

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film C 1144/1974

Plasmolyse und Zytorrhysse

Begleitveröffentlichung von

Prof. Dr. W. URL, Wien

GÖTTINGEN 1974

Film C 1144

Plasmolyse und Zytorrhise

W. URL, Wien

Allgemeine Vorbemerkungen¹

HUGO VON MOHL [3] hatte 1846 für die zähflüssige Substanz, die sich überall dort in den Zellen findet, wo Erscheinungen des Lebens und des Wachstums zu sehen sind, den Begriff „Protoplasma“ geprägt. MOHL sah auch, daß diese Substanz in älteren Pflanzenzellen nicht die ganze Zelle erfüllt, sondern nur als dünner Wandbelag einen einheitlichen Zellsafttraum umschließt („Primordialschlauch“). Schon kurze Zeit nach dieser für die Zellenlehre epochemachenden Entdeckung beobachtete NÄGELI, wohl als erster, 1849 und 1850 (publiziert 1855 [4], S. 21), daß sich beim Einlegen von Pflanzenzellen in hypertontische Lösungen der Primordialschlauch von der Zellwand löstrennt und zusammenzieht. Diesem Phänomen wurde zunächst nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt, ja es war für zwei Jahrzehnte fast ganz vergessen.

Die Beschäftigung mit den osmotischen Phänomenen der Pflanzenzelle beginnt erst wieder mit HUGO DE VRIES. Er hatte 1871 [6] die Semipermeabilität des Protoplasmas erkannt, die Eigenschaft also, daß das lebende Protoplasma für in Wasser gelöste Stoffe nicht oder nur sehr schwer durchlässig ist, leicht aber das Wasser permeieren läßt. DE VRIES wies auch auf die Bedeutung der Semipermeabilität für den Turgor hin — die Spannung zwischen Zellwand und Zellinhalt. 1877 [7] erschien dann DE VRIES' klassische Arbeit „Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung, ausgehend von der Einwirkung von Salzlösungen auf den Turgor wachsender Pflanzenzellen“. Hier wird die Methode, mit Hilfe hypertontischer Salzlösungen der lebenden

¹ Dem Andenken an SIEGFRIED STRUGGER gewidmet. — Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 13 u. 14.

Pflanzenzelle Wasser zu entziehen, zum erstenmal folgerichtig angewendet, und DE VRIES benützte sie, um zu zeigen, daß Pflanzenteile dabei ihren Turgor völlig verlieren können. Der Beweis für die Bedeutung des Protoplasmas und seiner Semipermeabilität für die Turgeszenz der Pflanzen war damit erbracht. Von zentralem Interesse war für DE VRIES aber die Ablösung des Protoplasmas von der Zellwand, weil sich ja dann die Bedeutung des lebenden Protoplasmas für den Turgor am deutlichsten zeigte. Er belegte diese Erscheinung mit dem noch heute gültigen Namen: „Ich wähle hierzu das Wort Plasmolyse und bezeichne damit also die Ablösung des lebenden Protoplasma von der Zellwand durch wasserentziehende Mittel“ ([7], S. 10).

Die Plasmolyse hat sich schnell zu einer der wichtigsten experimentellen Eingriffe in die lebende Pflanzenzelle entwickelt. So hat DE VRIES selbst, als einer der Entdecker der Permeabilität des Protoplasmas für Anelektrolyte [8], sich dabei der plasmolytischen Methode bedient. STRUGGER hat in der Begleitpublikation zu seinem im Jahre 1949 hergestellten Film [10] über die Plasmolyse folgendes, auch heute noch voll Gültiges, geschrieben:

„Die Plasmolyse ist einer der wichtigsten experimentellen Eingriffe in die lebende Pflanzenzelle. Sie beruht auf den osmotischen Eigenschaften der Pflanzenzelle und demonstriert in schönster Weise die Semipermeabilität der Plasmagrenzschichten. Wird eine lebende Pflanzenzelle in eine hypertonische Lösung gelegt, so wird dem Zellsaft auf osmotischem Wege Wasser entzogen. Die Folge davon ist die Loslösung des Protoplasten von der Zellmembran und die Durchführung einer osmotischen (plasmolytischen) Kontraktion des Protoplasten bis zur Erreichung des osmotischen Gleichgewichtes. Der Kontraktionsvorgang geht also so lange weiter, bis die Konzentration des Zellsaftes gleich der des Außenmediums (Plasmolytikums) ist. Da nur der lebende Protoplast semipermeable Grenzschichten besitzt, ist auch die Plasmolyse nur an lebenden Zellen zu beobachten.

Während des Kontraktionsvorganges sind zahlreiche wichtige Erscheinungen festzustellen. So folgt das lebende Protoplasma je nach seiner Viskosität verschieden schnell den Gesetzen der Oberflächenspannung. Demnach ist die Geschwindigkeit der Abrundung des kontrahierten Protoplasten je nach dem Objekt und in verschiedenen Plasmolytici recht wechselnd. Der Protoplast ist fernerhin mit der Zellmembran recht eng verbunden, so daß es während der Abhebung zu einer Zerreißung der äußeren Plasmagrenzschicht kommt und zwischen der Membran und dem Protoplasten feine Fäden ausgesponnen werden (Hechtsche Fäden). Die äußere Plasmagrenzschicht muß sich im Zuge der Plasmolyse neu bilden. Der plasmolytische Eingriff dient dem experimentell arbeitenden Cytologen als wichtige methodische Grundlage für messende Untersuchungen an Pflanzenzellen. Es wird mit Hilfe der

Plasmolyse die Zellsaftkonzentration und damit auch der osmotische Wert von Pflanzenzellen bestimmt. Die Messung der Permeabilität der Zellen für verschiedene Substanzen erfolgt mit Hilfe des plasmolytischen Eingriffes. Da die Geschwindigkeit des Plasmolyseablaufes von der Filtrationsgeschwindigkeit des Wassers durch den Protoplasten abhängt, kann man auch die Wasserpermeabilität des Protoplasten mit Hilfe der plasmolytischen Methode quantitativ erfassen.“

Wie der klassische Film STRUGGERS, soll auch der vorliegende die Grundlagen des plasmolytischen Experiments zeigen.

Der zweite Teil des Films beschäftigt sich mit einem osmotischen Phänomen bei Pflanzenzellen, das aber nicht auf der Semipermeabilität des Protoplasmas beruht. Viele Moose besitzen Zellwände, die für großmolekulare Verbindungen nur sehr schwer oder fast gar nicht durchlässig sind (BIEBL [1]). Die Zellwände verschiedener Moose sind allerdings in ihrer „Dichte“ nicht gleich. Die im Film gezeigten Zellen von *Hookeria lucens* haben eine äußere Zellwand, die für Saccharose (Molekulargewicht = 342) kaum passierbar ist, bei anderen Moosen kann aber schon Glucose (Molekulargewicht = 180) nicht permeieren. Kleinmolekulare Verbindungen wie Glycerin, aber auch Salzlösungen, durchdringen solche Zellwände dagegen leicht und rufen normale Plasmolyse hervor. Legt man Blättchen von *Hookeria lucens* nun in starke Lösungen von Saccharose, so ist die Zellwand nur für Wasser permeabel, nicht aber für die großen Moleküle von Saccharose. Hier ist also schon die Zellwand die semipermeable Schranke, nicht erst das Protoplasma. Es kann keine plasmolytische Abhebung des Protoplasten erfolgen, und es wird der ganzen Zelle Wasser entzogen. Besonders bei großzelligen Moosen dellen sich dabei die biegsamen, dünnen Außenwände ein und berühren sich schließlich in der Mitte der Zelle. Es erfolgt ein „osmotischer Kollaps“, der mit STRUGGER [5] „Zytorrhysse“ genannt wird. Die Zytorrhysse tötet die Zellen nicht. Überträgt man die Moosblättchen aus der Saccharose z. B. in eine hypertonische Kaliumchloridlösung, so gehen die Zellwände in ihre ursprüngliche Lage zurück, und normale Plasmolyse tritt ein.

Die Zytorrhysse ist nun eine Erscheinung, die nicht nur im zellphysiologischen Versuch bei Anwendung stark hypertonischer Lösungen großmolekularer Stoffe als „osmotischer Kollaps“ beobachtet werden kann. Anders als bei der Plasmolyse, der Pflanzenzellen in der Natur praktisch nie ausgesetzt werden, kann man Zytorrhysse auch am natürlichen Standort der Moose nach Trockeninsulten beobachten. Die Zytorrhysse spielt hier offenbar bei der Erhöhung der Dürresistenz eine Rolle. Wenn beim Austrocknen von Pflanzenzellen das Protoplasma von der Zellwand losgerissen wird — und sich dann also dazwischen kein wässriges Medium befindet wie bei der Plasmolyse —, stirbt die Zelle sofort. Bei vielen Moosen mit elastischen und biegsamen Außenwänden

folgen diese aber weitgehend der sich verkleinernden Vakuole, wodurch eine gewaltsame Abtrennung des Plasmas von der Zellwand vermieden wird. Man hat diese Erscheinung früher „Schrumpfung“ genannt (LAUÉ [2]), verwendet aber heute auch dafür den Begriff Zytorrhise oder Trockenzytorrhise.

Eine nicht zu lang andauernde, zu extreme Trockenzytorrhise ist bei Wasserzutritt voll reversibel, die Zellen erhalten wieder ihre ursprüngliche Form und sind voll lebensfähig.

Erläuterungen zum Film¹

Aufnahmefrequenz 10 B/s bis 4 B/min

1. Osmotischer Wasserentzug aus dem Gewebe der Kartoffel.

Die osmotischen Eigenschaften der Pflanzenzellen lassen sich auf einfache Weise demonstrieren, indem man ein Kartoffelstück in konzentriertes Glycerin einbringt. Das stark hypertonische Glycerin entzieht den Zellen Wasser.

Bildfeldbreite 50 mm; Aufn.-Freq. 10 B/s

2. Wie 1.

Da das Wasser spezifisch leichter ist und sich nur langsam mit dem Glycerin mischt, steigt es in Form von Schlieren zur Oberfläche auf.

Bildfeldbreite 25 mm; Aufn.-Freq. 10 B/s

3. Übersichtsaufnahme einer Plasmolyse und Deplasmolyse.

An der Außenepidermis von *Allium cepa* erkennt man bereits in der Lupenvergrößerung, daß der osmotische Wasserentzug, ausgelöst durch eine hypertonische Kalziumchlorid-Lösung, mit einer Ablösung und Kontraktion der Protoplasten verbunden ist.

Diese Kontraktion ist reversibel, wenn man das Hypertonikum durch eine hypotonische Lösung oder durch Wasser austauscht.

Bildfeldbreite 6,1 mm; Aufn.-Freq. 15 B/min

4. Mikroaufnahme einer Plasmolyse, Deplasmolyse und Wiederplasmolyse.

Unter Einwirkung wasserentziehender Mittel — hier einer einmolaren Traubenzuckerlösung — hebt sich das lebende Protoplasma zunächst unregelmäßig von der Zellwand ab. Schließlich tritt eine völlige Abrundung des Protoplasten ein. Diesen Vorgang nennt man Plasmolyse. Die Moleküle des Zellsaft-Farbstoffes Anthocyan vermögen das Protoplasma nicht zu durchdringen.

¹ Die kleingedruckten Abschnitte geben den Wortlaut des im Film gesprochenen Kommentars wieder. — Die *Kursiv*-Überschrift entspricht dem Zwischentitel im Film.

Nach Austausch der hypertonischen Zuckerlösung durch eine hypotonische nimmt der Protoplast wieder Wasser auf. Er dehnt sich aus und legt sich der Zellwand an. Dieser Vorgang heißt Deplasmolyse.

Die Wiederholbarkeit der Plasmolyse beweist, daß die Zellen durch eine schonende Deplasmolyse nicht geschädigt wurden. Während der plasmolytischen Eingriffe bleibt die Protoplasmaströmung erhalten.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s und 4 B/min

5. Schädigung der Protoplasten durch schnelle Deplasmolyse.

Eine durch Wasser herbeigeführte rasche Deplasmolyse schädigt den Protoplasten. Er platzt, und der Zellsaft mit dem Anthocyan tritt aus.

Bildfeldbreite 765 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/min

6. Trickteil.

Darstellung der Plasmolyse in einem stark vereinfachten Schema:

Der Ausschnitt einer Zelle zeigt die Zellwand mit ihren relativ großen Poren. Innen liegt der Zellwand das Protoplasma an. Es besteht aus der äußeren Hautschicht, dem Plasmalemma, dem Mesoplasma und der inneren Hautschicht, dem Tonoplasten, der die Vakuole umschließt. Das Protoplasma ist semipermeabel, halbdurchlässig. Die im Zellsaft gelösten Stoffe vermögen, im Gegensatz zu Wasser, das Protoplasma nicht zu durchdringen.

Eine Lösung mit höherem osmotischen Wert als der Zellsaft, ein Plasmolytikum, wird an die Zelle herangeführt. Das Plasmolytikum beginnt, dem Zellsaft Wasser zu entziehen.

Schließlich löst sich das Protoplasma von der Zellwand und folgt der sich verkleinernden Vakuole. Es tritt Plasmolyse ein.

Zum Stillstand kommt die Verkleinerung der Vakuole, wenn der osmotische Wert des Zellsaftes dem des Plasmolytikums entspricht. Der Zustand der Endplasmolyse ist erreicht.

7. Konvex-Plasmolyse.

Die Plasmolyseform ist abhängig vom Plasmolytikum. Kalium-Ionen vermindern die Viskosität des Plasmas. In Kaliumsalzlösungen hebt sich der Protoplast gleichmäßig von der Zellwand ab. Es handelt sich um eine Konvexplasmolyse mit abgerundeten glattrandigen Formen.

Bildfeldbreite 605 μm ; Aufn.-Freq. 15 B/min und 8 B/min

8. Konkav-Plasmolyse.

Kalzium-Ionen erhöhen dagegen die Viskosität des Plasmas. In Kalziumsalzlösungen hebt sich der Protoplast von der Zellwand nicht gleichmäßig ab. In diesem Fall spricht man von Konkav- oder Krampfplasmolyse.

Bildfeldbreite 605 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s

9. Bildung Hechtscher Fäden.

Bei der Plasmolyse der Innenepidermiszellen von *Allium cepa* in Kalziumsalzlösungen ist das Entstehen der Hechtschen Fäden im Phasenkontrast gut zu erkennen.

Bildfeldbreite 310 μm ; Aufn.-Freq. 2 B/s

10. Wie 9.

Besonders deutlich sind diese feinen plasmatischen Fäden im Dunkelfeld zu beobachten.

Bildfeldbreite 195 μm ; Aufn.-Freq. 2 B/s

11. Wie 9.

Die Hechtschen Fäden bestehen im wesentlichen aus Plasmalemmasubstanz, enthalten aber auch Mesoplasma und Zellorganellen. — Einige Fäden reißen von der Zellwand ab und flottieren im Plasmolyse-Vorraum.

Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 4 B/s

12. Plasmolyse und Deplasmolyse bei *Rhoeo*.

Viele Zellen — wie die der Blattepidermis von *Rhoeo discolor* haben einen sehr dünnen plasmatischen Wandbelag. Erst durch Plasmolyse kann er deutlich sichtbar gemacht werden.

Auch bei diesem zarten Protoplasten ist eine schonende Deplasmolyse in hypotonischer Lösung unschädlich.

Bildfeldbreite 300 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s, 2 B/s und 8 B/min

13. Plasmolyse als Vitalitätstest.

Die Plasmolyse ist ein vorzüglicher Test für die Vitalität der Zelle.

Die im oberen Bildteil mit UV-bestrahlten, abgetöteten Zellen der Innenepidermis von *Allium cepa* plasmolysieren nicht.

Die während der Bestrahlung abgedeckten Zellen in der unteren Bildhälfte leben weiter und plasmolysieren. Die abgetöteten Zellen erkennt man auch an den nekrotischen, im Dunkelfeld hell aufleuchtenden Zellkernen.

Bildfeldbreite 965 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s und 15 B/min

14. Plasmolyse bei Mooszellen.

Die Zellwände vieler Moose sind so dicht, daß sie nur für kleine Moleküle und Salzionen permeabel sind.

In Lösungen solcher Stoffe, z.B. Kaliumchlorid, tritt normale Plasmolyse ein, wie hier an den Blattzellen des Laubmooses *Hookeria lucens*.

Bildfeldbreite 400 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s und 15 B/min

15. und 16. Zytorrhise bei Mooszellen.

Für große Moleküle ist die Zellwand von *Hookeria* undurchlässig. So wird in einer starken Rohrzucker-Lösung der gesamten Zelle Wasser entzogen. Dabei kollabieren die biegsamen Außenwände und pressen sich in der Zellmitte aufeinander.

Diesen Vorgang, bei dem die Zellen nicht getötet werden, nennt man Zytorrhise.

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

17. Wie 15. und Trick.

Nach Austausch der Zuckerlösung durch eine hypertonische Salzlösung geht diese Zellschrumpfung zurück, und es tritt Plasmolyse ein.

In dieser schematischen Darstellung werden die Vorgänge bei Plasmolyse und Zytorrhise verglichen. Bei Plasmolyse dringen die Moleküle des Plasmo-lytikums durch die Zellwand, bei der Zytorrhise dagegen nicht.

Bei Plasmolyse wirkt das Protoplasma als semipermeable Schranke und löst sich von der Zellwand.

Es entsteht ein Plasmolyse-Vorraum. Bei Zytorrhise dagegen ist die Zellwand die semipermeable Schranke. Die Zellwand folgt der sich verkleinernden Vakuole. Hier wird kein Plasmolyse-Vorraum gebildet.

18. Zytorrhise durch Austrocknung.

Die Zytorrhise erfolgt nicht nur durch osmotischen Wasserentzug, sondern auch durch Austrocknung. Das erhöht die Dürre-resistenz, da ein Abreißen des Plasmas von der Zellwand in Luft den Protoplasten sofort töten würde.

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

19. Wie 18.

Im fortgeschrittenen Stadium der Austrocknung ist eine starke Schrumpfung des *Hookeria*-Blättchens zu beobachten.

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

20. Wie 18.

Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man, daß zwischen den sich eng aneinander legenden Zellwänden schließlich kein Plasma mehr vorhanden ist. Die Protoplasten liegen ringförmig den Innenwänden an.

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

21. Wie 18. und Trick.

Halbschematische Darstellung der Zytorrhise beim Laubmoos *Hookeria lucens*. Turgeszente Zellen haben nach außen gewölbte Zellwände.

Bei osmotischem Wasserentzug durch großmolekulare Lösungen, aber auch bei Eintrocknung, dellen sich die Außenwände zunächst ein.

Im fortgeschrittenen Stadium berühren sich die Zellwände in der Mitte der Zellen.

Schließlich pressen sich die Außenwände unter Schrumpfung der Zellen flächig aneinander und drängen die Protoplasten an die Innenwände, denen sie zuletzt kranzförmig anliegen.

22. Reversibilität der Zytorrhise.

Zytorrhise durch Austrocknung ist weitgehend reversibel. Bei Befeuchtung nehmen die Zellen Wasser auf und erhalten wieder ihre ursprüngliche Form.

Bildfeldbreite 625 μm ; Aufn.-Freq. 4 B/s

English Version of the Spoken Commentary¹

Aufnahmefrequenz 10 B/s bis 4 B/min

(Shooting frequency 10 frames per second to 4 frames per minute)

The osmotic characteristics of plant cells can be demonstrated simply by placing a piece of potato in concentrated glycerin. Water diffuses out of the cells into the strongly hypertonic glycerin.

This water rises to the surface of the liquid because it has a lower specific gravity than glycerin and because the two substances don't mix rapidly.

The connection between the water movement in response to a hypertonic calcium chloride solution and the detachment and contraction of the protoplasts can be seen on the outer epidermis of *Allium cepa* bulb scales under a magnifying glass.

This contraction is reversible when the hypertonic solution is exchanged for a hypotonic solution or water.

Under the influence of a plasmolyzing agent, here a 1 molar glucose solution, the living protoplasm is detached from the cell wall. Initially, the detachment is irregular; later, the protoplast becomes completely rounded. Molecules of the bluish-red anthocyanin are unable to pass through the protoplasm and are retained in the vacuole.

After exchanging the hypertonic sugar solution for a hypotonic, the protoplast takes up water again. It expands and finally lines the cell wall. This process is called deplasmolysis.

The ability of the protoplast to be repeatedly plasmolyzed proves that the cells were not damaged by a careful deplasmolysis. Protoplasmic streaming is maintained throughout the protoplasmic process.

A rapid deplasmolysis in water damages the protoplast. It bursts, and the anthocyanin-containing cell sap flows out.

Plasmolysis in schematic representation.

This section of a cell shows the cell wall with its relatively large openings. The protoplasm closely adheres to the cell wall. Protoplasm consists of the outer membrane (the plasmalemma), the central mesoplasm, and the inner membrane (the tonoplast), which surrounds the vacuole. The protoplasm is differentially permeable. Some substances dissolved in the cell sap cannot, in contrast to water, pass through the protoplasm.

A solution with a higher osmotic value than that of the cell sap, a plasmolyticum is applied to the cell. Water moves from the cell sap into the plasmolyticum.

Finally the protoplast becomes detached from the cell wall to surround the diminishing vacuole. Plasmolysis occurs.

The shrinkage of the vacuole ceases when the potential of the water in the cell equals that of the plasmolyzing agent. Endplasmolysis is achieved.

The plasmolysis form can be changed by the plasmolyticum. Potassium ions lower the viscosity of the protoplasm; hence in potassium salt solutions the protoplast is rounded with smooth edges (convex plasmolysis) and detaches evenly from the cell wall.

¹ The headline in *italics* correspond with the subtitle in the film.

Calcium ions, in contrast, increase the viscosity of the protoplasm. In calcium salt solutions, the protoplast shows irregular detachment and gives concave or clumped plasmolysis.

When the inner epidermal cells of *Allium cepa* are plasmolyzed in calcium salt solutions, the formation of Hecht strands can easily be recognized in phase contrast.

These fine protoplasmic threads can be observed especially well in darkfield illumination.

The Hecht strands consist primarily of plasmalemma material but also contain mesoplasm and cell organelles. A few threads tear away from the cell wall and float in the area between the cell wall and the protoplast (the "Vorraum").

Many cells, such as those from *Rhoeo discolor* leaf epidermis, have a very thin protoplasmic layer which can be seen distinctly only after plasmolysis.

Even with these fragile protoplasts, a careful deplasmolysis in a hypotonic solution is not damaging.

Plasmolysis is an excellent test for cell vitality.

The inner epidermal cells of *Allium cepa* in the upper part of the frame were killed with UV irradiation. They do not plasmolyze. The cells in the lower part of the frame were covered during irradiation. These cells still live and plasmolyze. Dead cells can also be recognized by their necrotic nuclei which shine in darkfield illumination.

The cell walls of many mosses are so dense that they are only permeable for small molecules and salt ions.

In solutions of such substances, e. g. Calcium chloride, normal plasmolysis occurs, as here with the leaf cells of the moss *Hookeria lucens*.

The cell wall of *Hookeria* is not permeable for large molecules. Hence, when such cells are placed in concentrated solution, most of the vacuolar water diffuses out without plasmolysis, resulting in collapse of the flexible walls until they may come together in the middle of the cell.

This process, called cytorrhysis, does not kill the cells.

After exchange of the sugar solution for a hypertonic salt solution, the cell walls tend to regain their original shape and the protoplasts plasmolyze.

In this schematic representation, the process of plasmolysis and cytorrhysis are compared: in plasmolysis, molecules of the plasmolyticum permeate the cell wall, while in cytorrhysis, they do not.

In plasmolysis, the protoplast acts as a semipermeable barrier and detaches from the cell wall.

A space between cell wall and protoplast, the "Vorraum", is formed, while in cytorrhysis the cell wall is the semipermeable barrier. The cell wall shrinks around the diminishing vacuole and no "Vorraum" is formed.

Cytorrhysis is not only caused by hypertonic sucrose solutions, but also by desiccation. This increases the drought resistance, since a rupture of the protoplasm from the cell wall in air would immediately kill the protoplast.

In an advanced stage of desiccation, a strong shrinking of the *Hookeria* leaf can be observed.

A higher magnification shows that finally there is no more protoplasm between the cell walls which are closely pressed together. The protoplast forms a ring around the inner walls.

A semi-diagrammatic representation of cytorrhysis in the moss, *Hookeria lucens*. Turgescent cells have cell walls that bulge outwards.

With the outward diffusion of water in response to the difference in water potential gradient, or by desiccation, the outer walls at first bend inwards.

In the advanced stage, the cell walls touch each other in the center of the cell.

Finally, as the cells shrivel, the outer walls are pressed flatly against each other and squeeze the protoplast on the inner walls, which finally surround them in the form of a ring.

Cytorrhysis caused through desiccation is to a large extent reversible. After moistening, the cells take up water and return to their original form.

Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] BIEBL, R.: Zellwandpermeabilität einiger Moose. *Protoplasma* 44 (1954), 73—88.
- [2] LAUÉ, ERNA: Untersuchungen an Pflanzenzellen im Dampfraum. *Flora* 32 (1938), 193—224.
- [3] MOHL, H. v.: Über die Saftbewegung im Inneren der Zelle. *Bot. Zeitung* 4 (1846), 73.
- [4] NÄGELI, C.: In: NÄGELI, C., und C. CRAMER: Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Fr. Schulthess, Zürich 1855.
- [5] STRUGGER, S.: Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze. 2. Aufl. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949.
- [6] VRIES, H. DE: Sur la perméabilité du protoplasme des betteraves rouges. *Arch. néerl. sci.* VI (1871), 117—126.
- [7] VRIES, H. DE: Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung, ausgehend von der Einwirkung von Salzlösungen auf den Turgor wachsender Pflanzenzellen. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig 1877.
- [8] VRIES, H. DE: Über die Permeabilität der Protoplaste für Harnstoff. *Bot. Zeitung* 47 (1889), 309 und 327.

- [9] PEDELISKY, A. VIRGINIA: Osmotic Phenomena in Plant Cells-Rosette Systrophy Formation; *Allium cepa* (Liliaceae). Film E 1939 der Enc. Cin., Göttingen 1973.
- [10] STRUGGER, S.: Plasmolyse. Film C 576 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1950.
- [11] URL, W.: Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen — Plasmolyse; *Allium cepa* (Liliaceae). Film E 1911 der Enc. Cin., Göttingen 1973.
- [12] URL, W.: Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen — Plasmolyse, Zytorrhysse; *Hookeria lucens* (Musci). Film E 1912 der Enc. Cin., Göttingen 1973.
- [13] URL, W., und D. G. BURKERT: Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen — Tonoplasten-Plasmolyse; *Hookeria lucens* (Musci). Film E 1940 der Enc. Cin., Göttingen 1974.

Angaben zum Film

Der Film wurde 1974 veröffentlicht und ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt. Tonfilm, 16 mm, farbig, 124 m, 11 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: H. H. Heunert und H. DRÖSCHER.

Inhalt des Films

Der Film zeigt die Grundlagen des plasmolytischen Experiments; den Wasserentzug aus pflanzlichem Gewebe durch hypertonsche Lösungen, die Ablösung des lebenden Protoplasmas von der Zellwand, die Reversibilität der Plasmolyse, die Abhängigkeit der Form des plasmolysierten Protoplasten von der Art des Plasmolytikums, die Entstehung Hechtscher Fäden und die Sichtbarmachung eines sehr dünnen protoplasmatischen Wandbelages durch die Plasmolyse. Dann folgt ein Plasmolyseversuch als Test für die Vitalität der Zelle nach Bestrahlung mit ultravioletem Licht.

Der zweite Teil des Films zeigt Zytorrhise an Mooszellen. Sie entsteht bei Austrocknung, aber auch bei Einwirkung hypertonscher Lösungen großmolekularer Stoffe, für die die Zellwände impermeabel sind. In beiden Fällen dellen sich die biegsamen, dünnen äußeren Zellwände ein und legen sich schließlich in der Mitte der Zelle flächig aneinander.

Beide Vorgänge, Plasmolyse und Zytorrhise, werden durch Trickteile veranschaulicht.

Summary of the Film

The film shows the principles of plasmolysis: the movement of water from plant tissue after application of a hypertonic solution, the detachment of the living protoplast from the cell wall, the reversibility of plasmolysis, the variation in effects of different plasmolytica on protoplast form, the formation of Hecht's strands, and the demonstration of the exceedingly thin protoplasmic layer, which otherwise lines the cell wall and cannot be visualized. Next, plasmolysis is used to test cell vitality after irradiation with ultraviolet light.

The second part of the film shows cytorrhysis of moss cells. It can be caused by dehydration or by the action of hypertonic solutions which contain molecules too large to permeate the cell wall. In both cases, the flexible, thin outer cell walls depress inwards and finally lie flat against each other in the center of the cell. Both plasmolysis and cytorrhysis are illustrated by animation.

Résumé du Film

Le film montre les éléments de l'expérience plasmolytique: la perte d'eau par le tissu végétal sous l'effet de solutions hypertoniques, le détachement du protoplasme vivant de la membrane cellulaire, la réversibilité de la

plasmolyse, la dépendance qui existe entre la forme des protoplastes plasmolysés et la nature du plasmolytique, la formation des filaments de Hecht et la mise en évidence par la plasmolyse d'un revêtement protoplasmatique très mince de la membrane. Vient ensuite un essai de plasmolyse, test destiné à prouver la vitalité de la cellule après irradiation avec de la lumière ultraviolette.

La deuxième partie du film montre la cytorrhysse dans des cellules de mousse. Elle survient lors du dessèchement, mais aussi sous l'effet de solutions hypertoniques, substances à grosses molécules auxquelles les membranes cellulaires sont imperméables. Dans les deux cas, les membranes cellulaires externes, minces et flexibles, s'incurvent pour s'accoler finalement au centre de la cellule.

Ces deux phénomènes, plasmolyse et cytorrhysse, sont représentés en partie par des dessins animés.