

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION

BIOLOGIE

SERIE 15 · NUMMER 6 · 1982

FILM E 2620

**Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen
Kappenplasmolyse, *Allium cepa* (Liliaceae)**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Stummfilm, 16 mm, farbig, 91 m, 8 1/2 min (24 B/s). Hergestellt 1979/80, veröffentlicht 1981. Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden durch Univ. Prof. Dr. W. G. URL und Dr. W. GERDENITSCH am Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien. Bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. T. HARD; Schnitt: B. MILTHALER.

Zitierform:

URL, W. G., und W. GERDENITSCH: Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen – Kappenplasmolyse, *Allium cepa* (Liliaceae). Film E 2620 des IWF, Göttingen 1981. Publikation von W. G. URL und W. GERDENITSCH, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 15, Nr. 6/E 2620 (1982), 16 S.

Anschrift der Verfasser der Publikation:

Prof. Dr. W. G. URL und Dr. W. GERDENITSCH, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Dr. Karl Luegerring 1, A 1010 Wien.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (0551) 202202

WALTER URL und WALTRAUD GERDENITSCH, Wien:

Film E 2620

Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen Kappenplasmolyse, *Allium cepa* (Liliaceae)

Verfasser der Publikation: WALTER URL und WALTRAUD GERDENITSCH

Mit 6 Abbildungen

Inhalt des Films:

Osmotische Erscheinungen bei Pflanzenzellen – Kappenplasmolyse, *Allium cepa* (Liliaceae). Im Interferenzkontrast wird die Bildung von Plasmakappen in Außenepidermiszellen einer roten Zwiebelsorte bei Einwirkung einer hypertonischen KNO_3 -Lösung (bzw. in Einstellung 7 einer hypertonischen LiCl -Lösung) gezeigt. Mit Ausnahme der Einstellung 2 wird der Vorgang vom Zutritt der Lösung an dargestellt. Man sieht den Eintritt der Plasmolyse und die nachfolgende Quellung des Protoplasmas. Dabei ist die Dynamik der Kappenbildung anhand vieler Details gut zu erkennen. So sieht man z. B. das „Ausweichen“ des quellenden Protoplasmas an die Menisken und das Ausquetschen des gequollenen Kernes in die Kappen. In einigen Fällen kommt es durch Quellungsvorgänge zur Bildung von Teilvakuolen, die in einigen Fällen nach Bildung der Kappen wieder fusionieren. Neu ist die bislang bestrittene Kappenbildung nach vorangegangener Systrophe. Selbst nach extremer Rosettensystrophe entsteht das typische Bild einer Kappenplasmolyse. Hier quillt zunächst der Systropheklumpen aber auch – freilich weniger deutlich zu sehen – das Plasma an den Menisken. Durch den Druck der Vakuole, im Verein mit der erniedrigten Viskosität des Plasmas, kommt es meist zu einem typischen „Ausquetschen“ des Plasmas in die Kappen. In einigen Fällen bleibt aber das quellende Plasma – und auch der stark aufquellende Kern – durch den Druck der Vakuole in Zellwandausbuchtungen festgelegt. In Einstellung 6 ist nach dem Wechsel von der reinen Kaliumnitrat-Lösung zu einem kalziumchloridhaltigen Gemisch eine Entquellung der Kappen zu beobachten. Eine eingehendere Analyse der zytomorphologischen Phänomene, vor allem aber die genauere quantitative Auswertung, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Summary of the Film:

Osmotic Phenomena in Plant Cells – Cap Plasmolysis, *Allium cepa* (Liliaceae). Under the influence of a hypertonic KNO_3 -solution (or as in scene 7 a hypertonic LiCl -solution) the formation of plasma caps in external epidermis cells of a red onion species is shown in

interference contrast. Except for scene 2 the phenomenon is presented beginning with the addition of the solution. The beginning of plasmolysis and the subsequential swelling of the protoplasm is shown, whereby the dynamics of the cap-formation are easily seen in detail. Thus one sees the "avoidance" of the swelling protoplasm on the menisci and the squeezing of the swollen nucleus into the cap. In some cases partial vacuoles are formed during the swelling, which sometimes re-fuse after cap formation. The up-to-now disputed cap formation following previous systrophy is new to science: Even after extreme rosette systrophy, the typical form of a cap plasmolysis results. In this case the systrophy clumps swell first, the plasma of the menisci swells also – although this is less clearly seen. Due to the pressure exerted by the vacuole and the lowered viscosity of the plasma, the typical compression of the plasma into the caps usually occurs. In a few cases, however, the swelling plasma as well as the rapidly swelling nucleus are held tightly in eversion of the cell wall by the pressure exerted by the vacuole. In scene 6 a shrinking of the caps is observed following the change from pure potassium nitrate solution to a calcium chloride mixture. A more detailed analysis of the cytomorphological phenomena and especially a more exact quantitative evaluation will have to be the subject of further investigations.

Résumé du Film:

Phénomènes d'osmose lors de la plasmolyse des capes de cellules végétales – *Allium cepa* (Liliaceae). On voit dans le contraste interférentiel la formation de capes plasmiques dans des cellules de l'épiderme externe d'une variété d'oignons rouge, sous l'effet d'une solution de KNO_3 hypertonique (et d'une solution de $LiCl$ hypertonique dans la scène 7). A l'exception de la scène 3, le processus est montré à partir de l'entrée de la solution. On voit le début de la plasmolyse et le gonflement consécutif du protoplasme. De nombreux détails permettent de distinguer nettement la dynamique de la formation des capes. On voit par ex. le «détournement» du protoplasme qui se gonfle près des ménisques, et la pressuration du noyau turgescent dans les capes. Dans certains cas, les phénomènes de gonflement provoquent la formation de vacuoles partielles qui fusionnent parfois à nouveau après la formation des capes. La formation de capes au terme d'une systrophe, qui était contestée jusqu'ici, constitue une nouveauté. Même après une systrophe en rosette extrême apparaît l'image caractéristique d'une plasmolyse des capes. Ici, la masse systrophique gonfle en premier, puis le plasma près des ménisques – de façon moins bien visible. La pression des vacuoles, associée à la diminution de viscosité du plasma, engendre la «pressuration» caractéristique du plasma dans les capes. Mais dans certains cas, le plasma qui se gonfle – de même que le noyau fortement turgescent – reste coincé dans des excavations de la membrane cellulaire, du fait de la pression des vacuoles. Dans la scène 6, on peut observer, après échange d'une solution de nitrate de potassium pure contre un mélange contenant du chlorure de calcium, un désenflement des capes. Une analyse plus poussée des phénomènes cytomorphologiques, et surtout un calcul quantitatif plus précis, feront l'objet d'études ultérieures.

Allgemeine Vorbemerkungen

Als Kappenplasmolyse beschrieb HÖFLER ([7]) ein auffälliges Plasmolysebild, das schon früher ([6]) gesehen, aber nicht eingehender analysiert worden war. Er bezeichnete mit dem Begriff „Kappenplasmolyse“ das Phänomen, daß in Lösungen bestimmter Salze, meist nach einigen Stunden, der vollständig bikonvex gerundete Protoplast deutlich drei Abschnitte unterscheiden läßt. Die plasmolytisch verkleinerte Vakuole wird an den Schmalseiten von Plasmaansammlungen begrenzt, die den beiden Menisken kappenartig aufsitzen (Abb. 1).

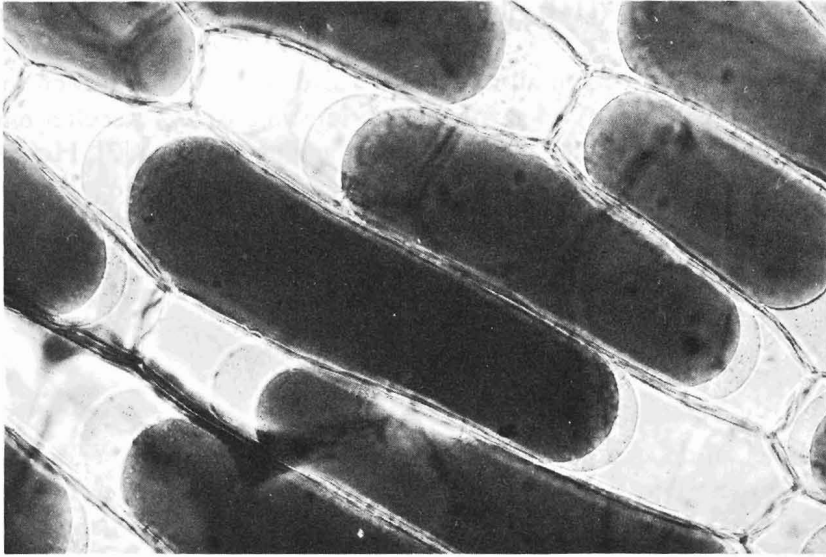


Abb. 1. Typische Kappenplasmolyse. Den Vakuolen sitzt an den Schmalseiten gequollenes Plasma kappenartig an

HÖFLER beschrieb das Plasma dieser „Kappen“ als hyalin, glasig, durchsichtig ([7]). Wie er aber weiter erwähnte, können sie – in Abhängigkeit vom einzelnen Objekt – auch ein ganz anderes Bild zeigen. Sie können viele, kleine Teilvakuolen enthalten, die in kugelig abgerundeter Form die ganze Kappe erfüllen (HÖFLER [7], [8]; KAISERLEHNER [12]) (Abb. 2). Solche Kappen sind im Film z. B. in den Sequenzen 2 und 5

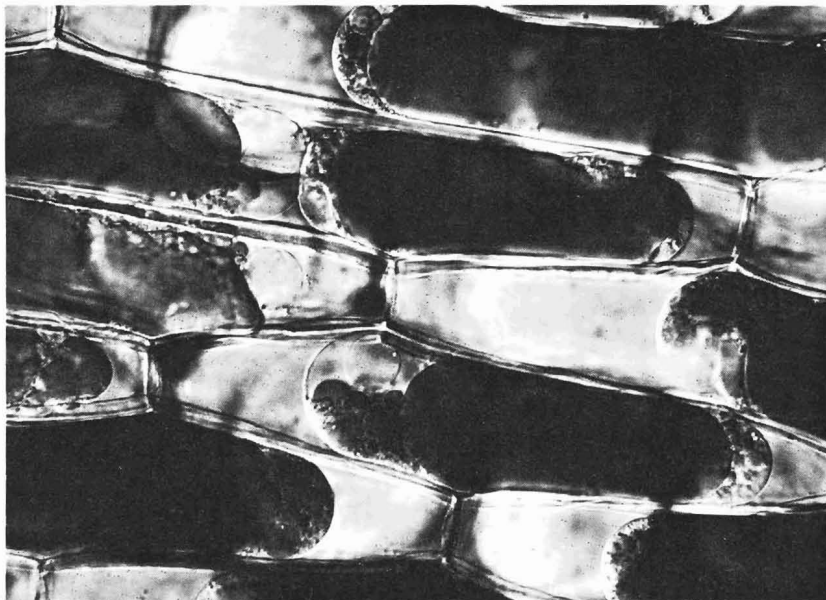


Abb. 2. Die Kappen enthalten viele kleine, kugelige Vakuolen, die während des Plasmolysevorganges aus der Hauptvakuole abgetrennt wurden

(Sequenz 3). Das Volumen dieser Kappen wuchs bedeutend schneller als das des ebenfalls aufquellenden Systropheklumpens (Sequenz 4). Die deutlich stärkere Quellung des Hyaloplasmas ist auch in Sequenz 7 zu sehen. Nach KAISERLEHNER ([12]) handelt es sich bei der großen Fähigkeit der Randzone, Wasser aufzunehmen, nicht mehr um Quellungsvorgänge, sondern um osmotische Wasseraufnahme. Auch GICKLHORN ([5]) beschreibt Zusammenhänge zwischen Quellung des Protoplasmas in Kaliumsalz-Lösungen und bestimmten Entmischungsvorgängen.

Das Phänomen der Kappenplasmolyse und damit der Kappenbildung wurde in allen Arbeiten von HÖFLER bis zur letzten größeren Mitteilung von BOGEN ([1]) anhand der Beschreibung einzelner Stadien dokumentiert. Das stellt also nur eine Aneinanderreihung von Momentaufnahmen im Verlauf eines dynamischen Prozesses dar, zwischen denen eine Verbindung fehlt. Die Erfassung vieler – vor allem schneller verlaufender – Vorgänge bei der Kappenbildung war so nicht möglich.

Der Einsatz der Zeitraffer-Mikrokinematographie bot sich hier an. Schon HÖFLER ([9]) hat 1938 versucht, die Kappenbildung mikrokinematographisch zu erfassen. Dazu wurden Filmaufnahmen in Zusammenarbeit mit K. MICHEL in Jena durchgeführt. Es entstand ein Film über Nekrosevorgänge an pflanzlichen Zellen, der auf der Generalversammlung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Hannover (am 14. September 1938) vorgeführt wurde. Die letzte Einstellung dieses Films zeigt die Bildung einer Kappenplasmolyse. Sie ist in [9] kurz beschrieben, der Film selbst ist aber leider nicht erhalten.

Neue kinematographische Studien zur Kappenplasmolyse schienen, auch im Hinblick auf verschiedene ungeklärte Fragen, sinnvoll. So war es z. B. möglich, den Vorgang des Auspressens des Protoplasmas in die Kappen erstmals klar darzustellen. Auch konnte HOUSKAS ([11]) Annahme, daß nach Bildung einer Systrophe Kappenbildung nicht mehr eintreten könne, widerlegt werden.

Die vorliegende Arbeit bringt keineswegs eine genaue Analyse der im Film gezeigten Vorgänge, sondern nur eine kurze Beschreibung der wichtigsten Phänomene. Es bleiben viele Fragen offen. Um sie zu klären, sind weitere Aufnahmen und detaillierte quantitative Auswertungen, wie auch weitere zytologische Studien notwendig, die einer folgenden Arbeit vorbehalten bleiben.

Zur Entstehung des Films

Als Versuchsmaterial dienten Schnitte von der Außenepidermis der 2. oder 3. lebenden Schuppe von *Allium cepa*, Sorte „Neusiedler Rote“. Die Schnitte wurden entlüftet und in der Regel zwei bis drei Stunden auf Leitungswasser belassen. Vor der Aufnahme wurden die Schnitte 30 Sekunden bis 1 Minute in 0,1 mol Kaliumoxalat behandelt, anschließend in destilliertem Wasser gut gewaschen und in Durchströmungskammern nach WERTH ([20]) montiert. Die Kammern waren an ein Schlauchsystem angeschlossen, durch das zunächst destilliertes Wasser und dann die Versuchslösungen mit Hilfe einer Peristaltikpumpe gesaugt wurde. Die 0,65 molare KNO_3 -Lösung hat einen osmotischen Druck von 0,925 osmol, die 0,5 molare LiCl -Lösung einen solchen von 1,009 osmol. Die Werte wurden mit einem Osmometer von Advanced Instruments gemessen.

Kamera: Bolex H-16 Reflex mit Bolex Paillard Variotimer oder Bolex-Single Frame Unit. Mikroskop: Reichert Zetopan, Planobjektive und langbrennweitiger Kondensator. Negativmaterial: Eastman Color Negative II, 7247.

Filmbeschreibung¹

0,65 mol KNO₃; Dauer des Vorganges 26 bis 56 Stunden. Frequenzwechsel während der Versuche, 1 B/s bis 10 B/h.

1. (12.11.79, 13 Uhr bis 13.11.79, 14^h14)

Schnitt vor dem Versuch 3 Stunden auf Leitungswasser. Am Beginn der Einstellung sind 50 Stehkader kopiert (d. h. eine Standbildverlängerung von 50 Bildern).

Frequenzen und Zeiten²:

12.11.79 ab Bild	51	10 B/min	13 Uhr
	72	20 B/min	
	151	10 B/min	
	224	2 B/min	
	250	1 B/min	
	452	40 B/h	
	677	30 B/h	22 ^h 28
13.11.79	868		6 ^h 35
	1003	12 B/h	

Ende der Einstellung mit Bild 1065.

Das Objektfeld enthält 6–7 auswertbare Zellen. Es tritt nach der Plasmolyse keine Systrophe auf, nach etwa 5 Stunden werden schmale Kappen sichtbar. Die Protoplasten zeigen ein ruckartiges Hin- und Hergleiten. Die Kappenbildung erfolgt in den einzelnen Zellen nicht gleichartig. Die große Zelle über der Bildmitte zeigt schon bald nach Eintritt der Plasmolyse Plasmaquellung, die Kappen entstehen schon bei der Abrundung der Protoplasten. In der Zelle unmittelbar darunter fließt die Hauptmasse des Plasmas in die linke Kappe, diese enthält Organellen. Am rechten Meniskus bildet sich zunächst eine kleine, völlig hyaline Kappe, die später voluminöser wird. Gegen Ende der Einstellung beginnen die Zellen abzusterben.

Objektfeldbreite 460 µm; Interferenzkontrast (Inko); Objektiv Plan 25 : 1; Okular 5 ×

2. (15.1.80, 14^h36 bis 17.1.80, 9^h20)

Schnitt vor dem Versuch 4 Stunden auf Leitungswasser. Die Einstellung beginnt mit Bild 446 der Originalsequenz. Es wurde ca. 6 Stunden nach Versuchsbeginn aufgenommen.

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

² Vor allem bei den niedrigen Frequenzen treten, bedingt durch die begrenzte Einstellgenauigkeit des Timers, Abweichungen von bis zu 10% auf. Zur möglichst genauen Bestimmung der Frequenz sind zusätzliche Zeitangaben angefügt.

Frequenzen und Zeiten:

15.1.80	ab Bild	1	1 B/min	
		212	40 B/h	22 ^h 59
16.1.80		620		9 ^h 08
		750		11 ^h 44
		880	30 B/h	
17.1.80		1406		9 ^h 20 Ende der Einstellung

Das Objektfeld enthält 2 auswertbare Zellen. Es bilden sich einseitige Kappen mit vielen kleinen Teilvakuolen. Besonders auffällig ist hier die Erscheinung, daß das Protoplasma an den Menisken aufzureißen scheint und dann bei gleichzeitiger Quellung, über den Protoplasten hinweg, zum gegenüberliegenden Meniskus wandert.

Objektfeldbreite 280 µm; Inko; Objektiv Fluor 40:1; Okular 5 ×

3. (15.11.79, 11^h07 bis 17.11.79, 20 Uhr)

Schnitt vor dem Versuch eine Stunde auf Leitungswasser.

Frequenzen und Zeiten:

17.11.79	ab Bild	1	10 B/min	
		30	1 B/s	
		67	30 B/min	
		142	20 B/min	
		187	10 B/min	
		215	5 B/min	
		244	1 B/min	11 ^h 29
		291	30 B/h	
		383		15 ^h 08
16.11.79		922	20 B/h	8 ^h 23
		1051		15 ^h 15
		1065	10 B/h	

Ende der Einstellung mit Bild 1348.

Die Plasmolyse tritt hier fast konvex ein, es herrscht gute Plasmaströmung, die zu Systrophebildung führt. In der am rechten Bildrand, unterhalb der Bildmitte liegenden, nur teilweise abgebildeten Zelle, gleitet der aufquellende Systropheklumpen von der Zellmitte in die Kappe. Dort quillt der Kern zu einem großen hyalinen Gebilde auf. Auffällig ist das zytomorphologische Bild in der am unteren Bildrand liegenden Zelle. Hier bleibt der Systropheklumpen durch den Druck des Tonoplasten in der Zellwandausbuchtung gefangen. Plasma und Kern quellen auch hier, der Kern so stark, daß schließlich die zwei Teilvakuolen auseinandergedrängt werden. In der oberhalb der Bildmitte liegenden Zelle entstehen ebenfalls zwei Teilvakuolen. Im dazwischenliegenden Systropheklumpen liegen die Organellen. An den Menisken bilden sich hyaline Kappen, die ihr Volumen wesentlich stärker vergrößern als das Plasma des Systropheklumpens. Die Kappen werden so groß, daß sie schließlich die Querwände erreichen.

Objektfeldbreite 370 µm; Inko; Objektiv Plan 25:1; Okular 6,3 ×

4. (7.1.80, 14^h18 bis 9.1.80, 11^h18)

Schnitt vor dem Versuch vier Stunden auf Leitungswasser.

Frequenzen und Zeiten:

7.1.80	ab Bild	1	10 B/min	
		28	30 B/min	
		65	20 B/min	
		90	10 B/min	
		120		14 ^h 25
Zwischen Bild 120 und 121 war 20 Minuten lang keine Aufnahme				
		121	2 B/min	14 ^h 45
		225	1 B/min	15 ^h 36
		302		16 ^h 58
		304	40 B/h	
		354		18 ^h 10
8.1.80		917		8 ^h 17
		918	20 B/h	
		1080		16 ^h 20
9.1.80		1419		9 ^h 15
		1458		11 ^h 18 Ende der Einstellung.

Die Plasmolyse tritt zunächst konkav ein, dann bilden sich Systrophen. Die Systrophenklumpen quellen auf, gleiten von der Zellmitte an einen Meniskus und bilden dort eine Kappe. Am gegenüberliegenden Meniskus wird eine schmale, hyaline Kappe erst später sichtbar. Das ist besonders gut an der am unteren Bildrand liegenden Zelle zu beobachten.

Objektfeldbreite 460 µm; Inko; Objektiv Plan 25 : 1; Okular 5 ×

5. (11.2.80, 13^h50 bis 12.2.80, 16^h27)

Schnitt vor dem Versuch 3 Stunden auf Leitungswasser.

Frequenzen und Zeiten:

11.2.80	ab Bild	1	10 B/min	
		31	1 B/s	
		76	30 B/s	13 ^h 57
		100	10 B/min	
		125	3 B/min	14 Uhr
		162	1 B/min	
		370		17 ^h 41
		504	40 B/h	19 ^h 55
		523	1B/min	
		711		23 ^h 40
12.1.80		927		3 ^h 28
		1237		8 ^h 58

Ende der Einstellung mit Bild 1486.

Es bilden sich zunächst Rosettensystrophen. Im Zuge der folgenden Quellungsercheinungen werden in einigen Zellen größere und kleinere Teilvakuolen gebildet, die als rote Kugeln im gequollenen Protoplasma liegen.

Objektfeldbreite 460 μm ; Inko; Objektiv Plan 25:1; Okular 5 \times

0,65 mol KNO_3 nach 20 Stunden KCl/CaCl_2 -Mischlösung (isotonisch mit KNO_3 -Lösung); Dauer des Vorganges 53 Stunden; 20 B/min bis 20 B/h¹

6. (7.11.79, 15 Uhr bis 9.11.79, 12 Uhr)

Schnitt vor dem Versuch 5 Stunden auf Leitungswasser.

Frequenzen und Zeiten:

7.11.79	ab Bild 1	20 B/min	
	28	10 B/min	
	45	20 B/min	
	107	10 B/min	15 ^h 07
	140	3 B/min	
	165	2 B/min	
	180	1 B/min	
	205	30 B/h	
	251		17 ^h 24
	8.11.79	695	
755			11 ^h 16 Lösungswechsel zu KCl/CaCl_2 -Gemisch 9:1, 0,925 osmol
776			12 ^h 03
855		20 B/h	
861			15 ^h 18 Lösungswechsel zu KCl/CaCl_2 -Gemisch 4:1, 0,925 osmol
863		30 B/h	

Ende der Einstellung mit Bild 1486.

Die Beschreibung der vier auswertbaren Zellen erfolgt nach der Abbildung des Zellnetzes in Abb. 6.

Zelle 1: Es entstehen an beiden Menisken des Protoplasten Kappen, der Kern liegt in einer Zellwandausbuchtung, quillt dort auf und gleitet dann in die linke Kappe. Auffällig sind die, von der Vakuole aus vorübergehend gebildeten, fingerartigen Ausstülpungen. Die Kappen gehen nach der Einwirkung des KCl/CaCl_2 -Gemisches zurück, wobei sich die Vakuole ausdehnt.

Zelle 2: Hier tritt Systrophe ein, und es kommt zur Bildung von 2 Teilvakuolen. Das Systropheplasma quillt stärker auf. Geringe Quellung zeigt sich auch an den Menisken. Das Systropheplasma mit dem noch nicht vollständig gequollenen Kern gleitet in den rechten Meniskus, wobei die Teilvakuolen wieder verschmelzen. Auch in dieser Zelle treten die schon bei Zelle 1 erwähnten Vakuolenfinger auf.

¹ Die Dauer des Vorganges ist 45 Stunden, nicht wie im Titel angegeben 53 Stunden.

Zelle 3: Nach der Abrundung quillt hier das Plasma deutlich sichtbar auch an den Längsseiten des Protoplasten. Später fließt auch dieses in die Menisken ab. Der Kern verlagert sich in die linke Kappe und zeigt ein ruckweises Gleiten über dem Tonoplasten.

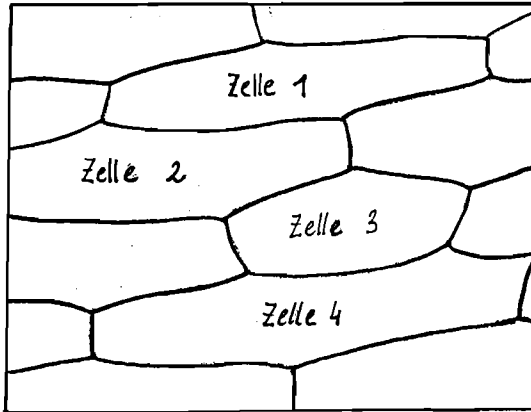


Abb. 6. Skizze des Zellnetzes von Sequenz 6

Zelle 4: Nach Bildung einer Rosettensystrophe werden zwei Teilvakuolen gebildet. Plasma und Kern gleiten dann in den rechten Meniskus, und die Teilvakuolen verschmelzen wieder. Bei Einwirkung der $KCl/CaCl_2$ -Lösung verschwindet die linke Kappe vorübergehend völlig und entsteht dann wieder. Der Tonoplast zerreißt dann, und der Zellsaft tritt aus, wobei sich aber das gequollene Kappenplasma beider Kappen abkugelt. Die der linken Kappe entsprechende Kugel überdauert etwa drei Stunden, die der rechten Kappe entsprechende, größere, den Kern enthaltende Kugel überdauert etwa 5 Stunden.

Objektfeldbreite 460 μm ; Inko; Objektiv Plan 25:1; Okular 5 \times

0,5 mol $LiCl$; Dauer des Vorganges 13 Stunden¹; 30 B/min bis 30 B/h

7. (28.2.80, 0^h45 bis 29.2.80, 13^h44)

Frequenzen und Zeiten:

28.2.80	ab Bild	1	10 B/min	
		4	30 B/min	
		37	20 B/min	
		65	10 B/min	0 ^h 50
		97	1 B/min	
		116		1 ^h 10
		489		7 ^h 14
		659		10 ^h 00
		806	30 B/h	12 ^h 25

¹ Die Dauer des Vorganges ist 37 Stunden, nicht wie im Titel angegeben 13 Stunden.

	932	16 ^h 36
	991	18 ^h 35
29.2.80	1438	9 ^h 28

Ende der Einstellung mit Bild 1569.

Das Objektfeld zeigt zwei verschieden große Zellen, in denen das Plasma zunächst gleichmäßig um die Vakuole quillt. Später bilden sich Kappen. In der großen Zelle wird der Kern in die linke Kappe gepreßt, wo er so stark aufquillt, daß er schließlich fast die ganze Kappe ausfüllt. Gleiches geschieht in der kleineren Zelle.

Objektfeldbreite 280 µm; Inko; Objektiv Fluor 40:1; Okular 5 ×

Literatur

- [1] BOGEN, H. J.: Über Kappenplasmolyse und Vakuolenkontraktion. I. Mitteilung: Die Wirkung von LiCl und Neutralrot und ihre Abhängigkeit von der Konzentration und dem osmotischen Wert in der Außenlösung. *Planta* 39 (1951), 1-35.
- [2] GERM, H.: Untersuchungen über die systrophische Inhaltsverlagerung in Pflanzenzellen nach Plasmolyse. I. *Protoplasma* 14 (1932), 566-621.
- [3] GERM, H.: Untersuchungen über die systrophische Inhaltsverlagerung in Pflanzenzellen nach Plasmolyse. II. *Protoplasma* 17 (1932), 509-547.
- [4] GERM, H.: Untersuchungen über die systrophische Inhaltsverlagerung in Pflanzenzellen nach Plasmolyse. III. *Protoplasma* 18 (1933), 260-280.
- [5] GICKLHORN, J.: Intracelluläre Myelinfiguren und ähnliche Bildungen bei der reversiblen Entmischung des Protoplasmas. *Protoplasma* 15 (1932), 90-109.
- [6] HÖFLER, K.: Über den zeitlichen Verlauf der Plasmadurchlässigkeit in Salzlösungen. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 37 (1919), 314-326.
- [7] HÖFLER, K.: Über Kappenplasmolyse. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 46 (1928), 73-82.
- [8] HÖFLER, K.: Kappenplasmolyse und Salzpermeabilität. *Z. wiss. Mikroskopie u. mikroskop. Technik* 51 (1934), 70-78.
- [9] HÖFLER, K.: Nekroseformen pflanzlicher Zellen. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 64 (1938), 451-473.
- [10] HÖFLER, K.: Kappenplasmolyse und Ionenantagonismus. *Protoplasma* 33 (1939), 545-578.
- [11] HOUSKA, H.: Beiträge zur Kenntnis der Kappenplasmolyse. Zur Ätiologie und protoplasmatischen Anatomie der Kappenplasmolyse bei *Allium cepa*. *Protoplasma* 36 (1940), 11-51.
- [12] KAISERLEHNER, E.: Über Kappenplasmolyse und Entmischungsvorgänge im Kappenplasma, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Salznekrose des Cytoplasmas. *Protoplasma* 33 (1939), 579-601.
- [13] KERR, T.: The injection of certain salts into the protoplasm and vacuoles of the root hairs of *Limnobium spongia*. *Protoplasma* 18 (1932), 420-440.
- [14] KÜSTER, E.: Beiträge zur Kenntnis der Plasmolyse. *Protoplasma* 1 (1926), 73-104.
- [15] PEKAREK, J.: Absolute Viskositätsbestimmung mit Hilfe der Brown'schen Molekularbewegung. IX Die Viskosität des Plasmas nach Kappenplasmolyse. *Protoplasma* 34 (1940), 177-187.
- [16] STRUGGER, S.: Beitrag zur Kolloidchemie des pflanzlichen Ruhekernelles. *Protoplasma* 21 (1929), 363-378.
- [17] STRUGGER, S.: Zur Analyse der Vitalfärbung pflanzlicher Zellen mit Erythrosin. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 49 (1931), 453-476.

Biol. 15/6 – E 2620

- [18] STRUGGER, S.: Über Plasmolyse in Kaliumrhodanid. *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 50 (1932), 24–31.
- [19] WEBER, F.: Vakuolenkontraktion vital gefärbter Elodea-Zellen. *Protoplasma* 9 (1929), 106–119.
- [20] WERTH, W.: Vergleichende Untersuchungen über die relative Permeabilität des Protoplasmas für Alkohol und Wasser. *Protoplasma* 53 (1961), 457–503.

Abbildungsnachweis

Abb. 1–6: W. G. URL.