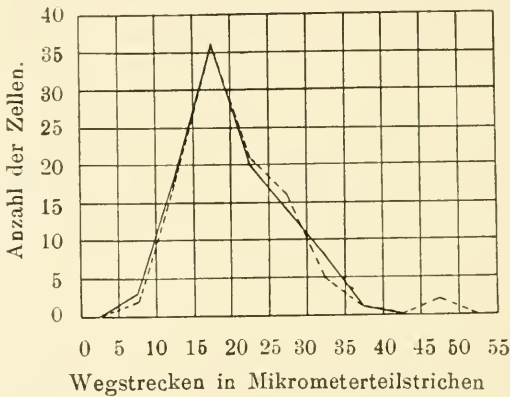


Abb. 1. *Phas. multiflorus*, gekrümmt. Fallstrecken der Stärke für Ober- und Unterseite des Stengels.

hinfällig, die vorhandenen Differenzen in der Fallgeschwindigkeit könnten verwischt sein durch nicht genau gleichzeitige Fixierung der in verschiedenem Reizzustand befindlichen Zellen. Ich hielt die Pflanzen 30 Sekunden in Inverslage und fixierte sie dann rasch in gleicher Stellung in kochendem, 96 prozentigem Alkohol. An Längsschnitten maß ich an je 100 Zellen den Abstand des am weitesten gesunkenen Stärkekorns von der physikalisch oberen Wand, indem ich die zurückgelegten Strecken in Gruppen von je 5 zu 5, bzw. 10 zu 10 Mikrometerteilstrichen (1 Teilstrich =  $2,3\mu$ ) zusammenfaßte. Berücksichtigt wurden nur die Zellen, in denen die Stärke noch nicht die physikalisch untere Wand erreicht hatte. Es ergab sich bei allen Messungen eine ziemlich regelmäßige Variationskurve, deren Maximum eine auffallend konstante Lage aufweist. Ich führe ein Beispiel an.

Die Abszisse bezeichnet die zurückgelegten Wegstrecken, von 5 zu 5 Mikrometerteilstrichen zusammengefaßt, die Ordinate die Zahl der Zellen, auf welche diese Strecken entfallen. Die ausgezogene Kurve gibt die für die Stengelunterseite gefundenen Werte, die punktierte diejenigen der Oberseite. Die Übereinstimmung ist so vollständig als möglich. Ganz ähnlich fand ich sie bei einer größeren Zahl vergleichender Messungen an *Phaseolus multiflorus* und *Helianthus annuus*, sowohl beim Vergleich von Ober- und Unterseite, als von gekrümmtem und geradem Stengelteil. Nirgends ließen sich Differenzen in der Plasmaviskosität im Sinne der WEBER'schen Ergebnisse aufweisen.

Ich prüfte darauf noch ihre Versuchsreihen I, VI und VII mit Hilfe dieser Methode nach. Es wurden stets gleich alte und möglichst gleich entwickelte Pflanzen verglichen, die einen 15—90 Minuten geotropisch gereizt, dann um 180° gedreht und nach 30 Sekunden fixiert, die Kontrollpflanzen nach 30 Sekunden Inverslage fixiert. Auch hier ergab sich durchwegs eine gute Übereinstimmung der Werte, nirgends aber eine Herabsetzung der Viskosität infolge der geotropischen Reizung.

Eine weitere Verifikation unserer Frage versprach endlich die Untersuchung der Verteilung des Protoplasmas in der geotropisch gereizten Zelle. Falls als erste Reaktion wirklich eine erhebliche Verringerung der Plasmaviskosität eintritt, so besteht die Möglichkeit, daß bei nicht zu kurzer geotropischer Reizung das Protoplasma selbst bis zu einem gewissen Grade dem Zug der Schwere folgt und sich an der physikalisch unteren Wand als Ansammlung oder als etwas dickerer plasmatischer Wandbelag erkennen ließe. Der ersteren Annahme widersprechen direkt die Befunde von NÉMEC<sup>1)</sup> an Statolithenzellen der Wurzelspitze. Seine Beobachtung, daß in geotropischer Reizlage (Horizontal- oder Inverslage positiv geotropischer Wurzeln) Plasmaansammlungen an den morphologisch — früher auch physikalisch — unteren Wänden der *Columellazellen* auftreten, kann ich für *Pisum sativum* und *Vicia faba* bestätigen. Eine solche Ansammlung muß nun aber, besonders bei invers gestellten Zellen, auf eine erhebliche Plasma-zähigkeit hindeuten und dürfte mit herabgesetzter Viskosität kaum vereinbar sein. Die zweite, oben erwähnte Möglichkeit prüfte ich an plasmolysierten Epikotylen von *Phaseolus multiflorus*, die zuvor

1) Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVI, 1901, S. 147 ff. — Die Perception des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Diese Ber. Bd. XX, 1902, S. 351 f.

$\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  Stunde in horizontaler Lage gereizt waren. Doch ließ sich nirgends eine Differenz in der Stärke der plasmatischen Hautschicht feststellen.

Nachdem G. und F. WEBER durch die Modifizierung ihrer früheren Methode selber deren Unzulänglichkeiten zugestanden haben, dürften sie angesichts der vorliegenden Befunde schwerlich die mit jener Methode gewonnenen Resultate aufrecht erhalten können. Der von ihnen aufgestellte Begriff eines geoviskosischen Effektes und ihre weiteren Folgerungen werden damit hinfällig. Der Satz, daß „bisher nur der Einfluß der Schwerkraft auf die Viskosität des lebenden Plasmas genauer studiert“ ist<sup>1)</sup>, dürfte somit nur noch in dem Sinne zu Recht bestehen, als mit den vorliegenden Methoden ein solcher Einfluß nicht festgestellt werden kann.

Berlin, im März 1917.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

## 29. Harald Kylin: Über die Entwicklungsgeschichte und die systematische Stellung der Tilopterideen.

(Eingegangen am 24. März 1917.)

„Trotz der hübschen Arbeiten von KJELLMAN, REINKE, KUCKUCK, SAUVAGEAU, BORNET, BREBNER u. a. weisen gerade hier unsere Kenntnisse noch recht große Lücken auf, weil immer nur gelegentliche Beobachtungen gemacht werden konnten.“ Diese Worte lesen wir in OLTMANN'S Morphologie und Biologie der Algen, Bd. 1 (1904), S. 473, und seitdem sie geschrieben wurden, ist meines Wissens keine Arbeit erschienen, die neue Beobachtungen über die Tilopterideen mitteilt.

Während der algologischen Untersuchungen, die ich seit mehreren Jahren an der schwedischen Westküste in der Nähe der zoologischen Station Kristineberg betrieben habe, habe ich versucht, Tilopterideen zu bekommen, aber immer vergebens. Ich habe des-

1) WEBER, P. & G., Die Temperaturabhängigkeit der Plasmaviskosität. Diese Ber. Bd. XXXIV, 1917, S. 837.



# 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: 1917

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Zollikofer Clara

Artikel/Article: [Über die Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität 291-298](#)