

Bohuslav F o t t — Jiří L u d v í k :

Die submikroskopische Struktur der Kieselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.

Technische Mitarbeit: Eva T r u n c o v á

(Aus der Lehrkanzel für Botanik der Karls-Universität in Prag und aus dem Laboratorium für Elektronenmikroskopie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Prag)

Seit E h r e n b e r g's (1938) Beschreibung der Gattung *Synura* ist bekannt, dass der Protoplast dieser Flagellate in einer derben Hülle eingelagert ist, welche nach aussen aufsitzende Borsten oder Wärzchen trägt. Die Untersuchungen von P e t e r s e n (1918), C o n r a d (1926), B i o r e t (1931) und K o r š i k o v* (1929) haben gezeigt, dass diese Hülle, die eine pektin-positive Reaktion gibt, einen aus einzelnen Kieselplättchen zusammengesetzten Panzer enthält.

Die erste Abbildung der Kieselschuppen mit einer eingezeichneten Struktur finden wir bei P e t e r s e n (1918, l. c. Tafel V : 2). Die Mannigfaltigkeit dieser Strukturen wurde von B i o r e t (1931) und K o r š i k o v (1929) beschrieben; der letztere machte darauf aufmerksam, dass einzelne Funde der damals bekannten *Synura wella* sehr verschiedene morphologische Gebilde an den Kieselschuppen aufweisen. Daraus zog er die Folgerung, dass die untersuchte *Synura wella* eine Sammelart ist, die in fünf gut bestimmbare Arten zerlegt werden kann.

Mit Ausnahme von *Synura Adamsii*** G. M. S m i t h und *Synura australiensis* P l a y f a i r, die durch das Aussehen der Kolonien und durch die schmale Form der Einzelzellen gekennzeichnet werden und deren Schuppen nicht bekannt sind, können die anderen Arten nur auf Grund der Schuppenstruktur unterschieden werden, da die Kolonien sowie auch die Zellen morphologisch ganz ähnlich aussehen.

Material und Methode

Das *Synura*-Material wurde mit dem Planktonnetz gesammelt oder mit der Zentrifuge konzentriert. Zur Herstellung der Präparate wurde das Material in lebendigem Zustande oder fixiert in Alkohol oder Formol benützt. Am besten bewährten sich frische und lebendige Monaden, die durch phototaktische Be-

* Der ukrainische Autor (ukrainisch O. A. К о р ш и к о в, russisch A. A. К о р ш и к о в) hat selbst seinen Namen in verschiedener Weise transkribiert: K o r š i k o v, K o r s c h i k o f f und K o r s h i k o v. Im Text benutzen wir die erste Umschreibung, in der Literatur zitteren wir den Namen genau nach dem Titel der Arbeit.

** Die von N y g a a r d (1949) aus Schweden angegebene *Synura Adamsii* S m i t h ist der Struktur der Schuppen nach *Synura pimosa* K o r š.

wegungen vom Detritus und von anderen nicht beweglichen Organismen getrennt werden konnten. Für die Untersuchungen unter dem Lichtmikroskope wurde ein Tropfen mit Synuren auf ein Deckglas übertragen und ohne Fixierung oder fixiert mit Osmiumsäure-Dämpfen trocken gelassen. Durch mässiges glühen auf einem Blechstück wurden die Kieselschuppen auf der Glasoberfläche gefestigt und dann durch Einlegen in kalte oder warme Säuren von organischen

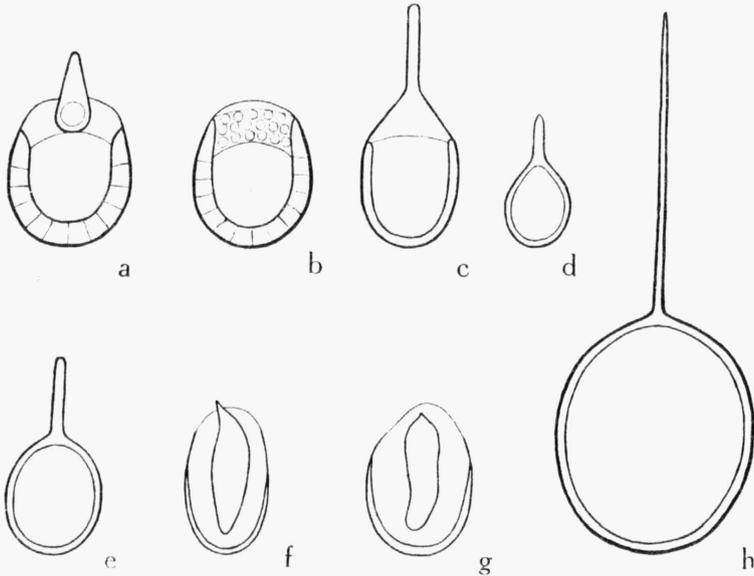


Fig. 1. — Die Kieselschuppen von *Synura* unter dem Lichtmikroskope bei Benützung der stärksten apochromatischen Oelimmersionen (num. Apert. 1, 3). — a, b — *Synura uvula*. c — *S. spinosa*. d — *S. echinulata*. e — *S. sphagnicola*. f — *S. Petersenii*. g — *S. Petersenii* var. *glabra*. h — *S. splendida*. a–g Orig., h nach K O R Š I K O V.

Substanzen gereinigt. Die besten Ergebnisse und die reinsten Präparate erzielten wir durch ein dreitägiges Einlegen in kalte konzentrierte Salpetersäure. Die abgewaschenen und getrockneten Deckgläser wurden dann auf ein mit Lackring versehenes Deckglas als Trockenpräparate montiert.

Für die elektronenoptischen Untersuchungen wurden die lebendigen Flagellaten auf eine mit einer Kollodiumfolie bedeckte Netzscheibe übertragen und schräg mit Chrom und senkrecht mit Beryllium im Hochvakuum metallbedampft. Wenn reiches *Synura*-Material vorhanden war, wurde es in starker kalter Salpetersäure aufbewahrt, um die organischen Stoffe zu verbrennen. Durch wiederholtes Waschen in destilliertem Wasser wurden dann die Kieselschuppen vom organischen Detritus befreit und durch vorsichtiges Zentrifugieren gelang es, eine Suspension der kieseligen *Synura*-Schuppen zu gewinnen. Die Schuppen wurden dann in üblicher Weise auf die Kollodiumfolie übertragen und metallbedampft. Alle Präparate wurden unter dem Elektronenmikroskop RCA-EMU beobachtet.

K O R Š I K O V (1929) hat zum erstenmale auf Grund der Schuppenbeschaffenheit die Art-Systematik der Gattung *Synura* aufgebaut und diese

Richtlinie hat sich als recht vollkommen erwiesen. Mit Einführung der Schuppenstruktur als eines neuen und verlässlichen taxonomischen Prinzipes sind die *Synura*-Arten, bei denen die Schuppenstruktur nicht bekannt ist (*S. reticulata* Lemmer., *S. verrucosa* Pascher., *S. granulosa* Playfair usw.) als zweifelhaft zu betrachten. Derzeit sind auf Grund der Schuppenstruktur folgende Arten sichergestellt: 1. *Synura uvella* Ehrenberg em. Koršikov, 2. *Synura sphagnicola* Korš., 3. *Synura spinosa* Korš., 4. *Synura echinulata* Korš., 5. *Synura Petersenii* Korš., 6. *Synura glabra* Korš. und 7. *Synura splendida* Korš.

Synura glabra Korš. ist sehr schwer von *S. Petersenii* zu unterscheiden und deshalb meint Huber-Pestalozzi (1941, p. 144) ganz richtig, dass sie als eine Varietät von *S. Petersenii* anzusehen ist (*S. Petersenii* Korš. var. *glabra* [Korš.] Huber-Pestalozzi). *Synura Bioreti* Huber-Pestalozzi, die nur auf Grund von Biorets Zeichnungen als eine Art aufgestellt worden ist, kann mit *S. splendida* Korš. oder *S. spinosa* Korš. identisch sein.

Von den 7 ersterwähnten und sichergestellten Arten wurden 6 jetzt im Elektronenmikroskope studiert und ihr submikroskopischer Bau untersucht. (Fig. 1.) Alle diese Arten sind bei uns (ČSR) häufig vorhanden und haben bestimmt eine kosmopolitische Verbreitung. Nur *S. splendida* Korš. konnte nicht für die elektronenmikroskopische Untersuchungen gefunden werden.

Wie aus der folgenden Beschreibung und besonders aus den elektronenoptischen Lichtbildern hervorgeht, ist die Struktur jeder Art nach einem ganz anderen Prinzip aufgebaut und daher vollkommen und verlässlich artspezifisch.

Beschreibungen der *Synura*-Schuppen

Synura uvella Ehrenberg 1844 emend. Koršikov 1929 (l. c. p. 279—281, Pl. 11, Figs. 31—37).

Tab. I.

Syn. *S. uvella* Ehrenb. in Stein 1878, Organismus III., Fig. 24, Taf. XII.

S. reticulata Lemmermann 1904 in Arkiv f. Botanik Bd II : 119.

S. verrucosa Pascher 1913 in Süßwasserflora Heft 2 : 51.

Die Kieselschuppen von *S. uvella* sind zum erstenmal von Bioret (1931) und Koršikov (1929) abgebildet worden und unsere Untersuchungen bestätigen in vollem Masse ihre Bilder. Die Abbildungen von Bioret stimmen nur teilweise überein. Dagegen hat Koršikov solche Einzelheiten abgebildet, die erst durch elektronenoptische Bilder klargemacht werden konnten.

Die Schuppen sind ungefähr elliptisch und von zweierlei Art. Diejenigen am Vorderende der Zelle sind mit einem Dorn versehen, der den Zellen ein borstiges Aussehen verleiht; die anderen — untenliegenden, welche die Flanken der Zellen bedecken, sind borstenlos. (Tab. I : 4, 5.)

Alle Schuppen sind mit einer hufeisenförmigen Randverdickung festgemacht, die am unteren Rande (d. h. am Rande, der gegen die Basis der Zelle gerichtet ist) der Schuppen verläuft. Diese Verdickung, die sich dachartig wie ein Kamm über die Ebene der Platte erhebt, ist mit vielen radiär sich ausbreitenden Ausläufern versehen, die sich allmählich zentrifugal verengen und fast zum Schuppenrand reichen. Ganz am Rande verläuft eine manchmal

unterbrochene Reihe von dunklen Punkten. Der schiefe dachartige Kamm ist flügelartig verlängert, so dass ein dünner und enger Saum entsteht, der teilweise die zentrale Fläche überdeckt.

Der Mittelteil der Schuppe ist dünn, flach und von feinen, regelmässig verteilten sechseckigen Poren durchlöchert, deren Durchmesser ungefähr 66 μ beträgt.

Der der hufeisenartigen Verdickung entgegengesetzte Teil der Schuppe (der obere Teil) ist durch eine sechseckig areolierte Platte verdickt, deren jedes Sechseck von einer Pore durchbohrt ist. Diese zylindrischen Durchbohrungen verlaufen schief zur Schuppenebene und ihre Lichtweite variiert beträchtlich. An ihrer Basis bemerkt man eine sehr feine Siebmembran, die bei der Wiedergabe im Druck kaum zu sehen ist. Manche Sechsecke, besonders an den borstenlosen Schuppen, sind nur grubchenförmig vertieft (Taf. I., Fig. 5).

Das apikale Ende der *Synura*-Zellen ist mit borstentragenden Schuppen bedeckt, eine Erscheinung, die schon den älteren Beobachtern bekannt war und von ihnen abgebildet worden ist. In der Tat ist diese Borste ein kegelförmiges hohles Gebilde, das schräg auf die sechseckig areolierten Platten eingesetzt und an der Basis mit einer breiten Öffnung versehen ist. Auch der Mantel der Borste ist von zahlreichen Poren durchsetzt. Sein Gipfel scheint offen zu sein und ist leicht erweitert, so dass ein Krönchen entsteht, das 5 oder 6 Zipfel trägt.

Nach Abschluss unserer Untersuchungen haben wir die Arbeit von Harris und Bradley (1956) kennengelernt, in der *Synura*-Schuppen mittels der Carbon-Replika-Technique abgebildet sind. Die elektronenoptischen Bilder, gewonnen mit diesen zwei verschiedenen Methoden, stimmen in den morphologischen Einzelheiten überein. Unsere Bilder lassen jedoch mehr Einzelheiten erkennen, dagegen sind die Aufnahmen des Carbon-Replika-Films dreidimensional und deutlich plastisch. Im Prinzip ist der morphologische Bau der aus England und der Tschechoslowakei stammenden *Synura*-Schuppen ganz gleich, es gibt keine grundsätzlichen Abweichungen und fast keine Variabilität konnte festgestellt werden.

Synura spinosa K o r š i k o v 1929, l. c. p. 281—282, Pl. 11, Figs. 38—41.

Tab. II., VI.

Syn. *S. uvella* auct.

Elektronenoptisch betrachtet ist der Umriss der Schuppen regelmässig elliptisch; demgegenüber sind die lichtmikroskopischen Bilder irreführend, da der obere Teil der Schuppe dreieckig erscheint (Textfig. 1 c). Ein grösserer Teil des Aussenrandes ist mit einem hufeisenartigen Gebilde festgemacht, das dachartig zentrifugal niedriger wird. Dieser dachartige Rand ist nach oben umgebogen und überdeckt teilweise das Mittelfeld.

Das Mittelfeld der Schuppe ist grösstenteils flach, von sechseckigen, regelmässig zerstreuten Poren durchbohrt, deren Durchmesser ungefähr 100 μ beträgt. An einem Ende der Schuppe, das die Borste trägt, erhöht sich eine dreieckige Skulptur, deren Umrisse in den lichtoptischen Bildern zu sehen sind. Sie hat das Aussehen eines gitterförmigen Maschenwerks, dessen Teile sechseckig sind; je ein Sechseck wird von einer Pore durchlöchert.

Die Borste liegt in der Symmetrieebene der Schuppe. Sie ist leicht gebogen und schliesst mit der Ebene der Schuppe einen Winkel von 60° ein. Die Borste ist hohl, zylindrisch und am Gipfel geringfügig verengt und wahrscheinlich

offen. An der Spitze lassen sich einige Zähnchen, ähnlich wie bei anderen Synuren, unterscheiden. Wie bei anderen *Synura*-Arten ist die hohle Borste an ihrer Basis mit einer breiten rundlichen Öffnung versehen, mittels deren das Innere der Borste mit dem Zellinhalt in Verbindung steht.

Nur die Schuppen an den Apikalenden der *Synura*-Zellen tragen die Borsten, deren Länge 2μ beträgt. Dadurch nehmen die Kolonien von *S. spinosa* ein stacheliges Aussehen an, das noch auffallender ist als bei *S. wella*. Dagegen sind die Schuppen von den Flanken der Zellen stachellos, vollkommen elliptisch, mit einem ähnlichen Netzwerk an dem vorderen Ende. An der Stelle, wo die Apikalschuppe eine Borste trägt, ist hier eine Narbe, die von sehr feinen Poren durchsetzt ist. (Tab. II : 1).

Synura echinulata K o r š i k o v 1929, l. c. p. 282—283, Pl. 11. Figs. 42—53.

Tab. III.

Die Schuppen dieser *Synura*-Art sind die kleinsten von allen *Synura*-Arten und im Lichtmikroskope besonders denen von *Synura spinosa* ähnlich. Der Umriss ist in elektronenoptischen Aufnahmen ellipsoidisch und der Rand ist wie bei der Mehrzahl der Arten mit einer hufeisenförmigen Verdickungsleiste versehen. In Übereinstimmung mit anderen *Synura*-Arten ist diese Verdickung schief dachartig und vorgezogen.

Der entgegengesetzte Teil der Schuppe ist mit einer aus vielen Rippen zusammengesetzten Skulptur versehen, die auch eine bogenförmige Gestalt aufweist. Am Rande dieser Struktur verlaufen die Rippen strahlenförmig, ohne den Rand der Schuppe zu erreichen. Zwischen diesen kurzen rippenförmigen Strahlen befinden sich je eine oder zwei Poren. Auch das Mittelfeld der Schuppe ist mit regelmässig verteilten Durchbohrungen versehen, welche einen sechseckigen Umriss andeuten.

Die Borste hat die bei allen *Synura*-Arten übliche Lage; sie liegt in der Symmetrieebene der Schuppe, einigermaßen zur Hauptfläche geneigt. Sie ist hohl, an ihrer Basis mit einer breiten Öffnung ($200 m\mu$) ausgestattet. Ihre Form ist annähernd zylindrisch, kurz vor dem Ende plötzlich verjüngt. *Synura echinulata* ist schon elektronenoptisch untersucht worden, und zwar von H a r r i s und B r a d l e y (1956) mittels der Carbon-Replica Technique. Die mit dieser Methode gewonnenen Aufnahmen stimmen vollkommen mit unseren Bildern überein.

Synura sphagnicola (K o r š.) K o r š i k o v 1929, l. c. p. 287.

Tab. IV.

Syn.: *Skadowskiella sphagnicola* Koršikov 1927 in Arch. f. Prot. 58 : 450—5.

Syncrypta volvox Ehrenberg 1838 in Stein III, 1, Taf. XIII, Fig. 23.

Synura wella Ehrenb. var. *punctata* Awerinzew in Trudy I : 228, Tabl. IV : 3

Synura wella Ehrenb. f. *turfacea* Steinecke (1916) in Schriften 56 : 32.

Synura wella Ehrenb. in H u z e l (1937), Veröffentlichungen 13 : 38.

Die elektronenoptischen Bilder dieser Art zeigen einen verhältnismässig einfachen Bau der Schuppen. Sie sind elliptisch, flach, mit einer Randverdickung versehen, die an dem borstenlosen Ende nach oben umgebogen ist.

Die Grundfläche der Schuppe ist dünn, flach und von zahlreichen, regelmässig verteilten Poren durchgebohrt. Die Poren liegen manchmal in Reihen, haben einen sechseckigen Umriss und messen ungefähr $67 m\mu$.

Die Borste sitzt am inneren Rande der Verdickung und liegt etwas schräg geneigt, in der longitudinalen Symmetrieebene der Schuppe. Sie ist hohl, wahrscheinlich am Gipfel geöffnet und hier mit feinen Zähnen versehen. Die Schuppen an den Flanken der Zellen sind borstenlos.

Synura sphagnicola lässt sich von allen anderen *Synura*-Arten auf Grund der Zellen- und Kolonien-Morphologie unterscheiden. Diese Unterschiede sind so auffallend, dass sie ursprünglich von K o r š i k o v (1927) als eine selbstständige Gattung aufgefasst wurde. Ihre Kolonien sind fast immer mit einer zerfließenden Gallerthülle umgeben, die durch zahlreiche symbiotische Bakterien schon ohne Färbung bemerkbar ist. Die Kolonien bestehen immer aus wenigen, radiär angeordneten Zellen, so dass sie eine kugelige oder ellipsoide Gestalt annehmen. In den Zellen liegen 2 binnenständige Chromatophoren, am Vorderende häufen sich oft mehrere, intensiv rot gefärbte Tröpfchen an. Die Schuppen an der Zelloberfläche sind an lebendigen Monaden manchmal undeutlich, so dass die Zellen ganz nackt erscheinen. Das Aussehen der Kolonien entspricht bis auf einige Kleinigkeiten (Lage der Chromatophoren, Länge der Geisseln) der Stein'schen (1878) Zeichnung von *Syncrypta volvox* E h r e n b g. Seitdem hat niemand diese fragliche Gattung abgebildet oder studiert und die Stein'sche Figur wird aus einem Buch ins andere als Ikonotyp übertragen. Auch ich (F o t t 1952) war bei der ersten Beobachtung von *Synura sphagnicola* überzeugt, dass ich *Syncrypta volvox* vor mir habe. Erst nach der Feststellung der Kieselschuppen an Trockenpräparaten musste ich meine ursprüngliche Bestimmung richtigstellen und die Art als *Synura sphagnicola* bezeichnen. Was in den Florenlisten ohne Abbildung und Beschreibung als *Syncrypta volvox* angeführt wird, wurde nach dem Aussehen nach der Stein'schen Figur bestimmt und gehört allem Anscheine nach zu *S. sphagnicola*. So gibt P a s c h e r (1903, p. 165) aus dem Sphagnumtümpeln von F l e i s s h e i m und M e y e r b a c h *Syncrypta volvox* als eine allgemein verbreitete Art an. Als ich (F o t t) nach 50 Jahren dieselben Lokalitäten untersuchte, fand ich lediglich *Synura sphagnicola*. Wir sind daher der Meinung, dass *Syncrypta volvox* und *Synura sphagnicola* derselbe Organismus sind und dass nur der letztere Name gültig ist. Die Streichung des Namens *Syncrypta volvox* ist dadurch begründet, dass mit ihm viele Beobachtungsfehler (Lage der Chromatophoren, Länge der Geisseln, Nichtanwesenheit der Kieselschuppen) verbunden sind.

Synura Petersenii K o r š i k o v 1929 l. c. p. 283—285, Pl. 11, Figs. 54—58.

Tab V.: 1—4.

Syn.: *Synura wella* Ehr. in Boye Petersen 1918, p. 345, pl. V, Figs 1—9.

Synura caroliniana Whitford in Manton 1955.

Im Jahre 1955 beschrieb M a n t o n (l. c. p. 311) ausführlich die Schuppenstruktur dieser *Synura*, wie sie sie im Elektronenbild beobachtet hatte. Ihr Material aus Nord Carolina (USA) wurde von P r o v a s o l i unter dem Namen *Synura caroliniana* W h i t f o r d isoliert und reingezüchtet, doch die Autorin stellte eine vollkommene Übereinstimmung mit den Zeichnungen und Untersuchungen von P e t e r s e n (1918) an einer *Synura*-Art fest, die später von K o r š i k o v (1929) als *Synura Petersenii* zu dessen Ehrung so benannt wurde. Auch unsere Untersuchungen, Lichtbilder und elektronenoptischen Aufnahmen führten zu dem Ergebnis, dass unser Material aus heimischen Gewässern sowie die von M a n t o n untersuchte und aus der USA stammende

Synura derselben Art angehören, die nach der K o r š i k o v'schen Auffassung *Synura Petersenii* heissen soll. Die Schuppenstruktur der von Whitford als *Synura caroliniana* beschriebenen Art ist überhaupt nicht bekannt und nach dem Aussehen und den Abbildungen von Whitford (1943) gehört sie wohl in den Formenkreis von *Synura Adamsii* G. M. Smith.

Die Form der Schuppen ist elliptisch und es scheint, dass die Schuppen am oberen Ende der Zelle breit elliptisch, dagegen am stielartigen Teil der Zelle etwas enger sind. Die marginale Verdickungsleiste ist verhältnismässig dünn und wie bei den Synuren üblich, nach oben umgebogen. Die Fläche der Schuppe ist von zahlreichen regelmässig verteilten Poren durchsetzt. In der Mitte ragt ein hutförmiges Gebilde empor, das an einem (unteren, d. i. gegen die Mitte der *Synura*-Kolonie gerichteten) Ende niedrig ist und kammartig längst der Schuppe verläuft, bis es endlich am entgegengesetzten Ende in einen allmählich zugespitzten schiefen Kegel ausläuft. Dieses mit feinen Öffnungen durchlöchernte Gebilde ist hohl und durch einen grob perforierten Boden vom Zellinneren abgeteilt. An der Basis des schiefen Kegels befindet sich eine auffallend grosse Öffnung, die annähernd 250 μ misst.

Der Bau der Schuppen wurde von Manton (1955 l. c. p. 311 bis 312) nach vollkommenen elektronenoptischen Abbildungen genau beschrieben. Ihre Bilder zeigen eine auffallende Übereinstimmung mit unseren Photoaufnahmen, die nur aus den Bildern ersichtlich ist und schwer in Worten ausgedrückt werden kann. Diese Übereinstimmung in der Struktur der beiden aus so entfernten Lokalitäten (USA und ČSR) stammenden *Synura*-Funde stellt einen Beweis dafür dar, dass die submikroskopische Morphologie der Kieselchuppen für jede Art stabil und nur wenig variabel ist.

Synura Petersenii K o r š i k o v 1929 var. *glabra* (K o r š.) H u b e r - P e s t a l o z z i 1941, l. c. p. 144.

Tab. V: 5.

Syn.: *Synura glabra* K o r š i k o v 1929 l. c. p. 285—286, Pl. 11, Figs. 59—65.

Die elektronenoptischen Untersuchungen haben im vollen Masse den Vorschlag von H u b e r - P e s t a l o z z i (1941) bestätigt, die schwer unterscheidbare Art *S. glabra* als eine Varietät der *S. Petersenii* aufzufassen. Die beiden K o r š i k o v'schen Arten weisen denselben submikroskopischen Bau auf und unterscheiden sich voneinander nur durch abweichende Anordnung derselben Bauelemente. Dagegen weichen die anderen *Synura*-Arten voneinander durch eine prinzipiell verschiedene Baustruktur ab und sind leicht auf den ersten Blick zu unterscheiden. Die Varietät *glabra* lässt sich durch folgende Differenzmerkmale trennen: 1. Die Schuppen sind verhältnismässig breiter als bei *S. Petersenii*, 2. der mediane Kamm ist kürzer, ragt nicht über den Umriss der Schuppe hervor und ist leicht gebogen.

Ergebnisse und Zusammenfassung

Von den 7 *Synura*-Arten, deren Schuppenstruktur unter dem Lichtmikroskope schon bekannt und abgebildet wurde, wurden 6 elektronenoptisch untersucht. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass die submikroskopische Struktur der Schuppen völlig artspezifisch ist und dass die Morphologie der Schuppen bei jeder Art auf einem ganz verschiedenen Bauprinzip beruht. Nur die Schuppen von *Synura Petersenii* und *Synura glabra* sind gleichgebaut und schwer zu unterscheiden. Aus diesem Grund ist die Meinung von H u b e r - P e s t a l o z z i (1941) berechtigt, *Synura glabra* als eine Varietät aufzufassen

(*Synura Petersenii* K o r š. var. *glabra* [K o r š.] H u b e r - P e s t a l o z z i).

Auch die weitere Systematik der Gattung *Synura* muss auf der Kenntnis der Schuppenstruktur begründet werden und die Neubeschreibungen von Arten ohne Angabe der Schuppenmorphologie sind wertlos.

Der submikroskopische Bau der *Synura*-Arten ist für jede Art konstant. Soweit die Aufnahmen der Schuppen aus verschiedenen Weltteilen verglichen werden konnten, zeigten sie sich als vollkommen identisch. Die geringe Artvariabilität hängt wahrscheinlich davon ab, dass es bei *Synura* keine geschlechtliche Vermehrung gibt.

Der komplizierte submikroskopische Bau der Schuppen und ihre dachziegelartige Anordnung weisen darauf hin, dass bei *Synura*, aber auch bei *Mallomonas* und wahrscheinlich bei mehreren Chrysomonaden, eine ganz eigenartige Zellbekleidung vorkommt, welche die „Hülle“ genannt wird. Diese Hülle der Chrysomonaden muss grundsätzlich von dem Gehäuse (lorica) unterschieden werden, das ein totes Gebilde darstellt, wenn auch während des Lebens der Flagellaten strukturelle und chemische Veränderungen des Gehäuses eintreten können. Demgegenüber weist die Hülle der *Synura*- und *Mallomonas*-Arten einen so komplizierten Bau auf, dass es ganz unmöglich ist, ihre Entstehung auf Grund einfacher Anlagerung des organischen und anorganischen Materials zu erklären; ihre Entstehung muss sich unter dem unmittelbaren Anteil des Protoplasten verwirklichen. Die Zusammensetzung der *Synura*-Hülle erinnert in manchen Hinsichten an die Zellmembranen einiger Diatomeen, z. B. *Attheya* und *Rhizosolenia*, die auch aus schuppenartigen Zwischenbändern bestehen, welche von zahlreichen submikroskopischen Poren perforiert sind (F o t t 1950). Man kann voraussetzen, dass die pektinöse Hülle der Gattung *Synura* (und auch *Mallomonas*) mit dem eingelagerten aus perforierten Schuppen zusammengesetzten Kieselpanzer dieselbe morphologische und physiologische Bedeutung erwirbt, wie die Zellmembran bei den Pflanzen.

Die untersuchten *Synura*-Arten haben offensichtlich eine kosmopolitische Verbreitung. Im Gebiete der ČSR scheint *Synura Petersenii* am häufigsten vorzukommen, *S. uvella* und *S. echinulata* sind relativ seltener. Das Vorkommen von *S. sphagnicola* ist auf saure Gewässer beschränkt, die dicht mit *Sphagnum* bewachsen sind und deren pH bis zu 3 sinkt.

Nachtrag.

Während des Druckes unserer Arbeit erschien eine wichtige Abhandlung von J. B. P e t e r s e n und J. B. H a n s e n: „On the Scales of Some *Synura* Species“ in Biol. Medd. Dan. Vid. Selsk. 23, No. 2 (1956), p. 1—27, die sich mit demselben Thema wie unsere Arbeit beschäftigt. Bei der Untersuchung von *Synura Petersenii* K o r š i k o v sind die dänischen Autoren zu den gleichen Ergebnissen gekommen und ihre Aufnahmen stimmen vollkommen mit unseren Bildern überein. Auch die elektronenoptischen Aufnahmen von *S. glabra* K o r š. sind fast identisch, doch wir sind über die taxonomische Benennung der letztgenannten Art anderer Meinung und halten dieses Taxon für eine Varietät der ersterwähnten Art. Die Begründung unserer Ansicht ist im Texte behandelt.

Die Bauelemente der Schuppen von *S. uvella* E h r e n b. em. K o r š. und *S. echinulata* K o r š. sind nach den elektronenoptischen Aufnahmen in Dänemark und in der Tschechoslowakei vollständig gleich. Bei *S. spinosa* K o r š. unterscheiden P e t e r s e n und H a n s e n je nach der Ausbildung des Maschenwerkes und je nach der Länge der Schuppen sowie der Borsten mehrere Formen. Dabei muss man beachten, dass man die tatsächliche Borstenlänge nur bei Seitenaufnahmen sieht, während bei üblicher Aufsicht nur ein Bruchteil der tatsächlichen Borstenlänge gemessen werden kann. Dadurch ist die Unterscheidung der Formen nach der Borstenlänge sehr erschwert, da die Borste manchmal fast senkrecht stehen kann (siehe unsere Tafel II : 1,2). *S. spinosa* K o r š. in unserem Materiale kann mit forma *curvispina* P e t e r s e n et H a n s e n identifiziert werden. Ausserdem behandelt unsere Arbeit noch *S. sphagnicola* K o r š., die von den dänischen Autoren nicht erwähnt und abgebildet wird.

Erklärungen zu den Tafeln I—VI.

Die Maßstäbe auf den Bildern bezeichnen 1 μ .

Tab. I. — *Synura uvella* (Ehrenb.) em. Koršikov. — Abb. 1. Eine borstentragende Schuppe, die umgekehrt liegt: die Fläche nach oben, die Borste nach unten. — Abb. 2. Die Schuppe in normaler Lage. Am Rande ist die hufeisenförmige Verdickung leicht beschädigt. — Abb. 3. Eine andere Schuppe. — Abb. 4—5. — Borstenlose Schuppen von den Flanken der Zellen. — Abb. 6. Die kegelförmige Borste mit einem fünfzackigen Krönchen.

Tab. II. — *Synura spinosa* Koršikov. — Abb. 1. Eine Gruppe von 3 Schuppen mit Borsten und einer borstenlosen Schuppe. An der Stelle der Borste ist eine Narbe bemerkbar, die von feinen Poren durchlöchert ist. — Abb. 2. Zwei Nachbarschuppen; die Variabilität des Maschenwerks ist ersichtlich. — Abb. 3. Eine Gruppe von Schuppen. An der Spitze der hohlen Borste lassen sich kleine Zähne unterscheiden. — Abb. 4. Die dachziegelartige Anordnung der Schuppen. — Abb. 5. Die Borsten von der Seite, der Winkel der Borstenneigung ist deutlich.

Tab. III. — *Synura echinulata* Koršikov. — Abb. 1. Die dachziegelartige Anordnung der Schuppen. Alle Schuppen liegen umgekehrt, die Borsten abwärts. — Abb. 2—4. Einzelne Schuppen. Die zylindrische Borste ist hohl und vor dem Ende plötzlich verjüngt.

Tab. IV. — *Synura sphagnicola* Koršikov. — Abb. 1—8. Einzelne Schuppen, die eine geringe Variabilität erkennen lassen.

Tab. V. — *Synura Petersenii* Koršikov. — Abb. 1. Eine Schuppe mit abgebrochenem Zentralgebilde, dessen Fußsohle eine grobporige Durchlöcherung zeigt. — Abb. 2—3. Zwei Einzelschuppen. — Abb. 4. Eine Gruppe von Schuppen, deren dachziegelartige Anordnung teilweise zerstört ist. — Abb. 5. — *Synura Petersenii* Korš. var. *glabra* (Korš.) Huber-Pestalozzi. Die Schuppen sind breiter als bei der Art und der mediane Kamm ist kürzer, leicht gebogen und ragt nicht über den Umriss der Schuppe hinaus.

Tab. VI. — *Synura spinosa* Koršikov. — Abb. 1. Die verschiedene Struktur der beiden Geißeln; rechts die Peitschengeißel, links die Flimmergeißel. — Abb. 2. Die Flimmergeißel. — Abb. 3. Eine Schuppe.

Struktura křemitých šupin rodu *Synura* a její význam pro taxonomii

(Resumé)

Ze sedmi druhů rodu *Synura*, jejichž struktura šupin je známa a vyobrazena (obr. 1), bylo šest druhů studováno pomocí elektronového mikroskopu. Z těchto výzkumů vyplývá, že submikroskopická struktura šupin je zcela specifická pro každý jednotlivý druh a že morfologie šupin každého druhu je založena na odlišném stavebním principu. Je proto morfologie a struktura šupin rodu *Synura* základním systematickým znakem a popisy nových druhů bez udání těchto znaků jsou bezcenné. Jenom šupiny druhů *Synura Petersenii* Koršikov a *S. glabra* Koršikov jsou stejně stavěny a těžko se rozeznávají. Z toho důvodu je oprávněno mínění Huber-Pestalozziho (1941), že *S. glabra* je pouze varieta od druhu *S. Petersenii*.

Submikroskopická stavba druhů rodu *Synura* je pro každý druh stálá. Pokud jsme mohli srovnat snímky šupin z různých částí světa (USA, Anglie), ukazovaly zcela identickou stavbu. Nepatrná vnitrodruhová variabilita souvisí patrně s tím, že *Synura* nemá pohlavní rozmnožování.

Složitá submikroskopická stavba šupin a jejich uspořádání (jako tašky na střeše) svědčí o tom, že u rodu *Synura* a rovněž u rodu *Mallomonas* se vytváří zcela specifický obal, obklopující protoplast. Tento obal chrysomonád se zásadně liší od schránky (lorica), která nám představuje neživý útvar, v němž mohou ovšem během života bičíkovce nastat různé tvarové i chemické změny. Obal rodu *Synura* a *Mallomonas* jeví tak složitou stavbu, že jeho vznik nelze vysvětlit pouhou aposici organického a anorganického materiálu. Protoplast se nejen bezprostředně podílí na vzniku obalu, nýbrž je s ním i funkčně spjat během života bičíkovce.

Stavba obalu rodu *Synura* připomíná v mnohém ohledu buněčné blány rozsivek, na př. blány rodů *Attheya* a *Rhizosolenia*, které jsou složeny ze špičovitých útvarů, jevičích submikroskopickou perforaci (F o t t 1950). Můžeme se domnívat, že pektinosní obal rodů *Synura* a *Mallomonas*, složený z křemí-
tých perforovaných šupin, má stejný morfologický a fyziologický význam jako blána buněk rostlin.

Zkoumané druhy rodu *Synura* mají zřejmě kosmopolitní rozšíření. Přesné údaje o jejich rozšíření schází, protože většina autorů je uvádí ve floristických seznamech pod označením *Synura uvela*. Nevíme také nic o tom, zdali se jednotlivé druhy liší ekologicky. Pouze *S. sphagnicola* K o r š i k o v. má zcela vyhraněné životní nároky a žije jen v rašelinných a dystrofních vodách, jejichž pH klesá až na hodnotu 3. Pravidelně byla nalezena v živých vrchovištích nad porosty rašeliníku. V ČSR jsme našli tyto druhy:

Synura uvela E h r e n b e r g e m. K o r š i k o v.

Lnářské a blatenské rybníky. — Labské tůně (leg. doc. Dr J. H r b á č e k a Š. J u r i š). — Mrtvé rameno Lužnice (leg. K o ř i n e k).

Synura spinosa K o r š i k o v.

Jevanské rybníky. — Rybník v Kunraticích u Prahy. — Labské tůně u Čelákovic (leg. doc. Dr J. H r b á č e k). — Zámecký rybník v Blatné. — Stříbrný rybník v Polničce u Žďáru. — Vranská přehrada na Vltavě. — Mrtvé rameno Lužnice. — Emilův důl u Nového Strašecí. — Rybníky u okolí Doks.

Synura echinulata K o r š i k o v.

Rybníčky v Emilově dolu u Nového Strašecí. — Labské tůně u Čelákovic. — Mrtvé rameno Lužnice. — Tůně u Černého Kříže na Šumavě.

Synura Petersenii K o r š i k o v [včetně var. *glabra* (K o r š i k o v) H u b e r - P e s t a l o z z i j].

Labské tůně u Čelákovic. — Rybníky na Lnářsku. — Vranská přehrada na Vltavě. — Rybníčky v Emilově dolu u Nového Strašecí. — Padrťské rybníky (leg. doc. Dr J. S l á d e č e k). — Rybníky u Luk nad Olzou na Těšínsku. — Mrtvé rameno Lužnice. — Kolové pleso ve Vysokých Tatrách.

Synura sphagnicola K o r š i k o v.

Rašelinné tůně na Oravě (dnes zatopeny postavenou přehradou). — Rašelinné tůně na Šumavě v oblasti Lipna, Plané a Volar. — Tůně na Českomoravské vysočině u Velkého Dářska. — Muzikantský rybník u Doks.

Структура окремнелых чешуек рода *Synura* и их значение для таксономии

(Р е з ю м е)

Из семи видов рода *Synura*, структура которых известна и изображена (рис. 1), шесть видов было исследовано при помощи электронного микроскопа. Из этих исследований вытекает, что субмикроскопическая структура чешуек является совершенно специфической для каждого отдельного вида и что морфология чешуек каждого вида основана на различном строительном принципе. Поэтому морфология и структура чешуек рода *Synura* является основным систематическим признаком и описание новых видов, без указания этих признаков, является бесценным. Только чешуйки видов *Synura Petersenii* K o r š i k o v и *S. glabra* K o r š i k o v одинакового строения и трудно различимы. Вследствие этого совершенно правilen взгляд Губера-Пестолодци (1941), что *S. glabra* является разновидностью вида *S. Petersenii*.

Субмикроскопическое строение видов рода *Synura* для каждого вида постоянное. Пока только мы могли сравнить фотоснимки чешуек из разных частей света (С. III. А., Англия), они показывали совершенно идентичное

строение. Незначительная внутривидовая вариация зависит очевидно также от того, что *Synura* не имеет полового размножения.

Сложное субмикроскопическое строение чешуек и их расположение (подобно черепицам на крыше) свидетельствуют о том, что у р. *Synura*, а также у р. *Mallomonas* образуется совершенно специфическая оболочка, окружающая протопласт. Эта оболочка хризомонада существенно отличается от домика (logica). Оболочка р. *Synura* и р. *Mallomonas* представляет собой такую сложную структуру, что ее образование нельзя объяснить простой аппозицией органического и неорганического материала. Протопласт не только непосредственно принимает участие в образовании оболочки, но и функционально с ней связан в течение жизни жгутиконосца.

Строение оболочки рода *Synura* напоминает во многих случаях клеточную оболочку диатомовых водорослей, напр. *Attheya* и *Rhizosolenia*, составленных из чешуйковидных образований, представляющих субмикроскопическую перфорацию (Фотт 1950). Можно предположить, что пектинозная оболочка родов *Synura* и *Mallomonas*, составленная из окремнелых перфорированных чешуек приобретает морфологическое и физиологическое значение, как клеточная оболочка растений.

Изучаемые виды рода *Synura* имеют явно космополитическое распространение. Точные данные их распространения отсутствуют, потому что большинство авторов приводят их в флористических списках под обозначением *Synura uvella*. Нам также не известно ничего о том, отличаются ли отдельные виды экологически. Только *S. sphagnicola* Корж. имеет совершенно определенные требования к условиям жизни и живет лишь в торфяных и дистрофных водах, рН которых понижается иногда и до степени 3. Регулярно встречалась в живых верховьях над зарослями торфяных мхов.

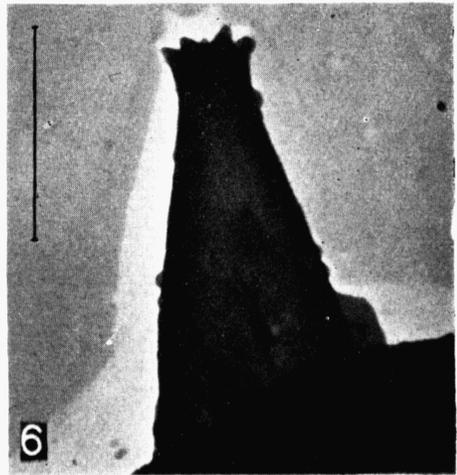
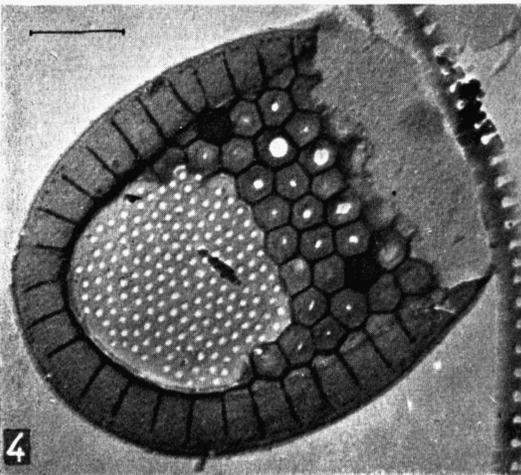
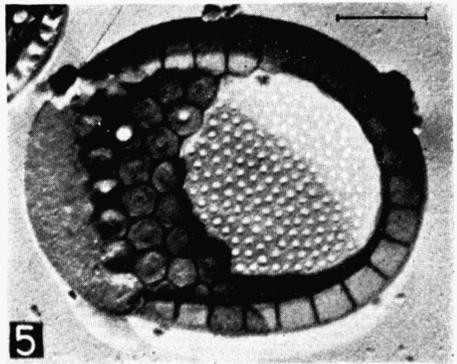
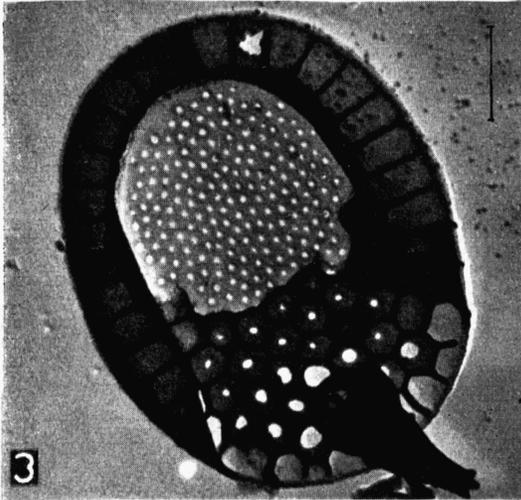
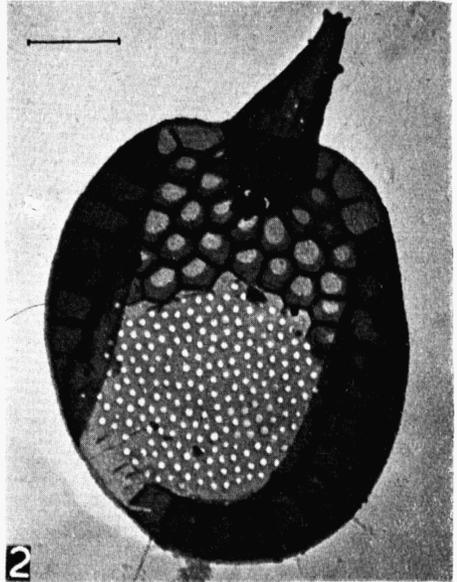
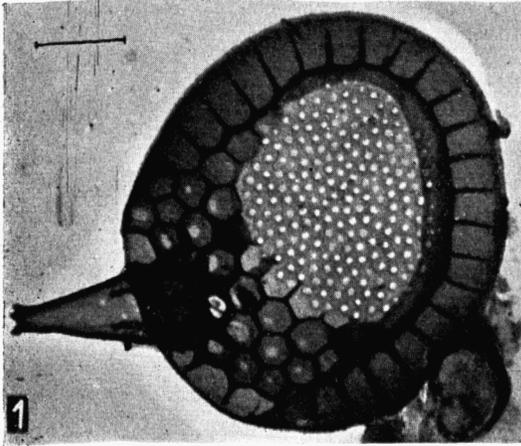
Schriftenverzeichnis

- Awerinzew, S. (1901): Materialy k poznaniu fauny prostějšich v okresnostjach Bologovskoj biolgič. stancii I : 205-238, Tabl. IV.
- BioRET, G. (1931): Les écailles de *Synura uvella* Stein. — Trav. Cryptog. à L. Mangin, Paris pp. 219—226.
- Conrad, W. (1926): Recherches sur les Flagellates de nos eaux saumâtres II. Chrysomonadines. — Arch. f. Protistenk., 56 : 167.
- Conrad, W. (1939): *Synura sphagnicola* Korsch. en Belgique. — Bull. Mus. Roy. Hist. Natur. Belgique, XV : 1—4.
- Conrad, W. (1943): Sur quelques organismes sphagnicoles. — Bull. Mus. Roy. Hist. Natur. Belgique, XIX : 1—11.
- Fott, B. (1950): Frustules of *Attheya Zachariasii* in Electron Microscope. — Stud. bot. čech., 11 : 262—267.
- Fott, B. (1952): Mikroflora oravských rašelin (tschechisch mit deutscher Zusammenfassung: Mikroflora der Arva-Moore). — Preslia 24 : 189—209.
- Fott, B. (1955): Scales of *Mallomonas* observed in the electron microscope. — Preslia 27 : 280—282.
- Fott, B. (1956): Sinice a řasy (tschechisch: Blaualgen und Algen). — Verlag ČSAV Praha, p. 1—376.
- Fott, B., Ludvík, J. (1956): Elektronenoptische Untersuchung der Kieselstrukturen bei *Chryso-sphaerella* (*Chryso-monadinae*). — Preslia 28 : 276—278.
- Harris, K., Bradley, D. E. (1956): Potentialities of the Carbon Replica Technique in the Examination of the Scales of *Synura* and *Mallomonas* under the electron Microscope. — Research Correspondence 9 : pp. A1—A3.
- Huber-Pestalozzi, G. (1941): Das Phytoplankton des Süßwassers. — II. Teil, I. Hälfte. Chrysophyceen. Farblose Flagellaten. Heterokonten. — E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, pp. 1—365.

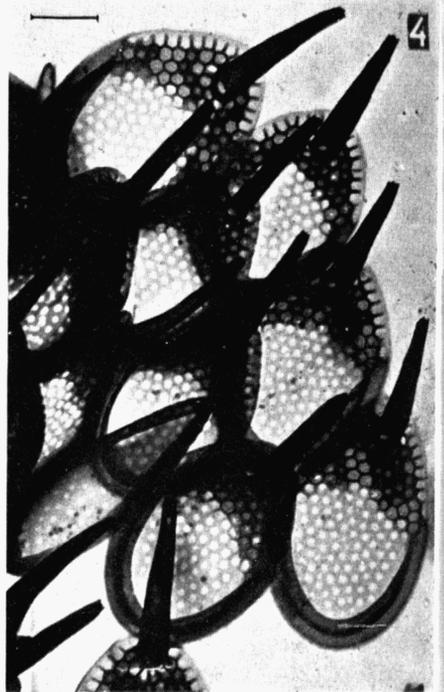
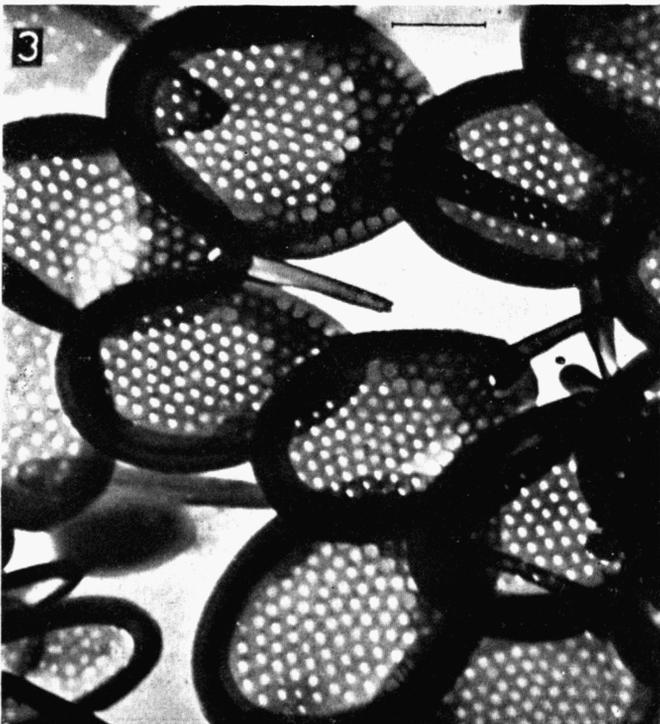
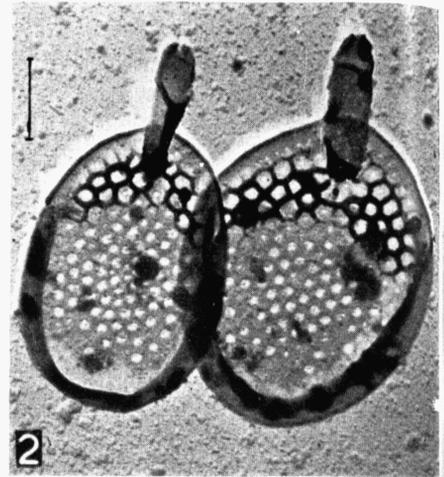
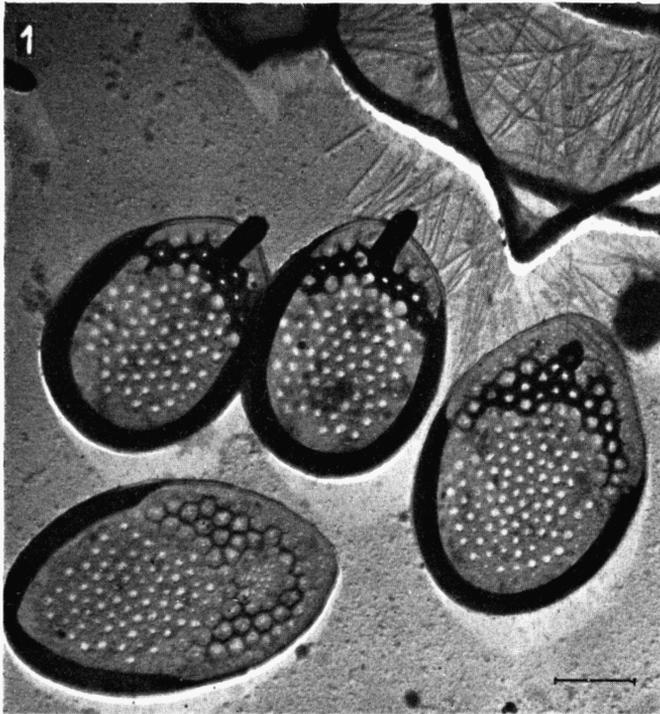
- H u z e l, C. (1937): Beitrag zur Kenntnis der mikroskopischen Pflanzenwelt der Rauhen Wiese bei Böhmkirch. — Veröff. Württ. Landesst. f. Naturschutz, Heft 13 : 1—148.
- K o r s h i k o v, A. A. (1927): *Skadovskiiella sphagnicola*, a new colonial Chryomonade. — Arch. f. Protistenk. 58 : 450—455.
- K o r s h i k o v, A. A. (1929): Studies on the Chryomonads I. — Arch. f. Protistenk. 67 : 253—290.
- K o r s h i k o v, A. A. (1941): On some new or little known Flagellates. — Arch. f. Protistenk. 95 : 22—44.
- L e m m e r m a n n, E. (1904): Das Plankton schwedischer Gewässer. — Arkiv f. Botanik, Bd 2 : 1—209.
- M a n t o n, I. (1955): Observations with the Electron Microscope on *Synura caroliniana* W h i t f o r d. — Proc. Leeds Philosoph. Soc. Vol. VI, Part V, p. 306—316.
- N y g a a r d G. (1949): Hydrobiological Studies on Some Danish Ponds and Lakes. Part II. — Det Kong. Danske Videnskab. Selsk. Biolog. Skrifter VII, Nr. 1, p. 1—293.
- P a s c h e r, A. (1903): Zur Algenflora des südlichen Böhmerwaldes. — Lotos 23 : 161—211.
- P a s c h e r, A. (1913): *Chryomonadinae*. — Süßwasserflora Heft 2 : 7—95.
- P e t e r s e n, B. (1918): Om *Synura uvella* S t e i n og nogle andre Chryomonadiner. — Vidensk. Medd. fra Dansk Naturhist. Foren 69 : 345—357.
- S t e i n, F. (1878): Der Organismus der Infusionsthier. — III. Abt., I. Hälfte: 1—154.
- S t e i n e c k e, F. (1916): Die Algen des Zehlaubruches in systematischer und biologischer Hinsicht. — Schriften der physikalisch-ökologischen Gesellsch. zu Königsberg, 56 : 1—38.
- W h i t f o r d, L. A. (1943): The freshwater Algae of North Carolina. — Journ. Elisha Mitchell Sc. Soc. 59 : 159.

N o v é k n i h y:

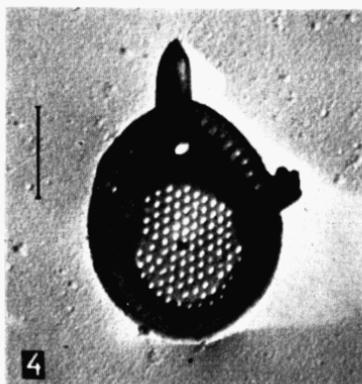
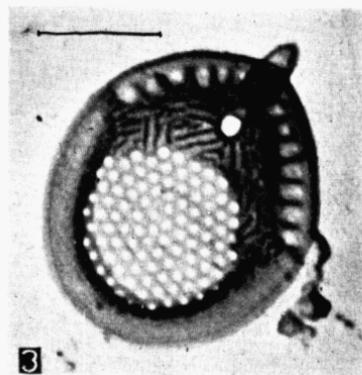
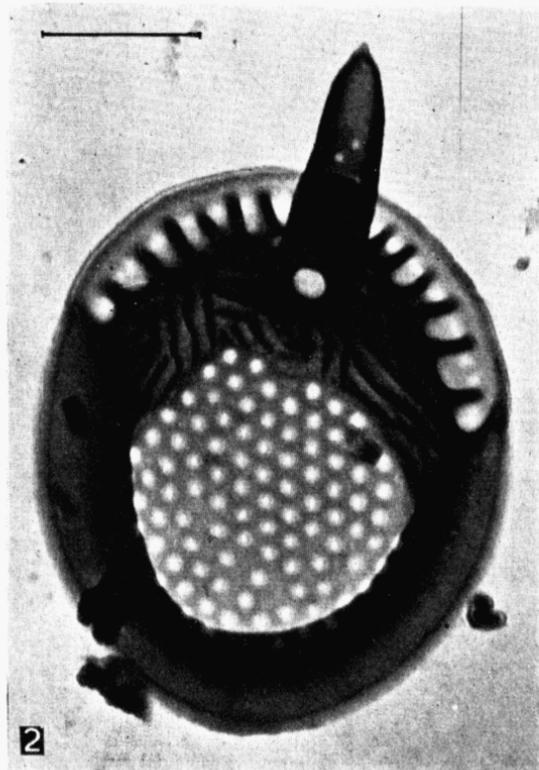
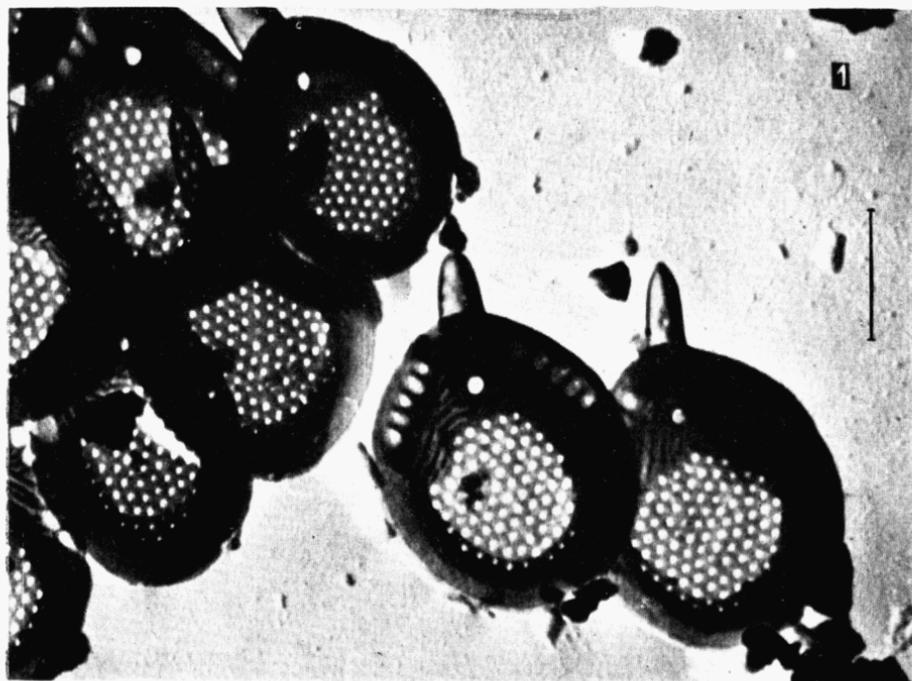
- M o s e r, M. : Basidiomyceten. — II. Teil. Die Röhrlinge, Blätter und Bauchpilze (H. Gams, Kleine Kryptogamenflora von Mitteleuropa. II. b.), G. Fischer, Stuttgart 1955. IX + 327 S., 17 Abb. 2. Aufl., cena DM 16,50.
- M o r g e n t h a l, J.: Die Nadelgehölze. — 3. Aufl., G. Fischer, Stuttgart 1955. X + 337 S., 456 Abb., cena DM 26,80.
- T a y l o r, W. T. — W e b e r, R. J.: General Botany. — D. van Nostrand Company, Inc., Princeton, New Jersey 1956.
- W a g n e r, R. P. — M i t c h e l l, H. K.: Genetics and Metabolism. — John Wiley & Sons, Inc., New York Chapman & Hall, Ltd., London 1955. XII + 444 pp., cena \$ 7,50.
- K o r s m o, E.: Anatomy of Weeds. Anatomical Description of 95 Weed Species with 2050 Original Drawings. — Grøndahl & Sons, Oslo 1954. 413 pp., cena 100 N. Kr.
- B e r g e r, F.: Synonyma-Lexikon der Heil- und Nutzpflanzen. — Oesterreichische Apotheker-Verlags Ges. m. b. H., Wien 1954/1955.
- N i e t h a m m e r, A. — T i e t z, N.: Samen und Früchte des Handels und der Industrie. — Dr W. Junk, Haag 1956. 300 S., 30 Fig., cena ca holl. Gulden 25 (dosud nevyšlo).
- S i r k s, M. J.: General Genetics. — From the fifth Dutch edition translated by Weijer, J. and Weijer-Tolmie, D.-M. Nijhoff, Hague 1956, 628 pp., 5 colour. plates, 238 ill., cena Guilders 35.
- T o m a s e l l i, R.: Introduzione allo studio della fitosociologia. — Industria Poligrafica Lombarda, Milano 1956, 70 fig., 30 tabl., stran 320.
- D a r l i n g t o n, C. D. and W y l i e, A. P.: Chromosome Atlas of Flowering Plants. — George Allen and Unwin Ltd., London 1956, cena 60 s.
- D a r l i n g t o n, C. D.: Chromosome Botany. — George Allen and Unwin Ltd., London 1956, cena 16 s.



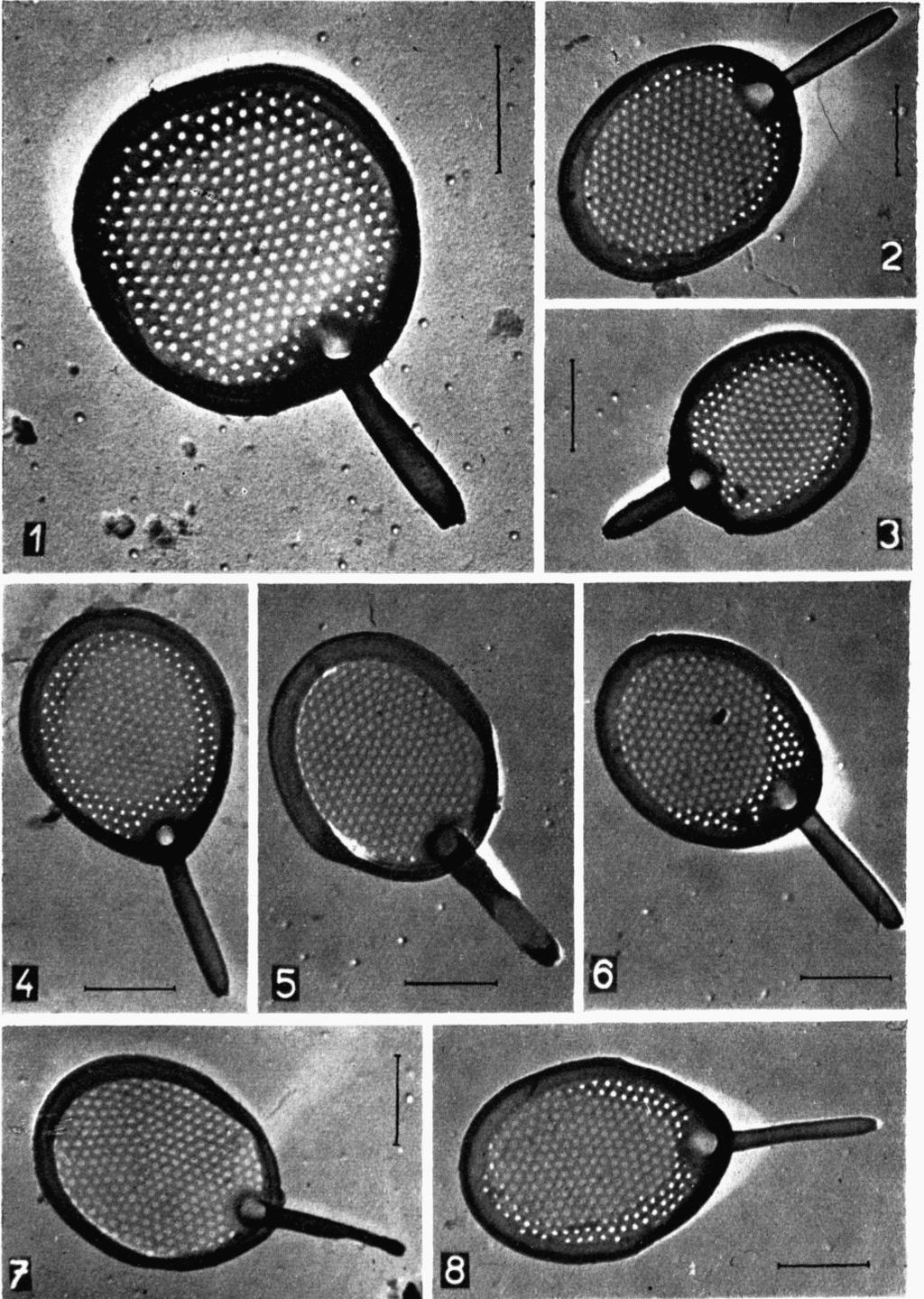
B. Fott — J. Ludvik: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.



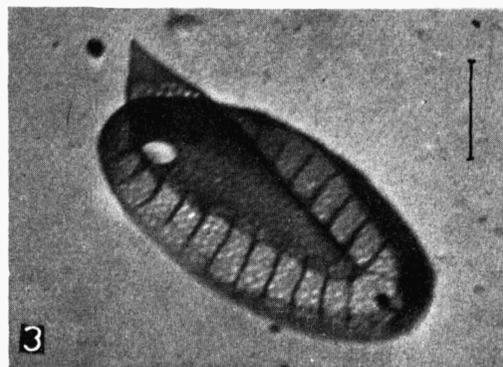
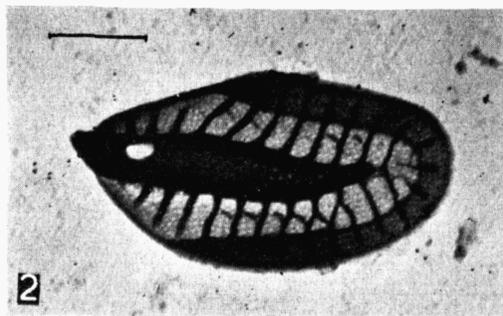
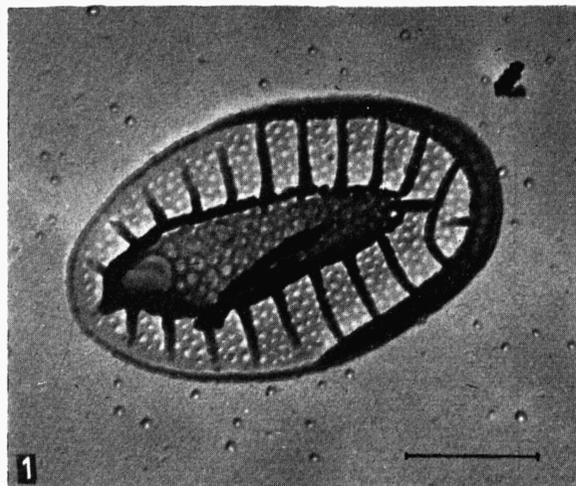
B. Fott — J. Ludvik: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.



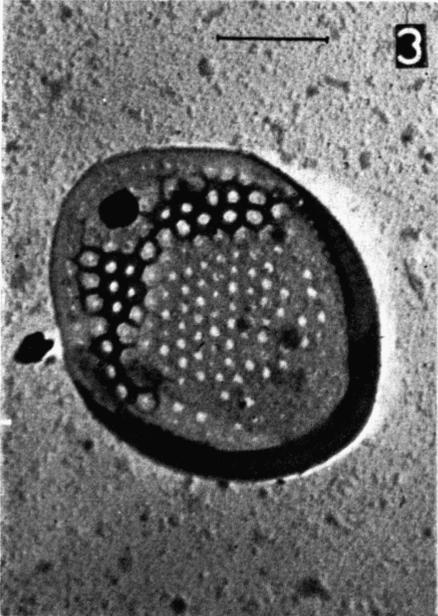
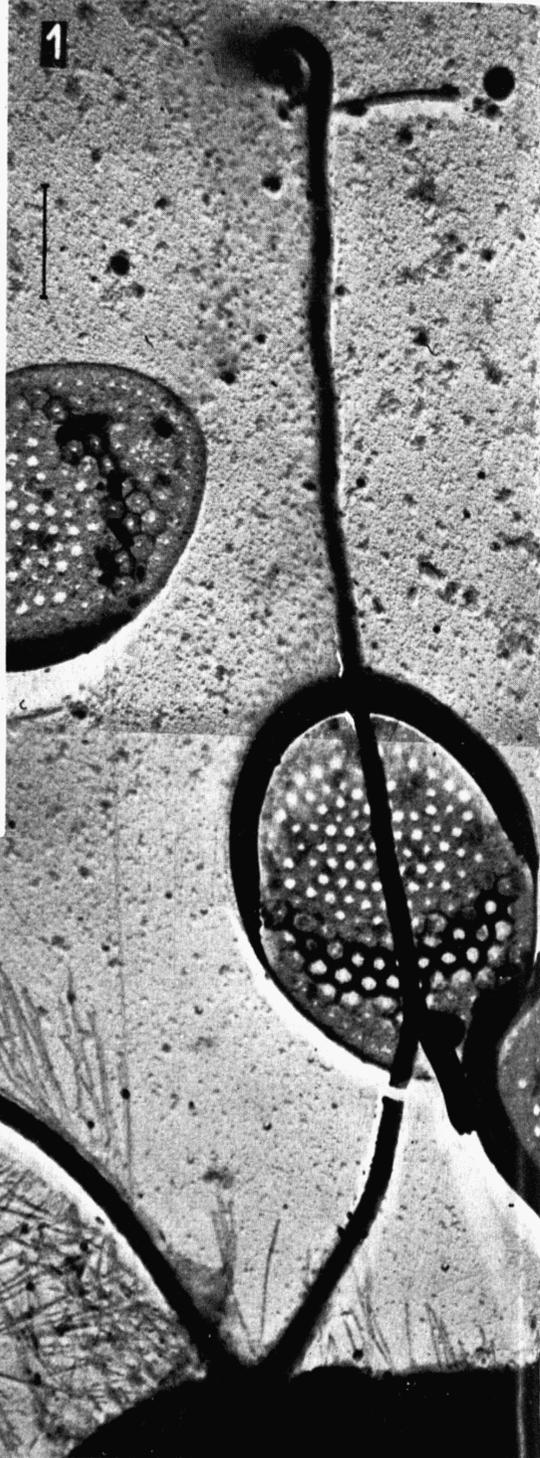
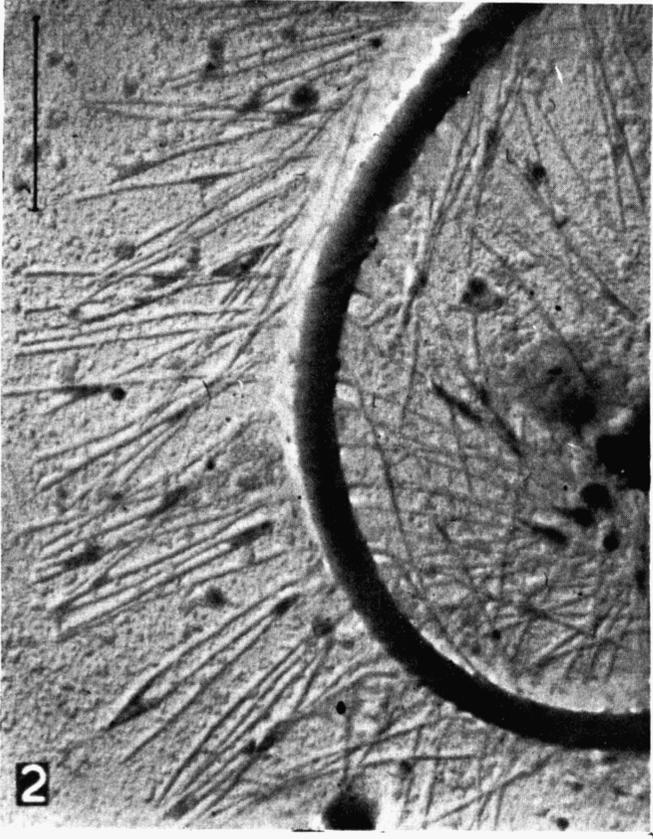
B. Fott — J. Ludvík: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.



B. Fott — J. Ludvík: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.



B. FOTT — J. LUDVIK: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.



B. Fott — J. Ludvik: Die submikroskopische Struktur der Kiesselschuppen bei *Synura* und ihre Bedeutung für die Taxonomie der Gattung.