

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
BIOLOGIE

SERIE 11 · NUMMER 34 · 1978

FILM E 2378

Closterium lunula (Desmidiaceae)
Elemente des endoplasmatischen
Retikulums in zentrifugierten Zellen



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 89 m, 8¹/₂ min (24 B/s). Hergestellt 1975, veröffentlicht 1978.

Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden durch Univ.-Prof. Dr. W. URL am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien. Bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Schnitt: H. H. HEUNERT und B. MILTHALER.

Zitierform:

URL, W.: Closterium lunula (Desmidiaceae) – Elemente des endoplasmatischen Retikulums in zentrifugierten Zellen. Film E 2378 des IWF, Göttingen 1978. Publikation von W. URL, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 11, Nr. 34/E 2378 (1978), 11 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Univ.-Prof. Dr. W. URL, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Wien, Dr.-Karl-Luegner-Ring 1, A-1010 Wien I.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

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

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftlichen Ergänzungen 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 von etwa 500 Seiten zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus 4 Lieferungen mit einer entsprechenden Zahl von Einzelheften; jährlich erscheinen 1–4 Lieferungen in jeder Sektion.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 2 10 34

WALTER URL, Wien:

Film E 2378

Closterium lunula (Desmidiaceae) – Elemente des endoplasmatischen Retikulums in zentrifugierten Zellen

Verfasser der Publikation: WALTER URL

Mit 3 Abbildungen

Inhalt des Films:

Closterium lunula (Desmidiaceae) – Elemente des endoplasmatischen Retikulums in zentrifugierten Zellen. Zuerst werden normale Zellen im Hellfeld gezeigt und dann eine Aufsicht auf einen Chromatophoren im Interferenzkontrast. Man sieht die normale, starke Protoplasmaströmung am Rand der Zellen bzw. zwischen den Leisten des Chromatophoren. Der zweite Teil des Films ist dann zytomorphologischen Studien an zentrifugierten Zellen gewidmet. Der zentripetale Teil ist hier entweder ganz frei von Plastidensubstanz oder, der häufigere Fall, es liegen hier eine oder zwei blaßgrüne, blasenartige Gebilde. Im Plasma wandbelag des chromatophorenfreien Teils der Zelle, besonders schön auch oberhalb der „Blasen“, sieht man im Phasenkontrast Elemente des endoplasmatischen Retikulums. Muster und Form dieser Elemente werden durch die Plasmaströmung dauernd verändert.

Summary of the Film:

Closterium lunula (Desmidiaceae) – Elements of endoplasmatic reticulum in centrifuged cells. Initially normal cells are shown in the light field and then a view of a chromatophore in interference contrast. One can observe the normally strong protoplasmic patterns at the edge of the cells respectively between the ridges of the chromatophores. The second part of the film is devoted to cytomorphological studies of the centrifuged cells. Here the centripetal part is either completely free of plastidial substance or, as is more common, there are here one or two pale green blister type formations. In the plasma coating of the part of the cell free of chromatophores, in particular above the “blisters” one can see elements of the endoplasmatic reticulum in the phase contrast. Pattern and shape of these elements are subjected to constant alteration by the plasma flow.

Résumé du Film:

Closterium lunula (Desmidiaceae) – Éléments du reticulum endoplasmatique dans des cellules centrifugées. Des cellules normales dans le champ clair sont tout d'abord montrées, puis une vue de dessus d'un chromatophore dans le contraste d'interférence. On voit la circulation, avec une intensité normale, du protoplasme à la périphérie des cellules et entre les fibres du chromatophore.

La deuxième partie du film est ensuite consacrée à des études cytomorphologiques de cellules centrifugées. La partie centripète est ici soit entièrement exempte de substance plastidique, soit, ce qui est plus fréquent, présente une ou deux conformations vésiculeuses vert clair. Dans le revêtement de la paroi plasmique de la partie exempte de chromatophores de la cellule, on voit, avec une netteté particulière au-dessus des "vésicules", dans le contraste de phase, des éléments du reticulum endoplasmique. Le motif et la forme de ces éléments sont constamment modifiés par la circulation du plasma.

Allgemeine Vorbemerkungen

Das endoplasmatische Retikulum (ER) wurde mit dem Elektronenmikroskop noch vor der Einführung der Ultradünnschnitttechnik entdeckt (PORTER et al. [11]) und später mit diesem ausführlich studiert. Das ER ist ein Membransystem im Binnenplasma. Über Struktur, Funktion und Verteilung in der Zelle existiert heute eine fast unübersehbare Literatur.

Die geringe Dimension der Membranen schien eine lichtmikroskopische Beobachtbarkeit von vornherein auszuschließen. Es gibt trotzdem frühe phasenoptische Beobachtungen an tierischen Zellen (PORTER [10]), die fädige bis netzige Gebilde als lichtmikroskopisch sichtbare Elemente des ER ansprechen. Einen Wendepunkt stellten dann die Beobachtungen von FAWCETT und ITO [4] dar, denen es 1958 gelang, dunkle fädige Gebilde, die sie im Phasenkontrast in Meerschweinchen-Spermatocyten sahen, mit elektronenoptischen Bildern von Elementen des ER zu parallelisieren. Es ist festzuhalten, daß in diesen und in ähnlich gelagerten Fällen die beiden Membranen des ER eng aneinanderliegen, wodurch bei Sicht auf die Kante eines flächigen ER-Elements der Phasenkontrast verstärkt wird (vgl. z. B. BAYER [1]).

In Anlehnung an die Befunde bei tierischen Zellen sprach man um 1960 fädige bis bandförmige Strukturen in Zwiebelwurzelzellen als Elemente des ER an (PORTER und MACHADO [12]). Ähnliche, im Phasenkontrast als dunkle Linien oder netzartige Gebilde sichtbare Strukturen wurden in der Folge bei verschiedenen pflanzlichen Zellen (*Micrasterias*, *Allium*-Innenepidermiszellen, Blattzellen von *Spinacia*) ebenfalls als Elemente des ER beschrieben (DRAWERT und MIX [3]; HONDA et al. [7]). Hier setzte freilich bei genauerer Analyse Kritik an, zeigte es sich doch, daß Organellen gerade in diesen Strukturen liegen (URL und BOLHAR-NORDENKAMPF [18]) und deshalb nicht das ER sein können.

Man unterscheidet mit KLIMA [9] ja den Raum, der von den Membranen des ER umschlossen wird, als intrazisternale Phase (IZP) von der extrazisternalen Phase (EZP), in der die Organellen liegen. So können die beobachteten dunklen Linien und Netze, wenn in ihnen Organellen liegen, keinesfalls ER sein. Die Aufmerksamkeit wandte sich bald vakuolenartigen, phasenlichten Strukturen zu, die zwischen den kontrastierten linienartigen oder netzförmigen Gebilden liegen. Schon 1962 meinten SOLBERG und BALD [13], daß das von ihnen in *Nicotiana*-Trichomen beobachtete Gerüstwerk aus vakuolenartigen Gebilden einem dreidimensionalen Modell des ER sehr ähnlich sei. Als erster aber hat 1961 JAROSCH [8] kleine vakuolenartige Bläschen und schlauchförmige Gebilde, die er in ausgepreßtem Characeen-Protoplasma fand, eindeutig als ER angesprochen. In den Innenepider-

miszellen der Küchenzwiebel, übrigens dem ersten pflanzlichen Objekt, dem eine phasenoptische Studie gewidmet wurde (STRUGGER [14]), fand dann URL [16] schlauchförmige vakuolenartige Gebilde, die sich bei genauerer Analyse als Elemente des ER bezeichnen ließen.

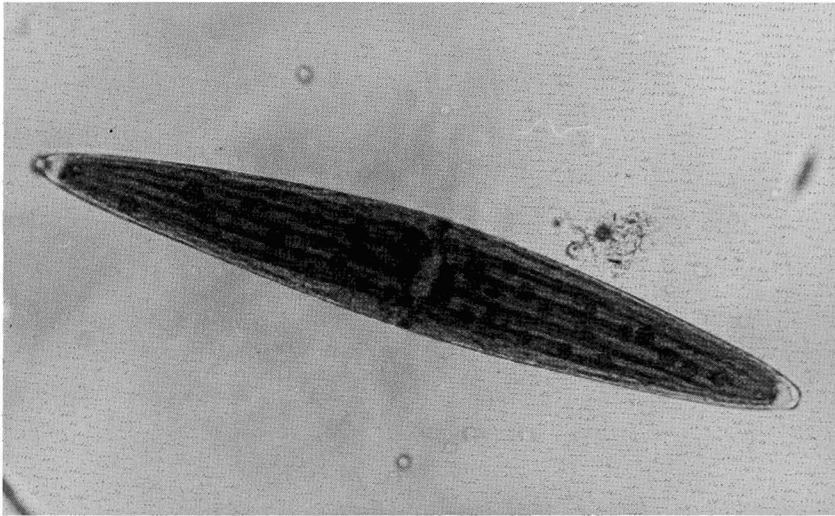


Abb. 1. Normale Zelle. In der Mitte der Zelle lassen die beiden Chromatophoren Platz für den Zellkern. Man erkennt die Chromatophorenleisten und die maulbeerartigen Pyrenoide. Die in den Endvakuolen liegenden Gipskristalle sind nicht sichtbar

Die Sichtbarkeit der Elemente des ER ist hier nicht dadurch gegeben, daß die beiden aneinanderliegenden Membranen des ER genügenden Phasenkontrast liefern, sondern dadurch, daß die massearme IZP mit ihrem im wesentlichen wässrigen Inhalt („Enchylema“ nach FREY-WYSSLING [6] sich vom massereichereren Mesoplasma, der EZP, trennen läßt. Die Sichtbarkeit der „Schläuche“ hängt deshalb von der Mächtigkeit der IZP ab, ein Grund, warum die Elemente des ER nicht immer zu beobachten sind. Versuche zu einer Kausalanalyse der Bedingungen, die zu einer Volumsvergrößerung der IZP führen und damit zu einer Sichtbarkeit der Elemente des ER, sind in Anfängen steckengeblieben (FELDMANN [5], BOLHAR-NORDENKAMPF [2]). Die Membranen des ER werden natürlich im Phasenkontrast nicht aufgelöst, sie haben sublichtmikroskopische Dimension. Was man sieht, ist der Kontrastunterschied zwischen der IZP und der EZP. Aus dem dynamischen Verhalten der Elemente des ER kann man freilich auf die Eigenschaften der Membranen Rückschlüsse ziehen. An den immer verfügbaren Innenepidermiszellen der Küchenzwiebel sind Elemente des ER, besonders nach schwacher Plasmolyse mit Traubenzuckerlösung oder $KCl-CaCl_2$ Mischlösung schon mit einfacher phasenoptischer Ausrüstung zu demonstrieren. Für mikrokinematographische Aufnahmen ist dieses klassische Objekt nicht optimal. Vor allem ist die zur Beobachtung geeignete Plasmafläche

meist zu klein. In günstigen Fällen sind große Gewebekulturzellen, wie etwa jene von *Nicotiana tabacum*, hervorragende Objekte zur kinematographischen Erfassung der Dynamik der schlauchförmigen Elemente des ER. Die in der Begleitveröffentlichung zum Film E 1590 (URL [19]) enthaltenen allgemeinen Vorbemerkungen gelten voll auch für den hier zu besprechenden Film über *Closterium lunula*.



Abb.2. Geschleuderte Zelle. Am zentrifugalen Pol der Zelle liegen Gipskristalle in der Hauptmenge des Protoplasmas. Dann folgen die Pyrenoide und die Plastiden, aus denen sich eine Blase nur teilweise entwickelt hat. Der zentripetale Pol ist frei von Plastidensubstanz, aber erfüllt mit Plasmakonfigurationen

Über die im Lichtmikroskop sichtbaren Elemente des ER von Zieralgen (Desmidiaceae) berichtet URL [17]. Für mikrokinematographische Studien eignen sich nur die großen Formen – also Arten der Gattungen *Micrasterias* und *Closterium*, die ja zu den größten pflanzlichen Einzellern überhaupt zählen. *Closterium lunula* ist eine besonders günstige Art. Sie hat vor allem eine, im Gegensatz zu vielen anderen Desmidiaceen, kaum skulpturierte Zellwand. Das erleichtert die Phasenkontrastmikroskopie entscheidend. Die z.T. bis über 600 μm langen und in der Mitte fast 100 μm Durchmesser aufweisenden Zellen besitzen zwei walzenförmige Chromatophoren mit aufgesetzten Leisten zur Oberflächenvergrößerung. Der Querschnitt sieht dabei etwa so aus wie ein Transistor mit Kühlstern. Der Zellkern liegt in der Mitte der Zelle und wird teilweise von den über den Zentralteil vorragenden Leisten der beiden Chromatophoren umgriffen. An den Enden der Zellen finden sich die für Closterien typischen Endvakuolen mit Gipskristallen (Abb. 1).

Die chemische Resistenz von *Closterium lunula* ist, vor allem auch im Vergleich zu anderen Desmidiaceen, recht gering (URL [15]). Gegen Zentrifugierung besitzt die Art aber eine erstaunliche Widerstandsfähigkeit, was wohl auch mit der einfachen Zellform in Zusammenhang steht. Bei einer Zentrifugierung mit 6000 g–9000 g für etwa 20 Minuten wird der Zellinhalt in dramatischer Weise alteriert.



Abb. 3. Geschleuderte Zelle mit zwei gut ausgebildeten Blasen

Am zentrifugalen Ende der Zelle findet sich dann die Hauptmasse des Protoplasmas, dann folgt eine dichte Masse aus den beiden zusammengeschleuderten Chromatophoren. Der zentripetale Teil der Zelle ist entweder frei von Chromatophorensubstanz, hier befindet sich dann nur der protoplasmatische Wandbelag. (Abb.2) oder aber, und das ist der häufigere Fall, es liegen hier ein oder zwei leicht grünliche „Blasen“ (Abb.3). Studien an verschieden lang zentrifugierten Zellen zeigen deutlich, daß aus jedem Chromatophor eine Blase entsteht. Man sieht immer wieder, daß die Blasen mit „ihrem“ Chromatophor durch Plasmastränge verbunden bleiben. Die Blasen enthalten jedenfalls Chlorophyll. Eine orientierende elektronenoptische Untersuchung zeigte in den Blasen deutlich Thylakoide, für eine genauere Analyse der hier stattfindenden „intravitale Entmischung“ hat sich aber noch keine zureichende Fixierung für *Closterium lunula* finden lassen.

Die Zellen restituieren ja nach Zentrifugierungsbild die Chromatophorenform verschieden schnell und verschieden vollständig. Eine relativ schnelle Restitution, die in einigen wenigen Tagen abläuft, zeigen Zellen, die quer zur Zellachse geschleudert wurden. Das geschieht aber nur in wenigen Fällen (vgl. URL [17], S.36). Zellen mit Blasen restituieren auch nach vielen Wochen nicht vollständig; es findet offen-

bar keine „Einschmelzung“ der Blasen statt. Geschleuderte Zellen bleiben mehrere Monate am Leben und zeigen immer gute Plasmaströmung.

Die Filmaufnahmen erfolgten an frisch geschleudertem Material. Im chromatophorenfreien Teil der Zelle, besonders aber auch über den Blasen, sieht man die Elemente des ER im Phasenkontrast sehr deutlich.

Zur Entstehung des Films

Das Algenmaterial stammte vom großen Schwingrasenmoor des Seethaler-Sees, Bundesland Salzburg, Österreich. Es war frisch gesammelt und wurde in 75-ml-Sammlungsfäschchen aufbewahrt. In solchen Gefäßen leben die Algen, besonders aber *Closterium lunula*, sehr lange, oft viele Jahre. Die cytomorphologischen Bilder nach Schleuderung sind bei altem und frischem Material im wesentlichen dieselben. Da *Closterium lunula* gegen Deckglasdruck recht empfindlich ist, wurde manchmal mit knapp hypertonischen Traubenzuckerlösungen vorbehandelt. Es ist dann möglich, die Algen etwas zu drücken, so daß ein größeres Feld in der Schärfenebene liegt.

Kamera: Bolex H 16 mit Bolex Motor oder Variotimer Zeitraffereinrichtung. Mikroskop: Zetopan der Firma Reichert mit achromatisch-aplanatischem Multi-systemkondensator, Objektive von Reichert und Zeiss (Planapo 63/1,4 mit 10% Transmission).

Negativmaterial: Kodak Plus X 16 mm¹.

Filmbeschreibung²

Unbehandelte Zellen; 12 B/s

1. Normale Zellen. Gegen Ende der Einstellung bewegt sich eine Zelle. (Zur Bewegung der Desmidiaceen durch Schleimausscheidung vgl. Film E 1913.)

Bildfeldbreite 1110 µm; Hellfeld; Objektiv 10:1; Okular 5 ×

2. Eine Zelle bei stärkerer Vergrößerung. Man erkennt am Rand der Zelle die starke, autonome Plasmaströmung.

Bildfeldbreite 550 µm; Hellfeld; Objektiv 16:1; Okular 6,3 ×

3. Blick auf die Mitte einer Zelle. Das stark strömende Protoplasma bewegt eine große Zahl von Inhaltskörpern mit (Schleimvesikel, Organellen). Man erkennt Elemente des ER als längliche, schlauchförmige Gebilde, die frei von Inhaltskörpern sind.

Bildfeldbreite 180 µm; Interferenzkontrast (Inko); Objektiv Fluorit 40:1; Okular 8 ×

Zentrifugierte Zellen (6000 und 9000 g); 30 B/min bis 18 B/s

4. Übersichtsaufnahme mit 2 Zellen. Hier ist die gesamte Chromatophorenmasse verlagert. Im zentripetalen Teil der Zelle befindet sich nur der protoplasmatische Wandbelag.

¹ Für vielfältige Hilfe bei den Aufnahmen danke ich Frau Dr. A. VIRGINIA PEDELISKI.

² Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Bildfeldbreite 700 μm ; Phasenkontrast (Phako); Objektiv 16:1, Okular 5 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

5. Im chromatophorenfreien Teil der Zelle ist starke Strömung sichtbar.

Bildfeldbreite 550 μm ; Phako; Objektiv 16:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

6. Chromatophorenfreie Partie einer Zelle bei starker Vergrößerung. Plasmaleisten mit Inhaltskörpern in Strömung („Kinoplasma“). Elemente des ER sind hier nicht klar zu erkennen.

Bildfeldbreite 85 μm ; Phako; Objektiv 100:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

7. Phasenlichte Elemente des ER im chromatophorenfreien Teil einer Zelle. Die Inhaltskörper des Plasmas liegen z.T. gehäuft am Rand der Elemente. Das ER zeigt in der Strömung hohe Dynamik, die Elemente verzweigen sich, werden gestreckt und fusionieren auch. Rechts liegt ein Teil des Chromatophoren, links ein Teil einer Blase.

Bildfeldbreite 110 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 8 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

8. Ähnliche Einstellung wie 7. Die Elemente des ER sind verschieden weit. Am Rand der Zelle sind sie enger, in der Mitte sehen sie aufgetrieben aus und gleichen kleinen Vakuolen. Die Dynamik ist wieder gut zu beobachten. Von den verzweigten Elementen schnüren sich Teile ab, die von der Strömung stark verformt werden.

Bildfeldbreite 110 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 8 \times ; Aufn.-Freq. 18 B/s

9. Optischer Querschnitt durch den plasmatischen Wandbelag im chromatophorenfreien Teil einer Zelle. Beobachtungen sind hier nur im Interferenzkontrast möglich. Man kann die Dicke des plasmatischen Wandbelages gut abschätzen und sieht deutlich Elemente des ER. Die Inhaltskörper des Plasmas befinden sich hauptsächlich im wandnahen Teil.

Bildfeldbreite 90 μm ; Inko; Objektiv 100:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

10. Plasmakonfigurationen im Inneren der Zelle in der Nähe des Chromatophoren. Das Plasma strömt hier kaum, möglicherweise ist die Zelle etwas geschädigt. Plasmakonfigurationen gleicher oder ähnlicher Art findet man aber immer auch in intakten Zellen mit voll strömendem Plasma.

Bildfeldbreite 90 μm ; Inko; Objektiv 100:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

11. Plasmakonfigurationen in einer intakten Zelle. Intravakuoläre Plasmafäden, ein „Doppelring“, der offenbar aus konzentrisch angeordneten Bläschen aufgebaut ist und ein großes weitlumiges, schlauchförmiges Gebilde, dessen Natur unklar ist.

Bildfeldbreite 180 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 5 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

12. Ähnlich wie Einstellung 11. Oberhalb der Mitte der Zelle ein schlauchförmiges Gebilde, das sich zu einem Bläschen erweitert. Zusammenhang mit dem ER unklar.

Bildfeldbreite 145 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

13. Übersichtsaufnahme einer zentrifugierten Zelle mit zwei Blasen. Die eine Blase liegt im zentripetalen Teil der Zelle, die andere sitzt den zusammengeschobenen Chromatophoren an.

Bildfeldbreite 550 μm ; Phako; Objektiv 16:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 12 B/s

14. Elemente des ER über einer Blase. Die Strömungsrichtungen wechseln hier, so daß eine agitationsartige Strömung (Glitschbewegung) resultiert. Im letzten Teil der

Einstellung wird mit der Strömung ein Kristall transportiert, der offenbar an den Membranen des ER hängenbleibt und dann in die IZP gelangt.

Bildfeldbreite 110 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 8 \times ; Aufn.-Freq. 2 B/s

15. Ähnliche Einstellung wie 14. Dynamik des ER.

Bildfeldbreite 90 μm ; Phako; Objektiv 100:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 2 B/s

16. Links der Chromatophor, rechts eine Blase. Die im wandständigen Plasma liegenden Elemente des ER ziehen über die Blase hinweg. Mit der Strömung werden Kristalle bewegt.

Bildfeldbreite 145 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 16 B/s

17. Dynamik des ER über einer Blase bei starker Zeitraffung. Ein Gipskristall in der Bildmitte liegt offenbar in der IZP. Andere Kristalle bewegen sich frei mit der Strömung.

Bildfeldbreite 110 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 8 \times ; Aufn.-Freq. 30 B/min

18. Blick auf das ER-Muster über einer Blase. Organellen und Schleimvesikel gelangen nie in die IZP, sondern bewegen sich oberhalb oder unterhalb der Elemente

Bildfeldbreite 110 μm ; Phako; Objektiv 63:1; Okular 8 \times ; Aufn.-Freq. 2 B/s

19. Dynamik der Elemente des ER in einer agitationsartigen Bewegung des Plasmas oberhalb einer Blase. Die Blase zeigt deutliche Plastidenstrukturen. Während der Aufnahme tritt Schädigung der Zelle ein, wobei sich die Elemente des ER stark erweitern.

Bildfeldbreite 85 μm ; Phako; Objektiv Fluorit 100:1 mit hoher Absorption (98%); Okular 6,3 \times ; Aufn.-Freq. 2 B/s

Literatur

- [1] BAYER, H.: Zur Abbildung extrem dünnwandiger nichtabsorbierender Röhren im Lichtmikroskop. *Wiss. Veröffentl. Jenaer Jb.* 1966, 173–184.
- [2] BOLHAR-NORDENKAMPF, H.: Cytomorphologische Studien am Plasma der Innenepidermiszellen von *Allium cepa* L., unter besonderer Berücksichtigung der „Plasmashläuche“. *Protoplasma* 61 (1966), 85–113.
- [3] DRAWERT, H., und M. MIX: Zur Frage von Struktur und Funktion des „Golgi-Apparates“ in Pflanzenzellen. *Sitz.-Ber. Ges. Beförd. ges. Naturwiss. Marburg* 83/84 (1962), 361–382.
- [4] FAWCETT, D. W., und S. ITO: Observations on the cytoplasmic membranes of testicular cells, examined by phase contrast and electron microscopy. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 7 (1958), 135–142.
- [5] FELDMANN, A.: Phasenoptische Beobachtungen über Vakuolisierungserscheinungen bei *Allium cepa* L. *Protoplasma* 62 (1966), 317–338.
- [6] FREY-WYSSLING, A.: Submikroskopische Cytologie. *Schleiden-Vorlesung, Nova Acta Leopoldina* 22 (1960), Nr. 147.
- [7] HONDA, S. L., T. HONGLADAROM und S. G. WILDMAN: Characteristic movements of organelles in streaming cytoplasm of plant cells. In: „Primitive motile systems in cell biology“, ed. by ALLEN and KAMYIA, Academic Press, New York und London (1964), 485–502.
- [8] JAROSCH, R.: Das Characeen-Protoplasma und seine Inhaltskörper (I. Lichtmikroskopischer Befund). *Protoplasma* 53 (1961), 34–56.

- [9] KLIMA, J.: Das Bild des endoplasmatischen Reticulums von *Planaria alpina* in Abhängigkeit vom pH-Wert des Fixierungsmittels (I). *Protoplasma* **55** (1959), 415–435.
- [10] PORTER, K. R.: Observations on a submicroscopic basophilic component of cytoplasm. *J. exp. Medicine* **97** (1953), 727–749.
- [11] PORTER, K. R., A. CLAUDE und E. F. FULLAM: A study of tissue culture cells by electron microscopy. *J. exp. Medicine* **81** (1945), 233–246.
- [12] PORTER, K. R., und R. MACHADO: Studies on the endoplasmic reticulum. IV. Its form and distribution during mitosis in cells of onion root tip. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* **7** (1960), 167–180.
- [13] SOLBERG, R. A., und J. G. BALD: Cytoplasmic structure of healthy and TMV-infected living cells. *Amer. J. Bot.* **49** (1962), 149–157.
- [14] STRUGGER, S.: Die Anwendung des Phasenkontrast-Verfahrens zum Studium der Pflanzenzelle. *Z. Naturforsch.* **2 b** (1947), 146–151.
- [15] URL, W.: Resistenz von Desmidiaceen gegen Schwermetallsalze. *Sitzber. öst. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. Abt. I*, **164** (1955), 207–230.
- [16] URL, W.: Phasenoptische Untersuchungen an Innenepidermen der Zwiebelschuppe von *Allium cepa* L. *Protoplasma* **58** (1964), 264–311.
- [17] URL, W.: Das Endoplasmatische Retikulum von Desmidiaceen im Phasenkontrast. *Protoplasma* **64** (1967), 26–48.
- [18] URL, W., und H. BOLHAR-NORDENKAMPF: Beiträge zur Frage der lichtmikroskopischen Sichtbarkeit des endoplasmatischen Retikulums in Pflanzenzellen. *Österr. Bot. Z.* **112** (1965), 586–602.

Filmveröffentlichungen

- [19] URL, W.: Elemente des endoplasmatischen Retikulums (*Nicotiana*-Gewebekultur). Film E 1590 der Enc. Cin., Göttingen 1969. Publikation von W. URL, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Bd. 3, H. 3 (1970), 253–259.
- [20] URL, W., und E. KUSEL-FETZMANN: Desmidiaceae-Fortbewegung durch Schleimausscheidung. Film E 1913 des IWF, Göttingen 1973. Publikation von W. URL und E. KUSEL-FETZMANN. Göttingen 1973, 9 S.

Abbildungsnachweis

Abb. 1–3: W. URL.