

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 868/1965*

## **Micrasterias denticulata (Desmidiaceae)**

### **Morphogenese**

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1966

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

---

Der Film ist ein Forschungsdokument und wurde zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Länge der Kopie (16-mm-Stummfilm, schwarzweiß): 109 m  
Vorführdauer: 10 min — Vorführgeschwindigkeit: 24 B/s

#### **Inhalt des Films**

Der Film zeigt die Kernteilung, Septumbildung und Bildung einer neuen Halbzelle (Zellstreckung) von *Micrasterias denticulata* Bréb. — Die Aufnahmen geben neben den Vorgängen bei der Kernteilung vor allem Einblick in das Formbildungsgeschehen nach der Zellteilung. Man erkennt, wie sich aus dem Septum ein Bläschen (Bulbus) bildet, das immer größer wird und durch die Ausbildung von Lappen eine charakteristische Gliederung erfährt. Durch die fortgesetzte Bildung von Lappen entsteht schließlich wieder eine vollständig differenzierte Halbzelle. — Neben diesem Formbildungsgeschehen erkennt man die während der Morphogenese vor sich gehenden Bewegungen des Zellkerns und des Chloroplasten.

Die Aufnahme des Films erfolgte im Jahre 1964/65 durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen

(Direktor: Dr.-Ing. G. WOLF)

Sachbearbeitung: Dr. H. KUCZKA

Aufnahme: E. HEYSE

Wissenschaftliche Leitung: Priv.-Doz. Dr. O. KIERMAYER  
Institut für Entwicklungsphysiologie der Universität Köln  
(Direktor: Prof. Dr. CORNELIA HARTE)

# Micrasterias denticulata (Desmidiaceae)

## Morphogenese

O. KIERMAYER, Köln

### Allgemeine Vorbemerkungen

**Taxonomie:** Die Gattung *Micrasterias* gehört zur Familie der Desmidiaceen. Nach dem System von FRITSCH [3] werden die Desmidiaceae als Unterordnung Desmidioidae (placoderme Desmidiaceen) der Conjugales aufgefaßt. Die Gattung *Micrasterias* umfaßt zahlreiche Arten, die durch ihre weitgehende Differenzierung und meist biradiale Zellform ausgezeichnet sind. Die größten Arten erreichen eine Länge von über 400  $\mu$ , die kleinsten sind kleiner als 50  $\mu$ . *M. denticulata* zählt zu den mittelgroßen Arten. Nach KRIEGER [9] kann die Länge ihrer Zellen 180—300  $\mu$ , die Breite 165—300  $\mu$  und die Dicke 55—62  $\mu$  betragen.

**Morphologie:** Wie Abb. 1 zeigt, weisen die Zellen median eine Verengung auf, wodurch jede Zelle in zwei Halbzellen gegliedert wird. Jede Halbzelle ist in einen Polarlappen und mehrere Seitenlappen unterteilt. Im Gegensatz zu vielen anderen *Micrasterias*-Arten weist *M. denticulata* keine Bestachelung der Seitenlappen letzter Ordnung auf. Als wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegenüber anderen Arten zählt der kurze Polarlappen-Einschnitt (vgl. Abb. 1.).

Im Isthmus, dem schmalen Verbindungsstück zwischen den beiden Halbzellen, liegt der kugelige, im Durchschnitt 30  $\mu$  große Zellkern (N). Im Interphase-Kern sind stets mehrere Nukleolen (No) in Form globulärer Gebilde zu erkennen. *Micrasterias denticulata* wird deshalb zu den Arten mit multiplen Nukleolen [8] gerechnet.

Die Zellwand von *M. denticulata* ist von zahlreichen Poren durchsetzt, in denen sich kompliziert gebaute, sog. „Porenapparate“ befinden [1]. Diese können u. a. durch Druck auf die Zelle ausgepreßt werden und liegen dann als nagelförmige Gebilde in regelmäßigen Abständen in „Hüllgallerte“ eingebettet. Durch die Zellwand wird — vor allem an den Polarlappen — „Bewegungsgallerte“ ausgeschieden, mit deren Hilfe die Zellen phototaktische Bewegungen ausführen können. Jede Zelle ist von lockerem Schleim umgeben; die jungen, wachsenden Halbzellen besitzen außerdem eine Schleimhülle („Gallernetz“ [7]). Die Zellen

scheiden ferner an den Stellen der Lappeneinschnitte und in der Isthmusregion eine gelblich-braune Substanz ab [10].

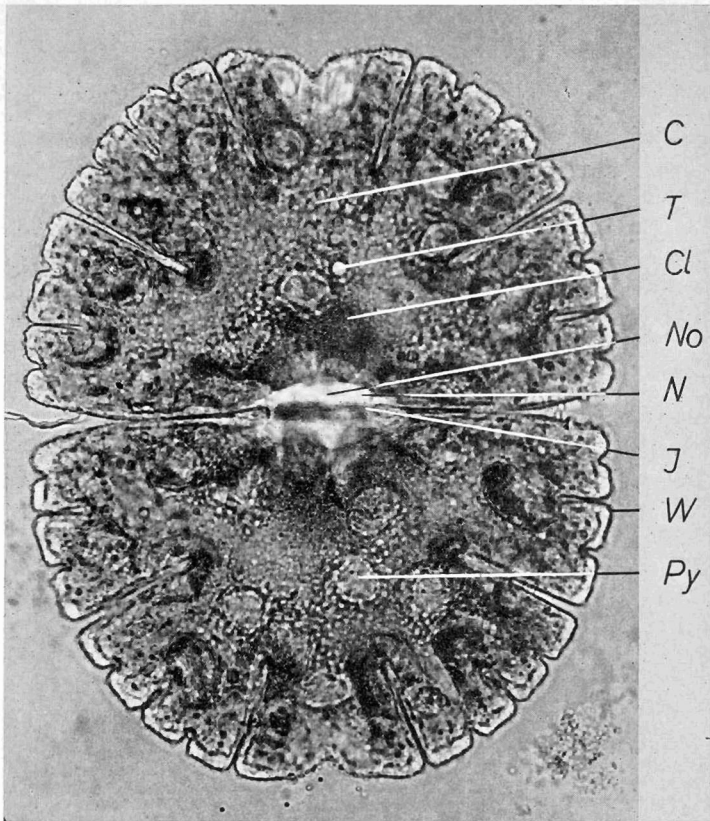


Abb. 1. *Micrasterias denticulata*

kultiviert in Nährlösung nach WARIS [10], Interphase-Kern teilweise vom Chloroplasten überdeckt  
 Länge 200  $\mu$ , Breite 170  $\mu$ , Länge des Isthmus 31  $\mu$   
 C Chloroplast, Cl Chloroplastenleisten, I Isthmus, N Kern, No Nukleolen, Py Pyrenoide, T Öltropfen,  
 W Zellwand

In jeder Halbzelle liegt axial ein großer, grüner Chloroplast, der — plattenförmig ausgebreitet — bis in die feinen Lappeneindigungen hineinreicht. Unter ungünstigen Lebensbedingungen ist er meist etwas kontrahiert. Der Chloroplast, dessen Granastruktur bei *M. denticulata* besonders deutlich erkennbar ist [2], enthält zahlreiche Pyrenoide (Py) und Stärkekörner. Beiderseits des Chloroplasten liegt ein großes Vakuom, in dem sich meist Kriställchen oder Granula in starker Brownscher Molekularbewegung befinden.

Das Protoplasma ist stets in Strömung. In ihm erkennt man, neben besonders geformten Kristallen (Gips?) und Lipoidtropfen, zahlreiche runde bis schwach kantige Gebilde, die in der Seitenansicht spindelförmig erscheinen und die sich vor allem in Chloroplastennähe vorfinden. Es handelt sich dabei mit großer Wahrscheinlichkeit um Golgi-Apparate [2], [4], [7]. Im Plasma sieht man ferner kleinste Teilchen, möglicherweise Sphärosomen oder Prä-Sphärosomen [7].

Vorkommen: *Micrasterias denticulata* ist weit verbreitet (Europa, Asien, Afrika, Nord- und Südamerika [9]) und findet sich vor allem in Sphagnum-Gewässern mäßig saurer Hochmoore (Zwischenmoorareal) mit einem  $p_H$  von 5—6, häufig vergesellschaftet mit *Micrasterias rotata*, *M. papillifera*, *Closterium lunula*, *Eremosphaera viridis* und anderen Arten.

Die Algen bilden am Untergrund seichter Moor-Schlenken grüne Beläge oder kleine „Schleimbäumchen“, die mit einem Löffel vorsichtig abgehoben und zusammen mit Moor-Detritus und Standortswasser weiter kultiviert werden können.

Kultur: *Micrasterias denticulata* kann im Standortswasser mit etwas Moor-Detritus bei mäßiger Beleuchtung und an einem kühlen Ort längere Zeit gehalten werden. Zum Studium der Zelldifferenzierung empfiehlt sich jedoch die Verwendung einer Algen-Reinkultur. *M. denticulata* wächst ausgezeichnet in einer von WARIS [10] vorgeschlagenen Nährlösung folgender Zusammensetzung:

0,10 g  $KNO_3$   
 0,02 g  $(NH_4)_2HPO_4$   
 0,02 g  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$   
 0,05 g  $CaSO_4$   
 0,001 g  $FeSO_4$   
 1000 ml Aqua bidest.

Werden Algenzellen aus Moorproben über mehrere sterile Passagen in sterile Nährlösung überführt, so bilden sich in den Fläschchen innerhalb von 2 bis 3 Wochen kleine Algenanhäufungen. Wird die Kultur in einen bestimmten Licht-Dunkel-Rhythmus gebracht, so gelingt es, die Zellteilungen zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erhalten [7], [10].

Als Ausgangsmaterial für unsere Kulturen dienten Algenproben der Algen-Kulturstation Bloomington (Indiana, USA).

Vermehrung: In der Natur und bei künstlicher Kultur vermehren sich die haploiden Zellen fast ausschließlich ungeschlechtlich durch Zellteilung. In der Natur findet dieser Vorgang in den Nachtstunden statt; die Teilungsaktivität ist weitgehend von Umweltbedingungen (Temperatur, Verdünnungsgrad des Moorwassers) abhängig. In seltenen Fällen gelingt es bei *Micrasterias denticulata* auch, eine geschlechtliche Fortpflanzung — Konjugation und Bildung von Zygoten — zu beobachten. Die Zygoten sind kugelförmig, von dicken Wandschichten um-

kleidet und tragen stachelförmige Fortsätze. Nach der Reduktionsteilung gehen aus ihnen wieder haploide Zellen hervor [3].

**Kernteilung und Septumbildung:** Zellen, welche für den Teilungsprozeß reif sind, sind erkenntlich an ihrem tief dunkelgrün gefärbten Chloroplast, dessen Rand etwas aus der Isthmusregion zurückgezogen ist, an dem vergrößerten Zellkern und am Verhalten der Nukleolen. Die bei der Kernteilung vor sich gehenden Veränderungen wurden von WARIS [10] ausführlich beschrieben; die im folgenden verwendete Nomenklatur ist dieser Arbeit entnommen.

Bei Zellkernen, die noch längere Zeit vor der Teilung stehen, erkennt man die Nukleolenmasse als „wolkenförmig“ geballte Granula („cloud-stage“). Nach diesem Stadium bilden sich die Granula zu traubenförmig angeordneten, globulären bis kantigen Gebilden um („grape-stage“).

Das „grape-stage“ stellt wahrscheinlich ein Prophase-Stadium dar [10]. Es endet plötzlich mit einer charakteristischen Bewegung der Nukleolenmasse („nucleolar mobilisation“). Vor dieser tritt eine merkliche Kernvergrößerung in Erscheinung. In der Folge verschwindet der Kernumriß, und das „Nukleo-Cytoplasma“ erscheint stärker granuliert. In jeder Zellhälfte erkennt man hier einen ca. 4—5  $\mu$  großen, globulären, schwach lichtbrechenden Körper. Einige Minuten später erfolgt die Ausbildung der Kernspindel und die Einordnung der zahlreichen, granulaförmigen Chromosomen in die Metaphaseplatte. Deutlich ist danach die Anaphasebewegung, d. h. das Auseinanderweichen der Chromosomen, zu beobachten. Während der Chromosomenbewegung wandern von den Seiten her kommende Kristalle in den Bereich der früheren Metaphaseplatte ein. Von diesem Zeitpunkt an beginnt irisblendenartig das zentripetale Wachstum des Septums. Dieses trennt schließlich die beiden Halbzellen voneinander. Während der Septumbildung lassen sich die oben erwähnten Kristalle in Septumnähe beobachten. An ihrer freien Beweglichkeit zwischen den beiden Halbzellen läßt sich leicht ersehen, ob das Septum noch offen oder bereits geschlossen ist. Vor dem endgültigen Septumverschluß erscheinen sie zentral „sanduhrförmig“ gehäuft. Während der Septumbildung entsteht in jeder Zellhälfte ein neuer Zellkern; in der gleichen Zeit findet eine leichte Abhebung der beiden Zellhälften (Dehnung im Isthmusbereich) statt. Im Raum zwischen Kern und Septum läßt sich eine größere Anzahl von Golgi-Apparaten feststellen, die, in einem „trägeren“ Plasma eingebettet, vom übrigen stark strömenden Plasma leicht bewegt werden.

**Bildung einer neuen Halbzelle (Zellstreckung):** Nach der Trennung der beiden Halbzellen durch das Septum beginnt jede Zellhälfte mit der Bildung eines kleinen Bläschens (Bulbus). Das Öffnen der beiden „Schalen“ erfolgt häufig asymmetrisch, wodurch das Wachstum einer Bulbusseite früher beginnt als das der anderen. Diese anfängliche Wachstums-Asymmetrie gleicht sich bei der weiteren Entwicklung wieder aus.

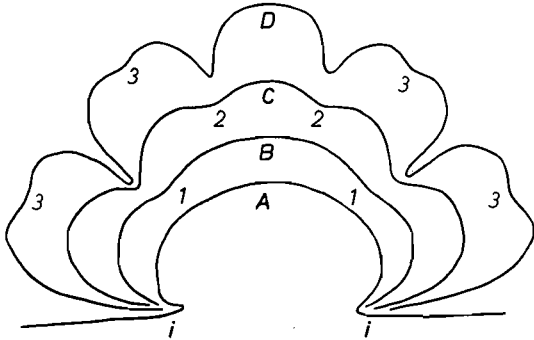
Die Bläschen sind von einer zarten, pektinreichen Zellwand („Erstlingswand“ [1]) umhüllt. Hier vollzieht sich das weitere Wachstum und die Differenzierung der neuen Halbzelle. Die beiden jungen Halbzellen sind, wie erwähnt, von einer Schleimhülle umgeben, die beim Größerwerden der Halbzellen nicht mehr wahrnehmbar ist und möglicherweise zerplatzt.

Aus dem ungegliederten Bulbus entwickeln sich in der Folge, wie Abb. 2 zeigt, drei Lappen. Der Lappeneinschnitt 1 gliedert bei *Micrasterias denticulata* nicht die Seitenlappen vom Polarlappen ab, wie dies bei den meisten anderen *Micrasterias*-Arten der Fall ist, sondern eine solche Abgliederung wird erst durch den Lappeneinschnitt 2 erreicht. Die weitere Gliederung der Halbzelle in Lappen höherer Ordnung ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Abb. 2.

*Micrasterias denticulata*

Entstehungsfolge der Lappen: A Bulbus-Stadium, B 3-Lappen-Stadium, C 5-Lappen-Stadium, D 9-Lappen-Stadium; i—i Isthmus. Die Zahlen geben die Entstehungsfolge der Lappeneinschnitte an [5]



Nach der Fertigstellung der neuen Halbzelle durch die „Erstlingswand“ wird diese von innen her durch eine dickere, feste „Folgewand“ [1] ausgekleidet. Die erste Wand wird von der Zelle abgestoßen und verquillt („Häutung“). Die „Folgewand“ bildet die Porenapparate aus.

Während des Wachstums der Halbzelle findet in ihr eine lebhafteste Plasmaströmung statt. Die jungen Bulbi sind anfänglich nur von Plasma erfüllt, erst später wandert der Zellkern in die Halbzelle ein. Im Stadium der ersten Lappenbildung (3-Lappen-Stadium) ist der Kern mit dem ihn umgebenden Komplex von Golgi-Apparaten besonders deutlich sichtbar.

Etwa  $1\frac{1}{2}$  Stunden nach Beginn des Bulbus-Wachstums beginnt der Chloroplast in die junge Halbzelle einzuwandern und erfüllt schließlich, vorerst noch als unförmige Masse, den Großteil des Bulbus-Volumens. Gegen Ende der Wachstumsphase der Halbzellen und mit Beginn der Ausbildung der „Folgewand“ zeigt der Chloroplast in den Lappendingungen eine typische Verformung: Es bilden sich Chloroplasten-Zipfel aus, die langsam an der Zellwand hochwandern und sich an den Orten der Lappeneinschnitte „verankern“. Häufig sieht man von den

Lappeneinschnitten ausgehende Plasmastränge, die Teile des Chloroplasten („Chloroplastenzungen“) nach der Zellwand zu ziehen scheinen. Die jungen Bulbi sind von vakuolenfreiem Protoplasma erfüllt. Vakuolen sind in den Halbzellen erst in einem späteren Entwicklungsstadium zu beobachten.

### Filminhalt

Der Film beginnt mit zwei Übersichtsaufnahmen von Zellen im Interphase-Stadium, dann folgen drei Aufnahmen von Kernteilung und Septumbildung und abschließend drei Aufnahmen von der Neubildung der Halbzelle nach der Kernteilung.

Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß der vollständige Vorgang der Kernteilung und Halbzellenentwicklung nur dann in einem mit Vaseline abgeschlossenen Präparat gefilmt werden konnte, wenn dem Präparat frischer Moor-Detritus<sup>1)</sup> ( $p_H$  um 6) mit grünen Algen beigegeben wurde. Das gelegentliche Durchwandern von Mikroorganismen (z. B. Diatomeen) im Film beruht auf dieser Zugabe von Moor-Detritus.

2 B/s<sup>2)</sup>

1. Übersichtsaufnahme von 11 Zellen bei schwacher Vergrößerung; eine Zelle in Seitenansicht, einige Zellen in Bewegung.

2. Gesamtansicht einer Zelle. Man erkennt deutlich die oben beschriebenen und in Abb. 1 dargestellten zellanatomischen Details. Nach kontinuierlicher Vergrößerungszunahme bis zur Ausschnittsvergrößerung folgt eine Aufnahme des Zellkerns, in dem das Nukleolenmaterial erkennbar ist.

### Kernteilung und Septumbildung

15 B/min

3. Die Aufnahme beginnt mit der Darstellung eines Zellkerns im „grape-stage“, im Zustand der Kernvergrößerung. Die starke Nukleolenbewegung kennzeichnet die „nucleolar mobilisation“. Danach verschwindet die Kernmembran, und die Kernspindel wird ausgebildet. Sehr deutlich ist die Einordnung der Chromosomen in die Metaphaseplatte und das Auseinanderwandern der Chromosomen in der Anaphase zu erkennen. Während der Chromosomenwanderung scheint sich das „Nukleo-Cytoplasma“ zu teilen, gleichzeitig wandern von den Seiten her einige Kristalle in den ursprünglichen Bereich der Metaphaseplatte ein. Zu diesem Zeitpunkt setzt auch die zentripetale Septumbildung ein. Im Bereich des Septums befinden sich Kristalle, die erst nach völligem Septum-Verschluß in die alten Halbzellen zurückwandern. Während der Septum-

<sup>1)</sup> Aus Hochmooren in Sauerfeld bei Tamsweg (Österreich).

<sup>2)</sup> Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.



bildung vergrößert sich der Abstand zwischen den beiden alten Halbzellen (Dehnung des Isthmusbereichs). Nach dem Abschluß der Septumbildung öffnet sich der Isthmusring zwischen den beiden alten Zellhälften, und die Bulbusbildung setzt ein.

4. Die Aufnahme entspricht der vorigen, jedoch beginnt die Kernteilung hier mit einem frühen „grape-stage“, so daß der Vorgang der Kernvergrößerung am Ende dieses Stadiums und die „nucleolar mobilisation“ deutlicher verfolgt werden kann.

5. Die Aufnahme beginnt mit einer späten Metaphase. Nach der Anaphase-Bewegung der Chromosomen ist hier besonders deutlich die Septumbildung zu erkennen, wobei das Septum als dunkle Linie erscheint. Gleichzeitig mit der Septumbildung ist wieder die Dehnung am Isthmus zu erkennen.

### *Neubildung der Halbzelle*

*2 B/min bis 15 B/min*

6. Eine ganze Zelle im Bild. Die Aufnahme beginnt mit einem nicht näher identifizierbaren Kernteilungsstadium. Man erkennt das Ab-rücken der beiden alten Halbzellen und ein „Wegwandern“ von „Poren-apparaten“, die danach, in Schleim eingebettet, um die Zelle herum liegen.

In den sich bildenden Bulbi sind das strömende Plasma und einige darin liegende Kristalle erkennbar (die Plasmaströmung wirkt durch die Zeitraffung unnatürlich!). Bei Beginn der ersten Lappeneindellungen wandern der Zellkern und der Chloroplast von der alten Zellhälfte in den Bulbus ein. Aus der dreilappigen Halbzelle entsteht eine fünf-lappige, gleichzeitig wandert der Chloroplast weiter ein und verdeckt den Zellkern. Die junge Halbzelle differenziert sich weiter aus, bis schließlich die Form der alten Halbzelle erreicht ist. Die äußere Kontur der jungen Halbzelle, die bisher zart war, wird nun deutlicher, was auf die Ausbildung der „Folgewand“ hindeutet. Gleichzeitig zeigt auch der Chloroplast eine zipfelförmige Ausformung in den Lappenendigungen. Das Hochwandern der Chloroplastenzipfel an der Innenseite der Zellwand ist deutlich erkennbar (8 B/min).

7. Die Aufnahme, bei starker Vergrößerung, beginnt bei geschlossenem Septum. Die beiden „Schalen“ der alten Halbzellen haben sich am Isthmusring noch nicht geöffnet. Man erkennt deutlich die beiden Zellkerne mit den Nukleolen, das strömende Plasma (durch die Zeitraffung unnatürlich dargestellt), in dem als träge Masse die Golgi-Apparate erkennbar sind. Langsam öffnet sich der Isthmusring, und zwar einseitig, so daß auch die Bulbusbildung zu Beginn asymmetrisch erfolgt.

In den Bulbi ist das strömende Plasma mit einigen Kristallen zu sehen. Die jungen Bulbi sind von einer deutlich sichtbaren Schleimhülle umgeben. In die etwas größeren Bulbi wandern langsam die Zellkerne ein,

in denen die Nukleolen wahrzunehmen sind. Um den Kern herum erkennt man einen Hof aus tragem, wenig strömendem Protoplasma, das zahlreiche Golgi-Apparate enthält. Zwischen diesem Plasma-Golgi-Komplex und der wachsenden Zellwand befindet sich stark strömendes, feingranuliertes Plasma mit einigen Kristallen. Durch das Einwandern des Chloroplasten wird der Zellkern teilweise überdeckt (Zeitraffung 15 B/min).

8. Die Aufnahme vermittelt — durch die starke Zeitraffung (2 B/min) — einen Gesamteindruck des Formbildungs-Prozesses. Bei Aufnahmebeginn befand sich die Zelle im Stadium kurz nach der Septumbildung. Die Entwicklung erfolgt wie bei den oben beschriebenen Aufnahmen 6 und 7.

Frl. KARIN STUCK danke ich für ihre wertvolle Hilfe bei der Präparation.

### Literatur

- [1] DRAWERT, H., u. M. MIX: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Desmidiaceen X. Beiträge zur Kenntnis der „Häutung“ von Desmidiaceen. Arch. Mikrobiol. **42** (1962), 96—109.
- [2] DRAWERT, H., u. M. MIX: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Desmidiaceen XI. Die Struktur von Nucleolus und Golgi-Apparat bei *Micrasterias denticulata* Bréb. Portug. Acta Biol. **7** (1963), 17—28.
- [3] FRIESCH, F. E.: The structure and reproduction of the algae. Vol. I., Cambridge University Press, 1961.
- [4] JAROSCH, R.: Das Characeen-Protoplasma und seine Inhaltskörper. Protoplasma **53** (1961), 34—56.
- [5] JAROSCH, R., u. O. KIERMAYER: Die Formdifferenzierung von *Micrasterias*-Zellen nach lokaler Lichteinwirkung. Planta **58** (1962), 95—112.
- [6] KIERMAYER, O.: Untersuchungen über die Morphogenese und Zellwandbildung bei *Micrasterias denticulata* Bréb. Protoplasma **59** (1964), 79—132.
- [7] KIERMAYER, O., u. R. JAROSCH: Die Formbildung von *Micrasterias rotata* RALFS und ihre experimentelle Beeinflussung. Protoplasma **56** (1962), 382—420.
- [8] KOPETZKY-RECHTERBERG, O.: Die Nukleolen im Kern der Desmidiaceen. Beih. Bot. Cbl. **49** (1932), 686—702.
- [9] KRIEGER, W.: Die Desmidiaceen. In: Rabenhorsts Kryptogamenflora **13**. Leipzig, 1937.
- [10] WARIS, H.: Cytophysiological studies on *Micrasterias* I. Nuclear and cell division. Physiol. Plantarum **3** (1950), 1—16.