

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film C 710/1956

Vb. — V

Aus dem Botanischen Institut der Universität Münster (Westf.)

Die Organelle der lebenden Pflanzenzelle

(*Allium cepa*)

Von

Dozent Dr. E. PERNER

GÖTTINGEN 1956

Die Organelle der lebenden Pflanzenzelle (*Allium cepa*)

Von Dozent Dr. E. PERNER

An einem für die Lebendbeobachtung besonders geeigneten Objekt, den oberen Epidermiszellen der Schuppenblätter von *Allium cepa* (Küchenzwiebel), wird die lichtmikroskopische Organisation des lebenden Protoplasten einer Pflanzenzelle im Film vergleichend in Hellfeld-, Dunkelfeld- und Phasenkontrast-aufnahmen näher erläutert. Dabei dient der verschiedene cytomorphologische Aspekt und das verschiedenartige Verhalten von Zellkern, Leukoplasten, Chondriosomen und Sphärosomen *intra vitam* zur cytologischen Kennzeichnung der Zellorganelle.

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte bei der Erforschung der sublichtmikroskopischen Feinstruktur und der biochemischen Leistung von Konstituenten tierischer und pflanzlicher Protoplasten haben in der Zellforschung eine neue Phase der Entwicklung eingeleitet. Es hat sich herausgestellt, daß die im lichtmikroskopisch hyalinen Cytoplasma eingebetteten „Partikel“, welche nicht sehr glücklich auch als „Cytoplasma-Einschlüsse“ bezeichnet werden, durch eine spezifische strukturelle Ordnung ausgezeichnet und als Träger enzymatischer Komplexe auch zu besonderen funktionellen Leistungen im Rahmen des Zellgeschehens befähigt sind. Es handelt sich dabei um Plastiden (Proplastiden, Chloroplasten, Leukoplasten, Chromoplasten), ferner um Chondriosomen oder Mitochondrien und schließlich um Sphärosomen (Mikrosomen). Diese nach cytologischen Erfahrungen persistierenden und mit wenigen Ausnahmen allen Pflanzenzellen eigenen Konstituenten des Protoplasten können demnach nicht mehr im Sinne älterer Ansichten (vgl. GUILLIERMOND, MANGENOT u. PLANTÉFOL [3], DANGEARD [2], KÜSTER [5]¹⁾ u. a.) als bloße Stoffausscheidungen oder Entmischungsphasen des Cytoplasmas betrachtet werden. Sie sind vielmehr plasmatischer Natur, stellen strukturell hochgeordnete Bauelemente des Protoplasten dar und sind — zusammen mit dem Zellkern — besser als „Organelle“ zu bezeichnen (vgl. STRUGGER [12], PERNER [7]).

¹⁾ Siehe Literaturverzeichnis am Ende des Textes.

Diese neueren Befunde der biologischen Forschung haben dazu geführt, die klassische „karyogenetische“ Fassung der Zellentheorie — nach welcher allein der Zellkern ein genetisches Steuerungszentrum darstellt und das Cytoplasma vorwiegend als ein unselbständiges Substrat zu betrachten ist — zugunsten einer „pangenetischen“ Fassung der Zellentheorie zu verlassen (STRUGGER [12]). Als kleinste biologische Lebenseinheit muß der Protoplast als ein komplexes System von „Duplikanten“ betrachtet werden. Darunter sind elementare Bauelemente zu verstehen, welche — aus Nucleoproteiden aufgebaut — die Fähigkeit zu identischer Reduplikation besitzen (also Plasmawuchs aufweisen) und als Träger von Enzymsystemen für das funktionelle Zellgeschehen von großer Wichtigkeit sein dürften. Solche Duplikanten sind einmal für das lichtmikroskopisch hyaline Cytoplasma zu fordern. Ob die aus Gewebehomogenaten meist tierischer Herkunft isolierten „Mikrosomen“ im Sinne von CLAUDE mit solchen Duplikanten vergleichbar oder mit ihnen identisch sind, ist noch ungeklärt und nach der Ansicht von FREY-WYSSLING [4] u. a. unwahrscheinlich. Zum anderen müssen auch die im Cytoplasma eingebetteten, in Ein- oder Vielzahl vorhandenen Organelle als Duplikantensysteme betrachtet werden. Neben den Zellkern — den Träger der mendelnden Karyogene und dominierenden Hauptsteuerungssystem der Zelle — treten im Sinne der pangenetischen Fassung der Zellentheorie weitere, von diesem genetisch mehr oder minder unabhängige, persistierende Organelle, welche — immer in Vielzahl vorkommend — Träger extranukleärer, nichtmendelnder Gene sein dürften. Im Rahmen des Zellgeschehens übernehmen sie spezifische Funktionen (Atmung, Photosynthese, Stärke Kondensation u. ä.).

Die experimentelle Analyse der Organelle steht heute im Mittelpunkt der cytologischen Forschung, wobei einerseits elektronenmikroskopische Methoden zum Studium der sublichtmikroskopischen Feinstruktur herangezogen werden, andererseits das Lichtmikroskop in Verbindung mit zellphysiologischen bzw. biochemischen Experimenten dazu dient, das Verhalten der Organelle und ihre Funktionen weiter aufzuklären. Die komplexe Organisation des Protoplasten erschwert aber bei der Unvollkommenheit der heute zur Verfügung stehenden cytochemischen Methoden die nähere Analyse einzelner Organelle innerhalb der intakten, lebenden Zelle und macht z. B. quantitative Aussagen über die stoffliche Zusammensetzung und biochemische Aktivität unmöglich. So ergibt sich einmal die Notwendigkeit, den Protoplasten zu fixieren und an Mikrotom- bzw. ultradünnen Schnitten cytomorphologisch zu untersuchen. Zum anderen erfordert die biochemische Analyse eine Isolierung von Zellbestandteilen mit Hilfe fraktionierter Zentrifugation von Gewebehomogenaten¹⁾. Wegen der Labilität des lebenden Protoplasten gegenüber experimentellen Eingriffen ist bei der Anwendung derartiger Methoden (Fixation, Isolation u. ä.) stets mit der Möglichkeit mehr oder weniger tiefgreifender Veränderungen im strukturellen Aufbau und damit auch

¹⁾ Zusammenfassende Literatur siehe STEFFEN [8].

in der biochemischen Leistung zu rechnen. Dazu kommt die Schwierigkeit einer einwandfreien cytologischen Identifizierung von Organellen in Homogenaten, deren Fraktionen bzw. im elektronenmikroskopischen Bild (vgl. STRUGGER und PERNER [14]; PERNER [7]).

Eine hinreichende Kenntnis über die cytomorphologischen Eigenschaften der einzelnen Zellorganelle und deren Verhalten in vivo ist für ihre Identifizierung sowie für eine Beurteilung der im Zuge experimenteller Eingriffe (u. a. Fixation, Isolation) eintretenden Veränderungen von grundsätzlicher Bedeutung. In der Zellforschung wird letztlich die Leistung und der entsprechende Strukturzustand dieser Organelle von Interesse sein, welche für den intakten und funktionstüchtigen Protoplasten charakteristisch ist.

Die cytomorphologische Kennzeichnung der Organelle in der lebenden, ungefärbten Zelle ist jedoch durch ihre Kleinheit, ihre Ähnlichkeit und durch andere Faktoren erschwert und macht daher vergleichende lichtmikroskopische Studien mit verschiedenen Mikroskopierverfahren notwendig. Der Mikrokineematographie kommt bei Verwendung von Hellfeld-, Dunkelfeld- und Phasenkontrastmikroskop eine besondere Bedeutung zu. Sie ermöglicht es, die wesentlichen cytomorphologischen Unterschiede, welche zwischen Zellkern, Plastiden, Chondriosomen und Sphärosomen bestehen sowie deren unterschiedliches Verhalten im strömenden Cytoplasma einem größeren Kreis in idealer Weise zugänglich zu machen.

Die oberen Epidermiszellen der Schuppenblätter von *Allium cepa* lassen sich nach den Angaben von STRUGGER [10] mit Hilfe der Vakuum-Infiltrationsmethode ohne wesentliche Schädigung freipräparieren und sind als einschichtiger Zellenverband für die lichtmikroskopische Untersuchung im Dunkelfeld- und Phasenkontrastmikroskop denkbar gut geeignet. Vom Hellfeld ausgehend, wird im Film der cytomorphologische Aspekt von Zellkern, Plastiden (hier nur Leukoplasten!), Chondriosomen und Sphärosomen lebender Zellen von *Allium cepa* vergleichend im Dunkelfeld- und Phasenkontrastbild gezeigt. Dabei kann auch ihr Verhalten im strömenden Cytoplasma bzw. eine vorhandene Eigenbeweglichkeit entweder im natürlichen Zeitablauf oder unter Anwendung geringer Zeitraffung demonstriert werden.

Das Phasenkontrastverfahren nach ZERNIKE ist nach den heute vorliegenden zahlreichen Literaturbefunden (vgl. STRUGGER [9], Zusammenfassung bei PERNER [7]) für die Lebendanalyse pflanzlicher Protoplasten besonders geeignet, da die verschiedenen Zellorganelle einen differenzierten Kontrast aufweisen. Auf die Dunkelfeldanalyse kann jedoch nicht verzichtet werden, da sie nicht nur zum Studium von Bewegungsvorgängen im lebenden Cytoplasma, sondern auch zur besseren Unterscheidung von Chondriosomen und Sphärosomen wertvoll ist. Die einführende Aufnahme im Hellfeld soll die Orientierung im Dunkelfeld- und Phasenkontrastbild erleichtern und zeigt gleichzeitig, daß das gewöhnliche Hellfeldmikroskop nur begrenzt Auskunft über die Konfiguration und die Bestandteile des lebenden Protoplasten zu geben vermag.

II. Erläuterungen zum Film

Obere Epidermis des Schuppenblattes

Zellkern

Hellfeld—Dunkelfeld—Phasenkontrast

Die einleitende Übersicht im Hellfeld zeigt einen Ausschnitt aus dem epidermalen Gewebe des isolierten Häutchens mit den für Monokotyle typischen langgestreckten Zellen (ca. 250—500 μ lang, ca. 45—60 μ breit). Die Zellmembranen geben das Muster der Zellen wieder. Da der lebende, ungefärbte Protoplast optisch ein Phasenpräparat darstellt, ist das Bild im gewöhnlichen Hellfeld kontrastarm und gibt wegen der geringen Unterschiede in der Lichtbrechung nur wenig Einblick in die Organisation des Protoplasten. An einigen Stellen schimmern einzelne bei der Isolation abgerissene Reste des Mesophylls durch. Lediglich der Zellkern läßt sich bei dieser relativ schwachen Vergrößerung erkennen. Bei zunehmender Vergrößerung wird die Aufhängung des Zellkerns in einer cytoplasmatischen Kerntasche deutlich; im strömenden Cytoplasma heben sich lediglich die stets kugeligen, stärker lichtbrechenden Sphärosomen ab, während sich Leukoplasten und Chondriosomen dem sicheren optischen Nachweis entziehen. Die lokalen Plasmaströme sind zum Zellkern hin orientiert.

Bei ebenfalls noch schwächerer Vergrößerung gibt die anschließende Dunkelfeldaufnahme ein vergleichbares Bild der zellulären Organisation. Die Membranen beugen das Licht stark ab und leuchten hell auf. Das Cytoplasma erscheint ebenso wie der Zellsaftraum (Vakuole) dunkel. Von den Organellen ist zunächst der Zellkern als hellerer, granulierter Körper nachweisbar, weiterhin leuchten die kugeligen Sphärosomen wie helle Sterne und geben damit dem Dunkelfeldbild einen charakteristischen Aspekt. Leukoplasten und Chondriosomen entziehen sich jedoch immer noch dem lichtoptischen Nachweis.

In einem kleineren Ausschnitt — ebenfalls noch im Dunkelfeld — erscheint der Zellkern deutlich vom umgebenden Cytoplasma abgegrenzt. Im Inneren des Kernes sind heller leuchtende Punkte zu beobachten, welche den Chromomeren der im Ruhekern entrollten Chromosomen entsprechen. Wegen der dichten Lagerung lassen sich die Chromosomenareale nicht abgrenzen, der Kern erhält aber dadurch das typische granulierte Aussehen. Die beiden Nucleoli beugen das Licht dagegen nicht und erschienen daher als dunklere Komplexe.

Im Vergleich zu Hellfeld- und Dunkelfeldbild gibt das Phasenkontrastverfahren, wie die nächste Aufnahme zeigt, einen wesentlich besseren Einblick in die Organisation der *Allium*-Zelle. Die Membranen stören zwar den Phasenkontrast der einzelnen Gebilde, welche im oberen Plasmawandbelag vorhanden sind. Unter den hier vorliegenden Bedingungen sind alle Organelle mit abgestuftem Phasenkontrast sichtbar und damit auch zu identifizieren. Im strömenden Cytoplasma sind neben den hier tiefschwarz erscheinenden Sphärosomen, welche dazu auf Grund

ihrer lebhaften Ortsveränderungen im Anschluß an die Hellfeld- und Dunkelfeldaufnahmen leicht zu identifizieren sind, noch mattgrau aussehende Leukoplasten und Chondriosomen zu erkennen. Der Zahl nach sind im Cytoplasma jetzt erheblich mehr geformte „Partikel“ sichtbar als im Hellfeld und Dunkelfeld.

In zwei weiteren Phasenkontrastaufnahmen wird der Aspekt des Zellkerns wiedergegeben. Der Zellkern ist linsenförmig mit einem großen Durchmesser von ca. 25μ und einem kleineren um 10μ . Deutlich vom Cytoplasma abgesetzt, zeigt sich, daß die Oberfläche nicht ideal glatt sein kann. Es sind vielmehr rillenartige Vertiefungen (Kernfurchen) zu erkennen, in welchen das Cytoplasma mit lokalen Strömen fließt. Der kugelige Zellkern gibt einen leichten Halo-Effekt und ist in seinem Inneren deutlich granuliert, wobei die Chromomeren dunkel erscheinen. Diese granulierten Struktur wird lediglich an den Stellen unterbrochen, wo sich Nucleolen befinden. Sie geben einen homogenen, tiefschwarzen Phasenkontrast, ohne daß in ihrem Inneren eine lichtmikroskopisch auflösbare Struktur zu erkennen ist.

Die letzte Aufnahme dieses Abschnitts gibt einen dem Zellkern benachbarten Bereich des Cytoplasmas wieder, wobei neben dem Zellkern (links unten im Bild) alle anderen Organelle sichtbar werden. Die größeren, mattgrau kontrastierten Leukoplasten haben eine variable Gestalt und sind hier nicht vakuolisiert. Daneben sind in größerer Anzahl stäbchenförmige bis kugelige Chondriosomen zu sehen, welche ebenfalls einen mattgrauen Phasenkontrast zeigen. Die Sphärosomen sind verhältnismäßig klein, kugelig und erscheinen schwarz kontrastiert. Der Verlauf der Plasmastränge, die mehr oder weniger deutlich zum Zellkern hin orientiert sind, wird durch die Beweglichkeit der Sphärosomen und Chondriosomen deutlich.

Leukoplasten Phasenkontrast

In der ersten der nun folgenden Aufnahmen fällt die Gruppe von Leukoplasten im linken Teil des Blickfeldes auf. Sie sind vakuolisiert, wobei das Stroma dunkel, die im Inneren befindliche Vakuole dagegen hell erscheint. Eine Vakuolisierung der Leukoplasten ist im Leben recht häufig zu beobachten. Die passive Beweglichkeit der Leukoplasten im strömenden Cytoplasma ist relativ gering. Wie es die zweite Gruppe von Leukoplasten zeigt, welche im weiteren Verlauf von rechts unten in das Blickfeld gelangt, können sie aber Ortsveränderungen im strömenden Cytoplasma erleiden.

Die nächste Aufnahme zeigt in Zeitraffung¹⁾ die für Leukoplasten recht charakteristische amöboide Formveränderlichkeit. Sie ist zweifellos aktiv, wobei zu erkennen ist, daß sich pseudopodienartige Fortsätze bilden,

¹⁾ Aufnahmefrequenz 4 B/s, d.h. Zeitraffung auf $\frac{1}{6}$ bei der normalen Vorführgeschwindigkeit von 24 B/s.

welche nach einiger Zeit wieder eingezogen werden können. Daraus ergibt sich, daß Leukoplasten mitunter bizarre Gestalt annehmen können, wobei dann mehrere, außerordentlich lange Pseudopodien zu beobachten sind. Solche langgeschwänzte Formen von Leukoplasten zeigt die folgende Aufnahme, wieder in normaler Geschwindigkeit. Auch derartig extrem lange Pseudopodien können wieder eingezogen werden; *intra vitam* ist eine Fragmentation niemals zu beobachten gewesen. Wegen der amöboiden Formveränderlichkeit läßt sich die Größe der Leukoplasten nicht konkret angeben. In der Länge differieren sie zwischen 8 und 20 μ , entsprechend auch in der Breite.

Ihrer Entwicklung nach leiten sich Leukoplasten ebenso wie Chloroplasten von sogenannten Proplastiden ab (vgl. STRUGGER [11] [13]). Es ist zu erwarten, daß auch die hier im Film gezeigten somatischen Leukoplasten in ihrem Stroma noch ein dem Primägranum von Proplastiden vergleichbares Granum besitzen, sofern die ontogenetische Entwicklung nicht zu anderen Verhältnissen führt (z. B. zu multigranulären Leukoplasten, siehe BARTELS [1]). In der nächsten Aufnahme des Films ist das Granum als dunklerer Komplex im Stroma des rechts unten liegenden Leukoplasten deutlich sichtbar. Nach PERNER [6] färbt sich das Granum in gleicher Weise nach Fixation an, wie das Primägranum von Proplastiden. Gelegentlich ist auch an anderer Stelle des Films das Granum in Stroma von Leukoplasten zu erkennen, wenn die optischen Bedingungen für das Phasenkontrastverfahren besonders günstig sind. Da *Allium cepa* zu den saccharophyllen Pflanzen gehört, kommt es nicht zur Ausbildung von Stärkekörnern.

Chondriosomen

Phasenkontrast

Zunächst werden Erscheinungsformen von Chondriosomen gezeigt, welche für lebende *Allium*-Zellen typisch sind, wenn traumatische Reize bzw. Schädigungen des Protoplasten weitgehend ausgeschaltet worden sind. In diesem Falle sind die Chondriosomen in überwiegender Mehrzahl stäbchenförmig, in geringerer Anzahl sind daneben auch fadenförmige Chondriosomen und vereinzelt auch ovale bis kugelige Formen zu beobachten. Schwankt die Breite der zylindrischen Chondriosomen zwischen 0,5 und 0,7 μ so differiert ihre Länge zwischen 0,5 und 10 μ . Im Gegensatz zu Leukoplasten zeigen Chondriosomen keinerlei aktive amöboide Formveränderlichkeit. Sie werden lediglich passiv im Zuge der Plasmaströmung vom strömenden Cytoplasma mit unterschiedlicher Intensität mitgerissen. Dabei können vor allem längere fadenförmige Chondriosomen flexile Bewegungen zeigen. Sie biegen sich dabei peitschenförmig durch, nehmen aber immer wieder ihre ursprüngliche Gestalt an. Bei den Chondriosomen dieses Objektes sind lokale Anschwellungen und stärkere Abweichungen von der regelmäßig zylindrischen Form nicht zu beobachten gewesen. Von den schwarz erscheinenden Sphärosomen unterscheiden

sich Chondriosomen bei den hier vorliegenden optischen Bedingungen durch den mattgrauen Phasenkontrast.

Das unterschiedliche Verhalten langgestreckter Chondriosomen gegenüber Leukoplasten geht aus der folgenden Aufnahme hervor. Vom linken Rand des Bildfeldes her bewegt sich ein extrem langes Chondriosom zur Mitte, wobei aber nur flexile Formänderungen und damit eine schlängelnde Bewegung festzustellen ist. Die nähere Analyse zeigt, daß eine Verwechslung von fadenförmigen Chondriosomen und Leukoplasten nicht möglich ist.

Abschließend werden noch einmal vorwiegend stäbchenförmige Chondriosomen gezeigt, wie sie am häufigsten in lebenden *Allium*-Zellen zu beobachten sind. Sie erscheinen im Phasenkontrast völlig homogen, granuläre Einschlüsse sind in ihnen niemals festzustellen.

Sphärosomen

Phasenkontrast—Dunkelfeld

Wenn Chondriosomen vorwiegend als faden- und stäbchenförmige Gebilde vorliegen, bereitet die sichere Unterscheidung von Sphärosomen keinerlei Schwierigkeit. Wenn jedoch im Zuge der Präparation oder bei Sauerstoffmangel (längerer Abschluß unter dem Deckglas) der labile Protoplast auch nur geringfügig geschädigt wird, tritt eine Fragmentation der Chondriosomen ein, wobei dann im Cytoplasma lediglich mehr oder minder kugelige Elemente auftreten. Eine sichere Identifizierung dieser fragmentierten Chondriosomen könnte unter Umständen schwierig sein, da sie ungefähr die gleiche Größe aufweisen wie Sphärosomen. Der Durchmesser der Sphärosomen schwankt zwischen 0,5 und 0,8 μ .

Die folgende Aufnahme zeigt vorwiegend kugelige Chondriosomen im Phasenkontrastbild. Gleich zu Beginn kann im Bild oben links die Fragmentation fadenförmiger Chondriosomen beobachtet werden, wobei zunächst perlschnurartige Ketten entstehen, welche dann zerfallen.

In einem solchen Fall ist die vergleichende Anwendung des Dunkel-feldes von großem Wert. Wie die nächste Aufnahme zeigt, geben die Sphärosomen im Dunkelfeld einen starken Beugungseffekt und leuchten hell auf. Bei der hier verwendeten Optik mit stärkerer Vergrößerung sind nun auch die hier ebenfalls fragmentierten kugeligen Chondriosomen sichtbar, welche sich in den Aufnahmen zu Beginn des Films dem Nachweis entzogen. Im Gegensatz zu Sphärosomen bleiben die Chondriosomen im Dunkelfeld nur schwach sichtbar. In ihrem Inneren befinden sich offensichtlich keine Strukturen, welche das Licht abzubeugen vermögen. Lediglich die Grenzschichten zum Cytoplasma geben einen Beugungseffekt und leuchten als hellere Säume auf. Die cytologisch sichere Unterscheidung kugeliger Chondriosomen von Sphärosomen gleicher Größe bereitet demnach im Dunkelfeld keine Schwierigkeit.

In der folgenden Aufnahme ist das gleiche Bild zu beobachten, wobei hier auf die Darstellung der Leukoplasten im Dunkelfeld hinzuweisen ist. Sie verhalten sich ähnlich wie Chondriosomen. Lediglich im Bereich

der Grenzschichten ist das Licht abgelenkt, so daß hellere Säume sichtbar sind, wenn die Leukoplasten keine Vakuolen führen und das Granum sich wegen ungünstiger optischer Bedingungen dem Nachweis entzieht.

Die letzte Aufnahme des Films zeigt abschließend noch einmal alle Zellorganellen einschließlich des Zellkerns im Dunkelfeld. Im Vergleich zu der entsprechenden Phasenkontrastaufnahme (letzte Aufnahme des ersten Abschnitts) leuchtet der Zellkern hell auf, wobei auch hier die Kernmembran einen stärkeren Beugungseffekt liefert als die inneren Kernstrukturen. Unter den anderen Organellen fällt ein Leukoplast im Mittelpunkt des Bildfeldes auf. Es handelt sich um einen vakuolisierten Leukoplasten, bei dem auch die zwischen Stroma und Vakuole befindliche Grenzschicht heller aufleuchtet und damit sichtbar wird.

Literatur

1. BARTELS, F., Cytologische Studien an Leukoplasten unterirdischer Pflanzenorgane. *Planta* **45** (1955), S. 426.
2. DANGEARD, P., *Cytologie végétale et Cytologie générale*. Paris 1947.
3. GUILLIERMOND, A., G. MANGENOT u. L. PLANTEFOL, *Traité de Cytologie végétale*. Paris 1933.
4. FREY-WYSSLING, A., Die submikroskopische Struktur des Cytoplasmas. *Protoplasmatologia*, Bd. II A 2, 1955.
5. KÜSTER, E., *Die Pflanzenzelle*. 2. Aufl., Jena 1951.
6. PERNER, E., Zum mikroskopischen Nachweis des „primären Granums“ in den Leukoplasten. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **67** (1954), S. 26.
7. PERNER, E., Die Sphärosomen (Mikrosomen) der Pflanzenzelle. *Protoplasmatologia*. (Im Druck.)
8. STEFFEN, K., Chondriosomen und Mikrosomen (Sphärosomen). *Hdb. d. Pflanzenphysiol.*, Bd. I (1955), S. 574.
9. STRUGGER, S., Die Anwendung des Phasenkontrastverfahrens zum Studium der Pflanzenzelle. *Ztschr. f. Naturf.* **2b** (1947), S. 146.
10. STRUGGER, S., *Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze*. 2. Aufl., Heidelberg 1949.
11. STRUGGER, S., Über den Bau der Proplastiden und Chloroplasten. *Naturw.* **37** (1950), S. 166.
12. STRUGGER, S., Die historische Entwicklung und der gegenwärtige Stand der Zellentheorie des Lebens. *Schrift. d. Ges. z. Förd. d. Westf. Landes-univ.* Nr. 29 (1953).
13. STRUGGER, S., Die Proplastiden in den jungen Blättern von *Agapanthus umbellatus* l'HERIT. *Protoplasma* **43** (1954), S. 120.
14. STRUGGER, S., u. E. PERNER, Beobachtungen zur Frage der ontogenetischen Entwicklung des somatischen Chloroplasten. *Protoplasma*, WEBER-Festschrift, **46** (1956), S. 711.

(Eingegangen am 11. 6. 1956)



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM • GÖTTINGEN 1987

Film C 710 Die Organelle der lebenden Pflanzenzelle (*Allium cepa*)

Ergänzung der Publikation von 1963

English Version of the Spoken Commentary¹

Obere Epidermis des Schuppenblattes

Zellkern

Hellfeld-Dunkelfeld-Phasenkontrast

For an observation of the living plant cell in the microscope, more than one microscopic technique should be used. In the ordinary bright field illumination only the cell boundaries of *Allium Cepa* can be seen.

With increasing magnification the cell nucleus and numerous spherosomes become visible.

For the rest, the cytoplasm remains optically empty.

A little more is shown with dark field illumination. The highly diffracting cell membranes show up brightly. In the cytoplasm one easily recognizes the cell nucleus and, once again, the spherosomes, which appear here as luminous points.

Even at higher magnification only few details are revealed by dark field illumination. In its interior the nucleus exhibits a fine compact structure and contains two dark nucleoli. The nucleus is separated by a membrane from the surrounding cytoplasm.

Only in the phase-contrast microscope do all organelles of the plant protoplast become visible, even in the living cell. Various granular elements of differentiated phase-contrast are observable in the swiftly moving cytoplasm.

¹The headlines in italics correspond with the subtitles in the film.

The cell nucleus stands out distinctly. Its surface shows channel-like grooves, along which the cytoplasm flows in local currents. The nuclear reticulum appears finely granulated. The nucleoli display an homogeneous black phase-contrast.

In addition to the cell nucleus, which is still visible in the lower left of the picture, other organelles of the cell can now be identified. The relatively large leucoplasts, which are of variable shapes, appear in grey contrast, as well as the spherical or rod-like chondriosomes or mitochondria, present in great number. The spherosomes or microsomes, however, appear black.

Leukoplasten
Phasenkontrast

The leucoplasts belong to the plastids, occurring only in plant cells. They do not carry a pigment, however, in contrast to the green chloroplasts of plant foliage and the yellow chromoplasts of ripening fruit. In this picture the leucoplasts in the lower right are carried along by the flowing cytoplasm. On the left side vacuolised leucoplasts can be seen.

The active, amoeboid variability of shape is a characteristic property of the leucoplasts. This is demonstrated here by time lapse photography. Pseudopodium-like protrusions are formed gradually; they can be withdrawn after a while. The variability of shape allows a clear distinction of the leucoplasts from other cell organelles and also represents an essential criterium of intact, viable protoplasts. In the case of cell damage the amoeboid activities are immediately arrested and, besides other changes, the leucoplasts become spherical.

In some cases extremely long pseudopodia, with the shape of long drawn-out threads, are formed. These also are withdrawn later. In their development the leucoplasts are derived from the protoplastids of embryonic plant cells. One may therefore assume that the dark complex visible here in the leucoplast interior corresponds to the primary granum.

Chondriosomen
Phasenkontrast

Chondriosomes or mitochondria are the carriers of the respiratory enzymes. In undamaged protoplasts they display constant thickness but considerable differences in length, so that all stages from spherical to thread-shaped chondriosomes can be observed.

In contrast to the leucoplasts, the chondriosomes do not exhibit active mobility. These extremely long thread-shaped chondriosomes are moved only by plasma current.

The chondriosomes can be distinguished without difficulty from the leucoplasts and the spherosomes, especially if they are predominantly rod-shaped. Apart from their shape they are characterized by the homogeneous grey-black phase-contrast.

Sphärosomen
Phasenkontrast-Dunkelfeld

The plant cells nearly always contain, in large number, spherosomes, appearing in this picture as dark bodies. They are spherical, strongly diffracting organelles, rich in lipoids. In phase-contrast the identification of the spherosomes is difficult if the chondriosomes have undergone fragmentation and have taken on spherical forms owing to cell damage. Both organelles then display about the same picture. In such a case a comparative examination in dark-field illumination is especially valuable. At high magnification the spherosomes are brightly shining. Chondriosomes diffract the incident light solely from their outer layer, thus displaying only a bright fringe. The leucoplasts also are recognizable only by their outer boundary in dark-field illumination. They may easily be identified by their shape, however, and thus distinguished from the chondriosomes.

This picture finally shows once more all organelles of the plant cell: on the right the nucleus with a clearly recognizable furrow, in the cytoplasm the shining spherosomes, and next to them the relatively large leucoplasts and the smaller chondriosomes.