

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 1912/1973

**Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen
Plasmolyse, Zytorrhise, Hookeria lucens (Musci)**

Mit 5 Abbildungen

GÖTTINGEN 1973

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Film E 1912

Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen Plasmolyse, Zytorrhysse, *Hookeria lucens* (Musci)

W. URL, Wien

Allgemeine Vorbemerkungen¹

Bei der Austrocknung erwachsener Pflanzenzellen verringert sich der Vakuoleninhalt und zieht mit großer Kraft das Protoplasma nach. Die Zellwand kann so starr sein, daß sie nach Erreichen des entspannten Zustandes dem sich weiter verkleinernden Protoplasten nicht mehr folgen kann. Dann wird das Plasma von der Zellwand losgerissen, und die Zelle stirbt (ILJIN [5]).

Es gibt aber Zellsorten mit elastischen, biegsamen Zellwänden. Hier können die Zellwände bei der Austrocknung weitgehend der sich verkleinernden Vakuole folgen, so daß keine gewaltsame Abtrennung des Protoplasmas erfolgt und so die Zelle auch nicht getötet wird. Man hat diese Erscheinung, die sich bei Pflanzen verschiedenster systematischer Stellung findet, „Schrumpfelung“ genannt (LAUE [7]). Heute verwendet man dafür mit STRUGGER [8] allgemein den Begriff „Zytorrhysse“, obwohl man darunter zunächst eine spezielle osmotische Erscheinung verstand.

Viele Moose besitzen Zellwände, die für Verbindungen mit großem Molekularvolumen nur schwer oder gar nicht durchlässig sind (BIEBL [2], [3]). Ist aber eine Zellwand nur für Wasser durchlässig, nicht aber für die Moleküle einer solchen Verbindung, so ist die Zellwand selbst semipermeabel und nicht erst der Protoplast. Legt man z. B. Moosblättchen in hypertonische Lösungen solcher Stoffe, z. B. Raffinose, Saccharose, aber manchmal auch schon Glucose (BIEBL [3]), so kann es zu

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 9 u. 10.

keiner Plasmolyse kommen, sondern es tritt eine Volumenabnahme der ganzen Zelle ein, wobei sich in erster Linie die äußeren Zellwände einknicken. Diese Zytorrhise als Folge einer Zellwand-Impermeabilität für das Plasmolytikum, auch „osmotischer Kollaps“ genannt, läßt sich besonders gut bei großzelligen Moosen, zu denen auch *Hookeria lucens* gehört, beobachten.

Kleinmolekulare Verbindungen, z. B. Glycerin oder Harnstoff, aber auch Salzlösungen, treten im allgemeinen leicht durch die Zellwände und rufen normale Plasmolyse hervor. Durch Plasmolyseversuche mit Verbindungen verschiedenen Molekularvolumens ist es gelungen, bei Laub- und Lebermoosen eine relative „Dichte“ der Zellwände zu bestimmen (BIEBL [3]).

Wenn man also Moosblättchen in eine hypertonische Lösung eines Stoffes bringt, für den die Zellwand nicht permeabel ist, so wird der ganzen Zelle Wasser entzogen. Dafür sind Saccharoselösungen gut geeignet; denn für den Rohrzucker sind die meisten Außenwände von Laubmoosen nicht wegsam (BIEBL [3]). Die Außenwände knicken dabei ein und berühren sich schließlich in der Mitte der Zelle, wo sie bei zunehmendem Wasserentzug fest aufeinandergepreßt werden. Der Protoplast mit den Chloroplasten wird ringförmig an den Rand der Zelle gedrückt. Daß sich bei extremer Zytorrhise zwischen den aneinandergepreßten Zellwänden kein Protoplasma mehr befindet, bestätigen Bilder, die man bei nachfolgender Plasmolyse in KCl-Lösung erhält. Es ergibt sich meist eine rettungsringartige Plasmolyseform, wobei sich der Protoplast aber bald wieder zu einem einheitlichen Körper vereinigt.

Ganz ähnliche Zytorrhysen ergeben sich beim Austrocknen der Zellen. Auch hier knicken sich die äußeren Zellwände ein, und der Protoplast wird an den Rand gedrängt. Die gestreckt sechseckigen Blättchenzellen von *Hookeria lucens* (Abb. 1) haben eine Länge von 120–150 μm , eine Breite von 50–60 μm und eine etwa ebensolche Tiefe. An der Spitze der Blättchen finden sich kleinere Zellen, vor allem kürzere.

Für das Verständnis der bei *Hookeria* zu beobachtenden extremen Zytorrhysen ist ein Blick auf den Querschnitt durch das Blättchen notwendig (Abb. 2)¹. Die Außenwände sind sehr dünn, nur wenig mehr als 1 μm dick, und im aufgesättigten Zustand stark nach außen gebauht. Wenn sie bei Wasserverlust der Zelle nach innen gezogen werden, können sie sich schon bei fast unveränderter Zellbreite berühren. Diese Berührungsfläche kann sich aber weiter vergrößern, wenn auch die Zellbreite durch Schrumpfung des ganzen Blättchens vermindert wird. Die Abb. 3–5 zeigen drei solcher Stadien in räumlicher Darstellung.

¹ Der bei BIEBL [2] abgebildete *Hookeria*-Querschnitt entspricht nicht den tatsächlichen anatomischen Gegebenheiten.

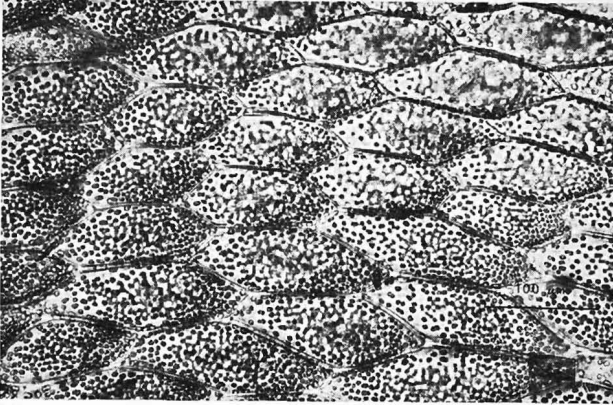


Abb. 1. *Hookeria lucens*, Teil des einschichtigen Blättchens. Die Zellwände sind bei turgeszenten Zellen stark nach außen gewölbt. Die im Plasmawandbelag liegenden Plastiden sind in der Zellmitte unscharf abgebildet, da auf die Querwände scharf gestellt wurde

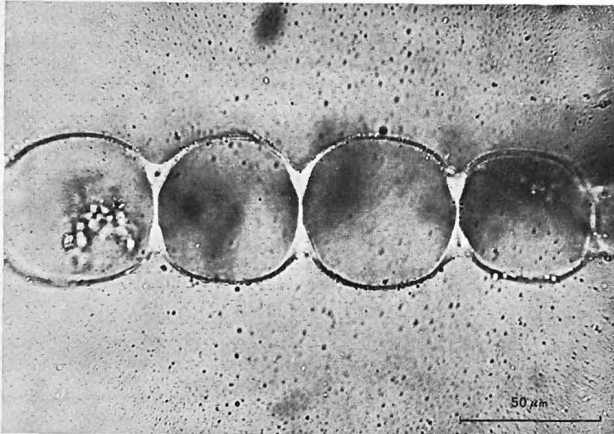


Abb. 2. *Hookeria lucens*, Querschnitt durch den Mittelteil des Blättchens. Die kollenchymartigen Verdickungen an den Ausmündungen der Querwände sind deutlich zu sehen. Bei der voll turgeszenten Zelle sind die Außenwände stärker gewölbt

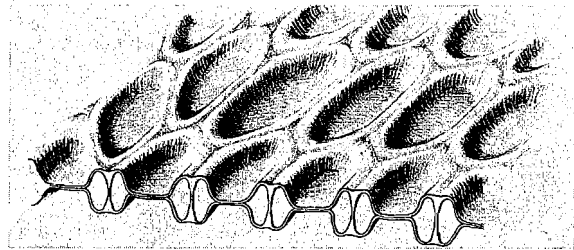
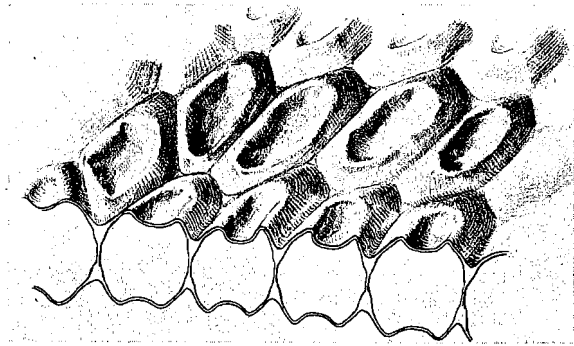
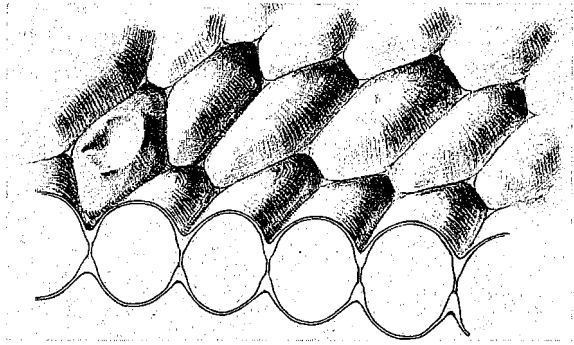


Abb. 3—5. Räumliche Darstellung des Zytorrhisevorganges bei *Hookeria lucens*. Nach dem Eindellen der Außenwände legen sich diese in einem fortgeschrittenen Stadium in der Zellmitte aufeinander, wobei auch eine zunehmende Verminderung der Zellbreite stattfindet

Wenn eine Trockenzytorrhise nicht zu lange dauert und die Austrocknung nicht allzuweit geht, kann bei Wasserzugabe eine Wiederherstellung der ursprünglichen Zellform erfolgen, wobei die Zellen dann wieder voll lebensfähig sind. Eine Zytorrhise durch Austrocknung ist deshalb nicht gleich eine „Kranznekrose“ (ABEL [1]). An Zellen des Blättchens von *Mnium undulatum* hat schon IJIN [6] gezeigt, daß nach einer Zytorrhise durch Austrocknung Kochsalzlösungen zunächst ring- oder hufeisenförmige Plasmolysen hervorrufen, wobei ein so geformter Protoplast nach einiger Zeit „zu einem Klümpchen zusammenschwimmt“ (l. c. S. 405).

Die Zytorrhise durch Austrocknung gibt der Zelle offenbar die Möglichkeit, bis zu einem gewissen Grade austrocknen zu können, ohne daß gleich durch trockenes Abreißen des Protoplasten von der Zellwand Tod der Zelle eintritt. Kurzfristigen Trockeninsulten sind ja viele Moose am natürlichen Standort ausgesetzt. So ist die Möglichkeit der Zytorrhise ein wichtiger Faktor der Dürresistenz. Dabei spielt ein anatomisches Detail der *Hookeria*-Blättchen offenbar eine wichtige Rolle. Während die Außenwände sehr dünn sind, haben die Innenwände dort, wo sie an die Außenwände stoßen, kollenchymartige Verdickungen. Obwohl bei Trockenzytorrhise auch diese Kollenchyme an Mächtigkeit verlieren, wird dadurch doch eine Art Rahmen geschaffen. Dieser erhält bis zu einem gewissen Grad der Austrocknung die Zellform, wobei der dann ringsum in der Zelle laufende Raum, in dem sich der Protoplast befindet, erhalten bleibt.

Zur Entstehung des Films

Hookeria lucens ist der in Europa verbreitete Vertreter der Hookeriaceae, einer sonst in den Tropen breiter entwickelten Laubmoosfamilie. Es wächst an schattigen, feuchten Stellen, an Quellen und Bachrändern in Wäldern und ist ein bevorzugtes Objekt zellphysiologischer Forschung (BIEBL und URL [4]), da das Blättchen nur aus einer einzigen Zellschicht besteht und außerdem auch keine Mittelrippe besitzt. Die Aufnahmen wurden mit einem Zeiss WL-Stativ und einer Eclair-Camematic 35 mm auf Eastman Color-Film gemacht.

Filmbeschreibung¹

Plasmolyse KCl (0,8 mol)

1 B/s und 15 B/min

1. Die Plasmolyse tritt zunächst mäßig konkav ein. Die völlige Abrundung der Protoplaste, das Erreichen minimaler Oberfläche bei bikon-

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

vexer Plasmolyseform, dauert wesentlich länger und ist deshalb stärker gerafft.

Bildfeldbreite 400 μm ; Interferenzkontrast (Inko); Aufn.-Freq. 1 B/s und 15 B/min

Zytorrhise durch Saccharose (2,0 mol)

2 B/s und 30 B/min

2. Die starke Lösung entzieht der Zelle schnell Wasser, die Außenwände dellen sich ein und drücken den Protoplasten an die Innenwände. Der zweite Abschnitt des Vorganges ist wieder stärker gerafft.

Bildfeldbreite 280 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 2 B/s und 30 B/min

3. Wieder tritt nach Zusatz der Saccharoselösung Zytorrhise, „osmotischer Kollaps“, ein. Zwischen den aneinandergepreßten Zellwänden befindet sich kein Protoplasma mehr. Nach Zusatz von 0,8 mol KCl plasmolysieren die Protoplaste deshalb zunächst in Form eines rettungsringartigen Gebildes. Aus diesem formen sich runde Teilprotoplasten, die in einer Zelle aber durch Plasmafäden verbunden bleiben. In einer anderen Zelle fließen die Teilprotoplasten schließlich zu einem einheitlichen Körper zusammen.

Bildfeldbreite 280 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 2 B/s und 30 B/min

Zytorrhise durch Austrocknung

4 B/s bis 8 B/min

4. Die Zytorrhysen beginnen an der Spitze des Blättchens und erfassen zur Basis fortschreitend das ganze Blatt. Man bemerkt bald, nach Beginn der Austrocknung, ein Schrumpfen des ganzen Blattes. Die Verringerung der Breite des Blattes wird besonders deutlich, nachdem in allen Zellen Trockenzytorrhise eingetreten ist.

Bildfeldbreite 1,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 15 B/min; Tessovar

5. Ähnlich wie Einstellung 4. Das Schrumpfen des ganzen Blattes ist hier besonders gut zu sehen. Ursache ist wieder die Verminderung der Breite der einzelnen Zellen, wodurch extreme Zytorrhise überhaupt erst möglich ist.

Bildfeldbreite 1,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 8 B/min; Tessovar

6. Beim Eintritt der Trockenzytorrhise kollabiert zuerst der Mittelteil der Außenwand. Dabei befindet sich noch ein Teil des Protoplasten in der Mitte der Zelle, wie man an den Chloroplasten sieht. Der Kollaps schreitet aber bei zunehmender Austrocknung fort, und schließlich wird der gesamte Zellinhalt an die Peripherie der Zelle gedrängt. Die Schrumpfung der Zellbreite ist auch hier deutlich.

Bildfeldbreite 625 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 30 B/min

7. Trockenzytorrhose wie bei Einstellung 6. Bei Wasserzugabe dehnt sich mit der Wiederherstellung der ursprünglichen Zellform das sichtbare Blattfeld deutlich aus. Die einzelnen Zellen strecken sich auf ihre normale Breite, wobei die vordem gleichmäßige Verteilung der Chloroplasten allerdings zunächst gestört bleibt.

Bildfeldbreite 625 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 30 B/min und 4 B/s

Literatur

- [1] ABEL, W. O.: Die Austrocknungsresistenz der Laubmoose. S. B. Wien. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, **165** (1956), 619—707.
- [2] BIEBL, R.: Einige zellphysiologische Beobachtungen an *Hookeria lucens* (L.) Sm. Österr. Bot. Z. **89** (1940), 300—306.
- [3] BIEBL, R.: Zellwandpermeabilität einiger Moose. Protoplasma **44** (1954), 73—88.
- [4] BIEBL, R., und W. URL: Wirkungen von α -Strahlen auf die Pflanzenzelle. Protoplasma **57** (1963), 84—125.
- [5] ILJIN, W. S.: Über die Austrocknungsfähigkeit des lebenden Protoplasten der vegetativen Pflanzenzelle. Jb. wiss. Bot. **66** (1927), 947—964.
- [6] ILJIN, W. S.: Die Ursache der Resistenz von Pflanzenzellen gegen Austrocknen. Protoplasma **10** (1930), 379—414.
- [7] LAUÉ, E.: Untersuchungen an Pflanzenzellen im Dampfraum. Flora **32** (1938), 193—224.
- [8] STRUGGER, S.: Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze. Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949, 2. Auflage.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1973 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, farbig, 37 m, 3 $\frac{1}{2}$ min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1972. Veröffentlichung aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien, Univ.-Prof. Dr. W. URL, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Aufnahme und Schnitt: H. H. HEUNERT.

Inhalt des Films

Der Film behandelt die Zytorrhose bei Blättchenzellen des Laubmooses *Hookeria lucens*, die dadurch zustande kommt, daß den Zellen Wasser entzogen wird und dabei die Zellwand so biegsam ist, daß sie dem sich verkleinernden Protoplasten folgen kann. Zytorrhose kommt am natürlichen Standort vor und ist hier ein Faktor der Dürre-resistenz, weil ein Abreißen des Plasmas von der Zellwand verhindert wird und damit der Tod der Zelle.

Wie viele Moose, besitzt auch *Hookeria* eine so dichte Zellwand, daß Stoffe mit großem Molekularvolumen nicht passieren können. Legt man Blättchen z. B. in hypertonische Saccharoselösungen, so wird der ganzen Zelle Wasser

entzogen; die Zellwand ist hier die semipermeable Schranke. Die dünne biegsame Zellwand folgt auch hier der sich durch den Wasserentzug verkleinern- den Vakuole und deltet sich ein. Es ergeben sich ganz ähnliche Zytorrhys- bilder wie bei der Austrocknung. Die Zellen lassen sich bei nachfolgender Zugabe einer hypertonischen Lösung eines kleinmolekularen Stoffes plasmoly- sieren. Zum Vergleich wird eine normale Plasmolyse gezeigt.

Summary of the Film

The film deals with cytorrhysis in leaf cells of the moss *Hookeria lucens* which is caused by the withdrawal of water from the cells and thus the cell wall is so flexible here that it can follow the contracting protoplasts. Cytorrhysis occurs in the natural habitat and is here a factor of drought resistance, since the plasma is prevented from tearing from the cell wall, thus preventing the death of the cell.

Like many mosses, *Hookeria* has such a dense cell wall that substances with a large molecular volume cannot pass through it. If, for example, leaves are laid in hypertonic saccharose solutions, water is withdrawn from the whole cell; the cell wall is here the semi-permeable barrier. Here too, the thin flexible cell wall follows the vacuole contracting due to the water with- drawal and becomes dented. Cytorrhysis images emerge which are very similar to those formed by dessication. The cells can be plasmolyzed by the subsequent addition of a hypertonic solution of a small molecular substance. A normal plasmolysis is shown for comparison.

Résumé du Film

Le film traite de la cytorrhysse dans les cellules des petites feuilles de la mousse frondifère *Hookeria lucens*, qui provient de ce que les cellules se déshydratent, la membrane cellulaire étant si flexible qu'elle peut suivre le protoplaste qui diminue. La cytorrhysse se produit en milieu naturel et est ici un facteur de résistance à la sécheresse car elle empêche le plasma de se détacher de la membrane cellulaire et ainsi la mort de la cellule.

Comme de nombreuses mousses, l'*Hookeria* possède aussi une membrane cellulaire si épaisse que des substances ayant un gros volume moléculaire ne peuvent pas la traverser. Si l'on dépose des petites feuilles dans des solu- tions de saccharose hypertoniques par ex., l'eau se retire de toute la cellule; la membrane cellulaire constitue ici la barrière semipermeable. La mince membrane cellulaire souple suit ici aussi la vacuole qui diminue par suite de la déshydratation et s'incurve. Il s'ensuit des configurations de cytorrhysse tout à fait analogues à celles consécutives au dessèchement. Les cellules se plasmolysent si l'on ajoute ensuite une solution hypertonique d'une sub- stance à molécules petites. Par comparaison plasmolyse normale est montré à titre de comparaison.