

Lauterbornia H. 35: 71-80, Dinkelscherben, April 1999

Morphologie und Taxonomie von Fadenalgen im sauren Tagebaurestsee Koschen (Lausitz, Brandenburg)

[Morphology and taxonomy of filamentous algae in the acidic mining lake Koschen (Brandenburg, Germany)]

Wolfgang Jacob und Maria Kapfer

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Schlagwörter: *Bumilleria*, *Zygonium*, *Klebsormidium*, *Heterococcus*, Xanthophyceae, Chlorophyta, Fadenalgen, Algen, Lausitz, Brandenburg, Deutschland, Tagebaurestsee, Restsee, Versauerung, pH-Wert, Floristik

Im Litoral des extrem sauren Tagebaurestsees Koschen (pH 3,0) wurden die dominierenden Fadenalgenarten qualitativ erfaßt und die Fäden und Zellen morphologisch beschrieben. Mit Hilfe von Kulturen konnten verschiedene Sporenstadien dokumentiert werden. Probleme, die bei der taxonomischen Zuordnung einiger Arten auftraten, sind möglicherweise auf die hohe morphologische Variabilität unter diesen extremen abiotischen Bedingungen zurückzuführen. In dem sauren Restsee dominierten in der kälteren Jahreszeit *Bumilleria klebsiana* (Xanthophyceae) und in der wärmeren *Zygonium ericetorum* (Chlorophyceae). Daneben wurden oft *Klebsormidium subtile* (Chlorophyceae) und *Heterococcus spec.* (Xanthophyceae) gefunden. Die Biomasse der Fadenalgen war im untersuchten Litoralbereich gering.

In the littoral of the extremely acidic mining lake Koschen (pH 3.0) the dominant species of filamentous algae were investigated qualitatively. Detailed morphological descriptions of the filaments and the cells are given. Several reproduction and resting cell stages could be documented by batch cultures of the isolated species. The problems of taxonomical classification are stressed in connection with the high morphological variation possible under these extreme abiotic conditions. In the acidic lake *Bumilleria klebsiana* (Xanthophyceae) was the dominant species during the colder period of the year, whereas *Zygonium ericetorum* (Chlorophyceae) was most abundant during the warmer months. Furthermore, the species *Klebsormidium subtile* (Chlorophyceae) and *Heterococcus spec.* (Xanthophyceae) were abundant. The biomass of the filamentous algae found in the investigated littoral area was generally low.

1 Einleitung

Der über ein Jahrhundert lang betriebene Abbau von Braunkohle im Tagebau hinterließ in der Lausitz über 100 offene Gewässer mit einer Wassermenge von etwa 4,5 Mrd. Kubikmeter Wasser (PFLUG 1998). Die als Restseen bezeichneten Gewässer sind z.T mehrere Quadratkilometer groß und bis 40 m tief. Bedingt durch die geologischen Gegebenheiten der Lausitz sind diese Restseen in der Entstehungsphase und oft noch viele Jahre bis Jahrzehnte schwefelsauer, wenn nicht Sanierungsmaßnahmen die Sukzession zu einem normalen Gewässer beschleunigen. In diesen Seen fällt der pH-Wert bis 1,8 (PIETSCH 1979) und liegt in vielen Fällen bei pH 3.

In der Literatur wurden nur wenige Angaben zum Vorkommen von Fadenalgen in sauren Restseen gefunden. In der klassischen Arbeit von OHLE (1936) zum schwefelsauren Tonteich von Reinbeck wird auf das spärliche Vorkommen von *Ulothrix spec.* (det. Untermöhl) hingewiesen. LACKEY (1939) verweist auf das Vorkommen mehrerer *Ulotrichales* und *Zygnemales* in sauren Bergbauwässern hin und findet relativ häufig *Ulothrix zonata*. PIETSCH (1965) beschreibt einen geringen Bodenbewuchs von *Ulothrix spec.*, besonders an verockerten Stellen.

Unsere Untersuchungen betreffen die Fadenalgen in einem sauren Tagebaurestsee in der Lausitz.

2 Untersuchungsgewässer und Methodik

Die Untersuchungen wurden am Südufer des Restsees Koschen bei Senftenberg durchgeführt. Die Entstehung des Sees begann mit der Flutung eines Restlochs Ende der 70er Jahre. Dieser See hat zur Zeit eine Ausdehnung von 520 ha bei rund 30 Mio. Kubikmeter Wasserinhalt, seine maximale Tiefe beträgt 25 m. Das Ufer fällt flach ab, es ist sandig oder mit Eisenocker bedeckt. Das Wasser ist klar, der pH-Wert lag zwischen 2,9 und 3,2, es enthält neben anderen mineralischen Bestandteilen viel Calcium und Eisen und einen erheblichen Überschuss an Sulfat, was die saure Reaktion bedingt (Tab.1). Die chemischen Untersuchungen wurden vom Zentralen Analytischen Labor der Brandenburgischen Technischen Universität in Cottbus durchgeführt.

Tab. 1: Physikalische und chemische Meßgrößen des Tagebausees Koschen, Medianwerte 1995-1998

		Median
pH		3
Leitfähigkeit	mS/cm	1,51
Ammonium-N	mg/l	1,52
Nitrat-N	mg/l	0,38
Gesamt-Phosphor	mg/l	0,01
Ges. anorganischer Kohlenstoff	mg/l	0,3
Gelöster organischer Kohlenstoff	mg/l	1,7
Gesamt-Eisen	mg/l	16,4
Natrium	mg/l	31
Kalium	mg/l	8
Magnesium	mg/l	26
Calcium	mg/l	173
Chlorid	mg/l	40
Sulfat	mg/l	679

Die Entnahme der Algen erfolgte mit Hilfe eines Planktonnetzes (40-70 x 40-100 μm) bis zu 3 m vom Ufer entfernt und bis zu 0,8 m tief sowie im Flachwasser des Ufers als Proben mit Sand oder Ocker. Die Proben wurden nach der Erstuntersuchung noch wenigstens 3 Monate aufbewahrt. Ein Verschluss mit Lebensmittelfolie bewährte sich, hierbei konnte der pH-Wert weitgehend konstant gehalten werden. Dies ermöglichte, die Fadenalgen längere Zeit zu beobachten. Bei *Zygononium* gelang so eine Weiterzucht über 4 Jahre.

3 Ergebnisse und Diskussion

Das Ufer des Restsees ist mit *Phragmites australis* und *Juncus*-Arten bewachsen. Der Wasserkörper weist im gesamten Jahresablauf eine geringe Bioproduktion auf, die bestenfalls die eines oligotrophen Gewässers erreicht. Dies gilt auch für die hier untersuchten Fadenalgen. Die in neutralen Seen reichlich Biomasse produzierenden Fadenalgen, z.B. *Spirogyra* oder *Cladophora*, wurden nicht gefunden. Die im Restsee Koschen gefundenen Fadenalgen wurden entweder als kurze Fadenstücke in Netzproben, als treibende Flocken oder als dünne, bodenbedeckende Algenmatten im Flachwasser gefunden. Ockerhaltige Stellen wurden von den Algen oft bevorzugt.

Die von uns gefundenen Fadenalgen sind den *Xanthophyceae* und *Chlorophyceae* zuzuordnen. Gemeinsames Merkmal ist, daß es sich mehrheitlich um Erdalgen handelt, die nur gelegentlich im Wasser vorkommen. Entscheidend für die Wahl dieses Lebensraumes könnte die relativ hohe Calciumkonzentration des Wassers sein.

Die folgende Beschreibung der festgestellten Arten berücksichtigt auch die Dauerformen (Aplanosporen, Zoosporen, Parthenosporen und Akineten) und sonstigen Vermehrungsformen und teilt ergänzende bzw. unterschiedliche Beobachtungen zu den verwendeten Standardwerken (ETTL & al. 1978, Ettl 1995, FOTT 1971).

Gefunden wurden:

Xanthophyceae

- *Bumilleria klebsiana* PASCHER
- *Heterococcus* CHODAT spec.
- Andere trichale *Xanthophyceen*

Chlorophyceae

- *Klebsormidium subtile* (KÜTZING) TRACANNA EX TELL
- *Zygonium ericetorum* KÜTZING
- Andere trichale *Chlorophyta*

Bumilleria klebsiana PASCHER (Abb. 1)

Die Alge wurde in Form von feinfasrigen Strängen oder leichten Matten überwiegend im Flachwasser und mehrfach in der Nähe von Ockerablagerungen gefunden. Sie war die bestimmende Fadenalge der kalten Jahreszeit. In mehreren Fällen konnte diese Alge als Eiseinschluß beobachtet werden. Im Hochsommer und Frühherbst war die Art selten; Netzproben enthielten oft nur wenige kurze Fadenstücke.

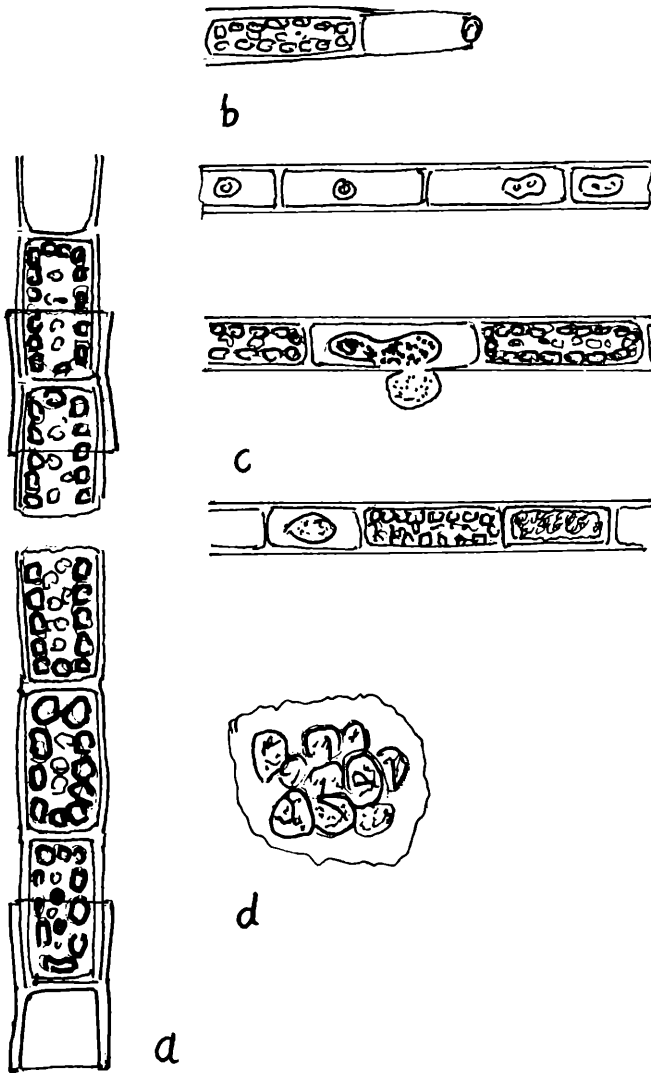


Abb. 1: *Bumilleria klebsiana*. a = vegetative Fäden, b = Faden mit Aplanosporen, c = amoeboide Zoosporen (?) sowie Bildung einer Zoospore und Akinete, d = *Palmella*-Stadium

Die von uns gefundene Alge stimmte bezüglich Zelldurchmesser ($8-10\mu\text{m}$) und Zelllänge ($10-20\mu\text{m}$) sowie Chloroplastenzahl und Fadenanatomie weitgehend mit der oben beschriebenen Alge überein. Sie bildete allerdings lange, recht stabile Fäden, bei jungen schnellwachsenden Fäden wurde nur ein randständiger,

nicht differenzierter Chloroplast beobachtet. Fadenstücke im Sommerplankton enthielten vielfach nur Zellen mit 4 Chloroplasten und dickeren Wänden. Dabei befanden sich manchmal nur zwei Zellen zwischen den Manschetten. Ältere Fäden bildeten Aplanosporen, beginnend mit den Endzellen, die manchmal mehrere Zellen eines Fadens erfaßten. Die Aplanosporen waren rund oder oval, sie besaßen einen verdickten Rand und waren undurchsichtig und dunkel. Die Umrissformen erinnerten an Erythrozyten oder manchmal an Brezeln (Größe 2-4 μm). Die Bildung von Fadenakineten konnte beobachtet werden, sie betraf jeweils meist nur eine Zelle.

An den *Bumilleria*-Fäden befanden sich manchmal gehäuft hellgrüne Zellen, wobei anscheinend eine Plasmaverbindung zu einer Fadenzelle bestand, dabei handelt es sich wahrscheinlich um die Bildung amöboider Zoosporen. Um dies als Zygose zu interpretieren, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Die Bildung von verschleimten Palmellastadien wurde beobachtet.

Nach Ettl (1978) und Ettl & al. (1995) wird *B. klebsiana* als hellgrüne Flöckchen bildende Erd- oder auch Wasseralge beschrieben, deren Fäden sehr brüchig sind, wahrscheinlich kalkliebend und saure Böden vermeidend. Trotz einiger Abweichungen von den Angaben von Ettl interpretieren wir unsere Funde als eine an den hohen Säuregehalt angepasste Form von *Bumilleria klebsiana*.

***Heterococcus* CHODAT spec. (Abb 2)**

Die Alge wurde 1995 zunächst in einem anderen Restsee mit einem pH von 2,7-2,8 gefunden und in einer Rückstellprobe über mehrere Monate weitergezüchtet. Von Frühjahr bis Herbst 1997 und 1998 wurden immer wieder Fadenstücke im Restsee bei Koschen gefunden.

Der Zelldurchmesser betrug 15-35 μm , die Länge 30-200 μm . Die Zellen sind kürzer in der Fadenmitte bzw. vor der Hypnoblastenbildung. Manche Endzellen sind etwas aufgetrieben. Die Zellenden sind rund. Die Zellen besitzen meist viele Chloroplasten. Diese sind rund bis spitz-oval (Größe 7-9 μm), ihre Anordnung ist manchmal Straßenpflaster-ähnlich. An den Zellfäden befinden sich oft kurze birnen- oder zweigförmige Fortsätze, die Zellwand des Astes ist dabei durchgehend. Die Zwischenwände im Faden sind oft schräg. Ältere Zellen bilden verschieden geformte Hypnoblasten mit reichlich Reservestoffen. Neben der Hypnoblastenbildung konnte keine weitere Zelldifferenzierung beobachtet werden. Versuche einer taxonomischen Einordnung nach Ettl (1978, 1995) und Fort (1971) führen zur Gattung *Heterococcus* bei einigen Übereinstimmungen mit *H. vesiculosus*, *H. maximus* und *H. viridis*, die aber u.E. nicht für eine Artzuordnung ausreichen.

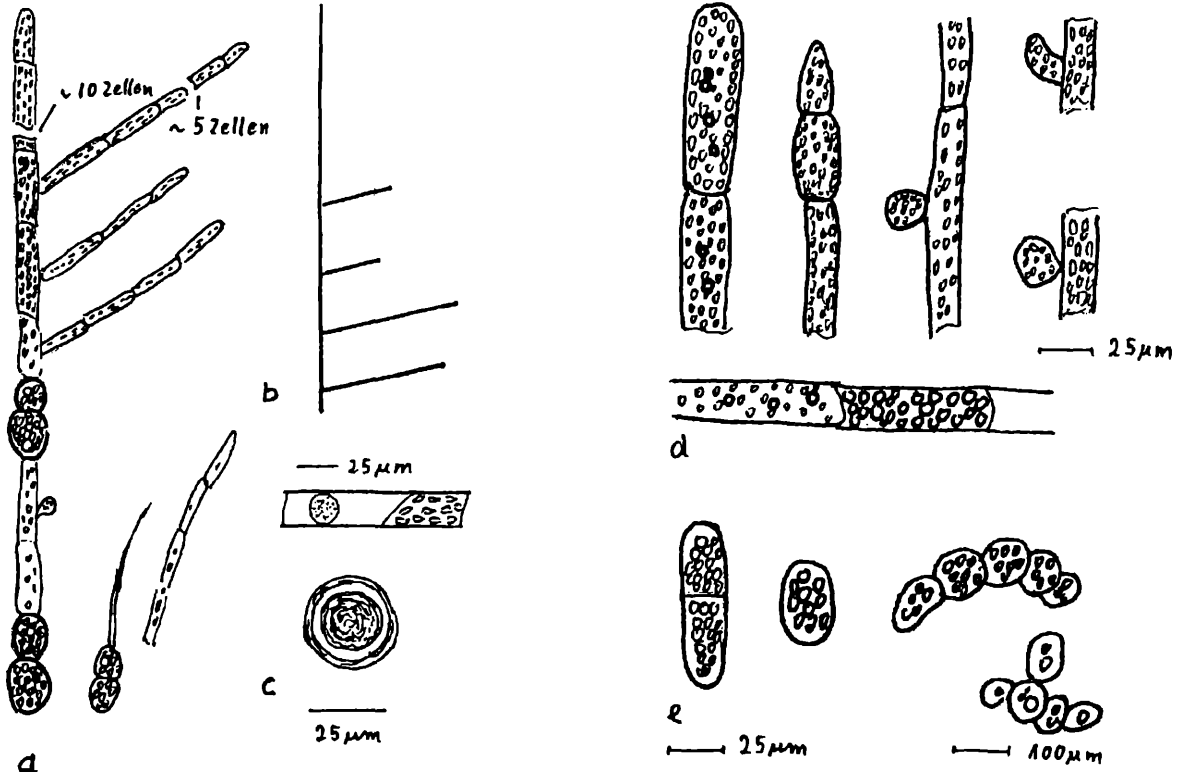


Abb. 2A und 2B: *Heterococcus* spec. a und b = Fadenanatomie, Keimung einer Akinete, c = Hypnoblast und dessen Bildung, d = Zellanatomie, Chloroplasten und Reservestoffe, e = Akineten

Andere trichale Xanthophyceae

In ufernahen Netzproben wurden wiederholt Fadenstücke einer Alge mit tonnenförmigen Zellen im Durchmesser von $> 10 \mu\text{m}$, dicker Zellwand, H-förmigen Zellenden und 4 meist regelmäßig angeordneten Chloroplasten gefunden. Vermutlich handelt es sich hierbei um *Tribonema regulare* PASCHER, die nach Ettl (1978) wiederholt in sauren Gewässern gefunden wurde.

Klebsormidium subtile (KÜTZING) TRACANNA EX TELL (Abb. 3)

Vergesellschaftet mit *Bumilleria* oder *Zygonium* wurden vom Frühjahr bis Herbst immer wieder Fäden gefunden, die nach PRINTZ (1964) und Ettl & al. (1995) *Klebsormidium subtile* zuzuordnen waren; in Rückstellproben zeigten sie starkes Wachstum. Zelldurchmesser 4-6 μm , Länge 12-20 μm . Jede Zelle enthielt einen wandständigen Chloroplasten, meist mit einem Pyrenoiden. Bei jungen Zellen füllte der Chloroplast manchmal die gesamte Länge der Zelle aus, aber er erreichte niemals ganz die Querwand, bei älteren Zellen war er auf die Zellmitte konzentriert. Der Chloroplast ist in der Form länglich, oval bis rund, bei älteren Zellen auch granuliert. Die Fäden sind unverzweigt, sie neigen unter Verschleimung zur Kniebildung.

Die Bildung von Aplanosporen konnte beobachtet werden. Diese sind meist oval oder rund und haben ebenfalls einen gewellten Rand, Durchmesser etwa 2-2,5 μm . An benachbarten Zellwänden konnten mehrfach 4-5 μm große graue Körper beobachtet werden, wobei möglicherweise ein Plasmaaustausch erfolgte. Es wurden auch mehrfach Zellen gefunden, die runde dunkle Sporen (2,5 μm) enthielten, welche einander gegenüberlagen. Es bedarf weiterer Untersuchungen, ob es sich dabei um eine Isogamie handelt.

Zygonium ericetorum KÜTZING (Abb 4)

Vom Frühjahr bis in den Spätherbst hinein wurde diese Alge in ufernahen Netzproben oder auch in Form von hellgrünen bis deutlich pinkfarbenen Flöckchen gefunden. Sie konnte im Fundwasser bei pH 3,2 leicht kultiviert werden, in einer Probe mit Sandboden über vier Jahre, ohne daß zusätzlich Nährstoffe zugesetzt wurden; dabei kam es jeweils im Frühjahr zu Wachstumsschüben. Die Fäden waren meist unverzweigt, das Zellende abgerundet oder zeigte einen Endbecher. Es wurden zwei Fadentypen gefunden:

a) Fäden mit relativ dünnwandigen Zellen, klarem, hellem oder schwach violetter Zellplasma und einem zweiteiligen flachen Chloroplasten, im Chloroplasten jeweils zwei Pyrenoide. Der Chloroplast war flach und befand sich in der Zellmitte. Die Protoplasmafarbe war stark von der Sonneneinstrahlung abhängig (Abb. 4a).

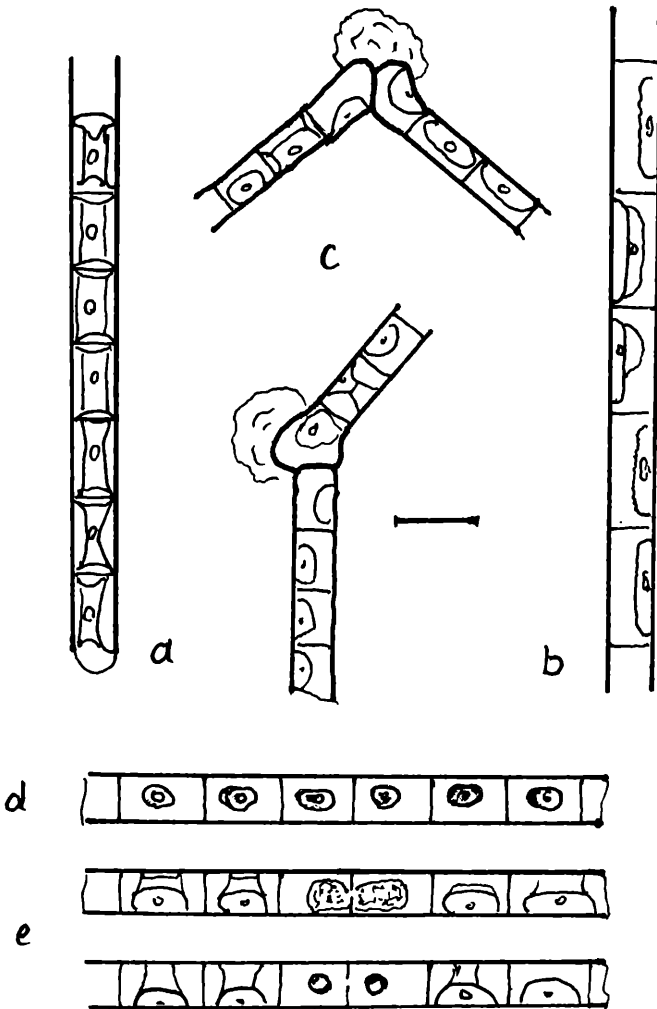


Abb. 3: *Klebsormidium subtile*. a und b = vegetative Fäden, c = Kniebildung unter Verschleimung, d = Fäden mit Aplanosporen, e = Zygose(?)

b) Fäden mit dickwandigen, z.T. geschichteten Zellen, einem schleimigen, granulierten Plasma und polymorphen Chloroplasten, Pyrenoide nur schwer zu erkennen. Häufig Andeutungen von H-Stücken. Nach LYNN & BROCK (1969) handelt es sich wohl um einen inaktiven Fadenzustand.

Bei beiden Fadentypen betrug der Zelldurchmesser 13-20 μm und die Länge 12-45 μm (Abb. 4).

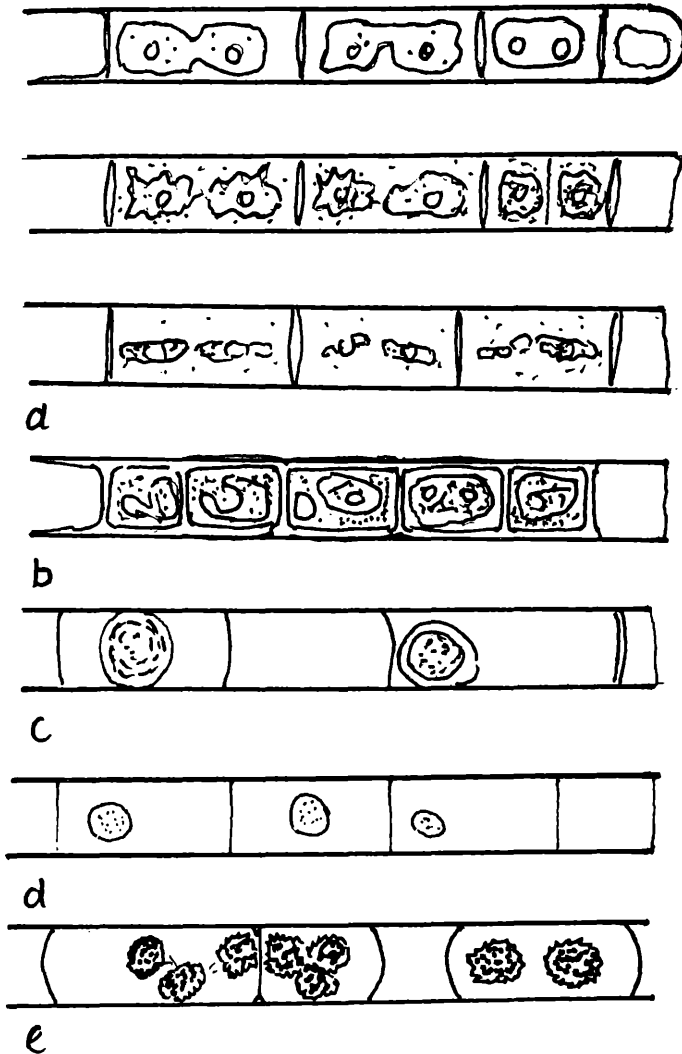


Abb. 4: *Zygonium ericetorum*. a = vegetative Fäden vom Typ a, b = Fäden vom Typ b, c = Hypnoblastenbildung, d = Fäden mit Aplanosporen, e = Bildung von Parthenosporen(?)

Die Fortpflanzung dieser Alge erfolgt neben einer intensiven Zellteilung in Fäden vom Typ a) auf verschiedene Weise und kann hier nur phänomenologisch beschrieben werden. Eine seitliche oder leiterförmige Konjugation konnte in keinem Falle beobachtet werden. Ein Zusatz von 0,1 ml/ 30 ml eines Pflanzennährstoffs (Substral) bewirkte eine reichliche Aplanosporenbildung, wobei in ei-

nigen Fällen terminale Bildungen beobachtet wurden, die als Zygosen gedeutet werden können. Die Aplanosporen sind rund glatt und dunkel gefärbt und hatten Durchmesser von 6- 8 μm . Zellen bildeten sich chlorophyllreiche, intensiv grüne runde Gebilde, deren Entwicklung leider nicht weiter verfolgt werden konnte.

Da *Zygonium ericetorum* nach LYNN & BROCK (1969) ein optimales Wachstum bei pH 3 und einer Temperatur um 25 °C zeigte, sind die Bedingungen bezüglich des pH-Wertes in Koschen optimal, die Temperatur limitiert das Wachstum allerdings.

Andere trichale Chlorophyten

Unter den immer wieder in Netzproben gefundenen Fadenstücken konnten mit einiger Sicherheit *Ulothrix zonata* KÜTZING und *Ulothrix oscillarina* KÜTZING (Zelldurchmesser 6-7 μm , Länge etwa 4 μm) erkannt werden.

Dank

Es sei an dieser Stelle der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH als Eigentümer dieses Restsees für das Entgegenkommen und den Herren Dr. Hindák, Bratislava, Prof. Kies, Hamburg, und Dr. Lokhorst, Leiden, für die Anregungen zur Taxonomie dieser Algen, sowie Frau Prof. Nixdorf (Lehrstuhl Gewässerschutz der BTU Cottbus) für die Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung dieser Arbeit gedankt.

Literatur

- ETTL, H. (1978): Xanthophyceae 1. Teil.- In: Ettl, H., J. Gerloff & H. Heynig (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 3,1, 530 S. (G. Fischer) Stuttgart.
- ETTL, H. & G. Gärtner (1995): Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen, Stuttgart.- 721 S., (G. Fischer) Stuttgart.
- FOTT, B.: Algenkunde.- 2. Auflage, 581 S. (G. Fischer) Jena.
- LACKEY, J. B. (1939): Aquatic life in water polluted by acid mine waste.- Public Health Reports 54: 740-746, Washington.
- LYNN, R. & T. D. Brock (1969): Notes on the Ecology of a Species of *Zygonium* (Kütz.) in Yellowstone National Park.- Journal of Phycology 5: 181-185, New York.
- OHLE, W. (1936): Der schwefelsaure Tonteich bei Reinbeck.- Archiv für Hydrobiologie 30: 604-662, Stuttgart.
- PIETSCH, W. (1965): Erstbesiedlungs-Vegetation eines Tagebau-Sees.- Limnologica 3: 177-222, Berlin.
- PIETSCH, W. (1979): Klassifizierung und Nutzungsmöglichkeiten der Tagebaugewässer des Lausitzer Braunkohlenreviers.- Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 19: 187-215, Berlin.
- PFLUG, W (1998) (Hrsg.): Braunkohlentagebau und Rekultivierung.- 1068 S., (Springer) Berlin.
- PRINTZ, H. (1964): Die Chaetophorales der Binnengewässer.- Hydrobiologia 24: 1-376, Den Haag.

Anschrift der Verfasser: Dipl.-Chem. Wolfgang Jacob, Rembrandtstraße 35, D-01983 Großräschen und Frau Dipl.-Biol. Maria Kapfer, Lehrstuhl Gewässerschutz der Brandenburgischen TU Cottbus, Forschungsstelle Bad Saarow, Seestraße 45, D-15526

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lauterbornia](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [1999_35](#)

Autor(en)/Author(s): Jacob Wolfgang, Kapfer Maria

Artikel/Article: [Morphologie und Taxonomie von Fadenalgen im sauren Tagebaurestsee Koschen \(Lausitz, Brandenburg\). 71-80](#)