



Doctoral Thesis

## Die Ultrastruktur der Zellwand und des Chloroplasten von Chlorella

**Author(s):**

Staehein, Andres

**Publication Date:**

1966

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000133631> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Die Ultrastruktur der Zellwand  
und des Chloroplasten von Chlorella

Von der  
Eidgenössischen Technischen  
Hochschule in Zürich  
zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften  
genehmigte  
Promotionsarbeit

Vorgelegt von  
Andres Staehelin  
dipl. Natw. ETH  
von Basel

Referent: Herr Prof. Dr. K. Mühlethaler  
Korreferent: Herr Prof. Dr. A. Frey-Wyssling

## DIE ULTRASTRUKTUR DER ZELLWAND UND DES CHLOROPLASTEN VON *CHLORELLA*

ANDRES STAEHELIN

Laboratorium für Elektronenmikroskopie, Institut für Allgemeine Botanik, Eidgenössische  
Technische Hochschule, Zürich

Eingegangen am 1. April 1966

### Inhalt

	Seite
Summary . . . . .	325
Zusammenfassung . . . . .	326
I. Einleitung . . . . .	326
II. Material und Methoden . . . . .	327
1. Objekt . . . . .	327
2. Gefrierätzung . . . . .	327
3. Fixation . . . . .	327
III. Allgemeine Organisation der Zellen . . . . .	327
IV. Zellwand . . . . .	328
1. Bau . . . . .	328
2. Entwicklung . . . . .	332
V. Veränderungen der Zellen unter verschiedenen Kultur- und Belichtungsbedingungen	335
1. Normale Lichtzellen . . . . .	335
2. Dunkelzellen . . . . .	342
3. Belichtung der Dunkelkulturen . . . . .	342
4. Belichtung der Dunkelkulturen unter Stickstoffbelüftung . . . . .	345
VI. Diskussion . . . . .	345
1. Zellwandentwicklung . . . . .	345
2. Aufbau des Chloroplasten . . . . .	347
3. Stickstoffbelüftung . . . . .	348
Literatur . . . . .	348

*Summary.* Different *Chlorella* strains were investigated with the freeze-etching method.

The cell wall of *Chlorella vulgaris* is composed of three layers. The outermost layer consists of thickened matrix material, which becomes dissolved in older cells. In the broader, middle zone cellulose fibrils, and particles with a diameter of 80 Å, can be seen in an amorphous ground substance. Finally, a thin layer of matrix material forms the inner side of the wall. The particles that cover the plasmalemma are randomly distributed and have a diameter of 80 Å.

Cell wall development: The matrix material is formed in the Golgi vesicles which pass through the cell membrane into the space between the plasmalemma and the cell wall. During the constriction of the cell membrane the vesicles burst and their contents are liberated. The outermost layer of the matrix thus formed becomes thickened under the old cell wall and between the daughter cells. Beneath this layer, the secreted 80 Å-plasmalemma particles accumulate. Cellulose fibrils can first be detected in this zone and shortly later, in the whole middle cell wall layer. It is assumed that the secreted plasmalemma particles are enzyme complexes, which possess the capability to synthesize cellulose fibrils in the matrix.

The thylakoid membranes consist of a central layer covered on both sides with protein particles. On the outer side the embedded particles have a diameter of 120 Å and a thickness of 60 Å. They appear to be built up of four or more subunits in a quadratic arrangement with a central pore. The number of these particles, per unit area, differs greatly from one thylakoid to the other. From the data presented the 120 Å-particles belong to the thylakoid membrane and are not adsorbed particles of the chloroplast stroma. The inner side of the thylakoid membrane is densely covered with particles having a diameter of 60 Å. The inner layer of the

chloroplast membrane has the same structure as the thylakoid membranes. New lamellae arise from the inner layer of the chloroplast membrane by invagination, or by bifurcation or folding back of already existing thylakoids. The synthesis of the three membrane components (central layer, 120 Å- and 60 Å-particles) occurs synchronously.

In dark-grown cells of the *Chlorella* mutant 5/520, the plastid membrane shows the normal structure. The few remaining thylakoids, however, exhibit an irregular blown up structure. On re-illumination of the cells new thylakoids are formed as in normal chloroplasts. If dark cells are illuminated in a N<sub>2</sub> atmosphere the 60 Å-particles on the outside of the inner chloroplast membrane, and in the thylakoids, form a polygonal network. The endoplasmic reticulum shows extensive development and lipid droplets appear in the groundplasm.

*Zusammenfassung.* Verschiedene *Chlorella*-Stämme wurden mit der Gefrierätzungsmethode untersucht.

Die Zellwand von *Chlorella vulgaris* ist aus drei Schichten aufgebaut. Die äußerste Lage besteht aus verfestigter Matrixsubstanz. Sie wird bei alten Zellen aufgelöst. In der breiteren, mittleren Zone liegen Zellulosefibrillen und 80 Å-Teilchen in einer amorphen Grundmasse. Eine dünne, fibrillenfreie Matrixschicht bildet die innere Zellwandlage. Das Plasmalemma ist mit verschieden tief eingelagerten 80 Å-Partikeln in statistischer Verteilung besetzt.

Zellwandentwicklung: Die Matrixsubstanz entsteht in den Golgi-Vesikeln. Diese werden mit ihrer Umgrenzungsmembran in den Raum zwischen Plasmalemma und Zellwand befördert. Während sich die Plasmamembran einschnürt, platzen die Bläschen und geben ihren Inhalt frei. Von der dabei entstehenden Matrix verfestigt sich die äußerste Lage unter der alten Zellwand und zwischen den Tochterzellen. Darunter sammeln sich ausgeschiedene, 80 Å große Plasmalemmapartikel an. Die Zellulosefibrillen erscheinen zuerst in dieser partikelreichen Zone, kurz darauf in der ganzen mittleren Zellwandschicht. Es wird angenommen, daß die ausgestoßenen Plasmalemmapartikel Enzymkomplexe darstellen, die die Fähigkeit besitzen, in der Matrix Zellulosefibrillen zu synthetisieren.

Von den andern Zellbestandteilen wurde besonders der Chloroplast näher untersucht. Die Thylakoidmembran besteht aus einer zentralen Trägerschicht, die beidseitig mit Proteinpunkten bedeckt ist. Die in der Membran-Außenseite eingelassenen Partikel haben in der Aufsicht einen Durchmesser von 120 Å. Sie scheinen aus vier oder mehr Untereinheiten in quadratischer Anordnung zu bestehen und besitzen eine zentrale Vertiefung. Ihre Dichte ist starken Änderungen unterworfen. Nach den vorliegenden Befunden sind die 120 Å-Teilchen nicht adsorbierte Partikel aus dem Chloroplastenstroma, sondern membraneigene Bestandteile. Auf der Innenseite der Thylakoide liegen 60 Å-Teilchen in dichter Packung. Die innere Plastidenmembran besitzt den gleichen Aufbau wie die Thylakoidmembranen, doch ist die Zahl der 120-Å-Partikel sehr gering. Neue Thylakoide entstehen durch Einstülpungen der inneren Chloroplastenmembran oder durch Gabelung oder Zurückfaltung schon vorhandener Lamellen. Dabei erfolgt die Synthese der drei Membrankomponenten (Trägerschicht, 120 Å- und 60 Å-Partikel) synchron.

In Dunkelzellen der *Chlorella*-Mutante 5/520 weist die Chloroplasten-Doppelmembran keine Veränderungen auf, während Zahl und Größe der Thylakoide stark abnehmen. Die verbleibenden Lamellen sind blasenförmig erweitert. Bei der Wiederbelichtung der Zellen entstehen neue Thylakoide wie in normalen Chloroplasten.

Begast man Dunkelzellen während der Belichtung mit reinem Stickstoff, so bilden die 60 Å-Partikel auf der Außenseite der inneren Plastidenmembran wie im Innern der Thylakoide ein polygonales Netzwerk. Im Grundplasma können zahlreiche Verzweigungen des endoplasmatischen Reticulums und eine starke Zunahme der Fetttröpfchen beobachtet werden.

## I. Einleitung

Verschiedene *Chlorella*-Stämme werden seit Jahrzehnten von Pflanzenphysiologen und Biochemikern zur Untersuchung von photosynthetischen Vorgängen herangezogen. Die Aufklärung der Feinstruktur dieser Grünalgen wurde erst mit Hilfe des Elektronenmikroskopes möglich (ALBERTSON und LEYON, 1954; KREUTZ und MENKE, 1962; MERCER et al., 1962; LEFORT, 1962; MURAKAMI et al., 1963; SOEDER, 1964, 1965). Alle Untersuchungen sind bisher an Ultradünnschnitten