

Lauterbornia Heft 29: 1-41, Dinkelscherben, August 1997

Die Bestimmung des Phytoplanktons in Flüssen und Seen

[The identification of the phytoplankton in rivers and lakes]

Erik Mauch

Mit 5 Tabellen

Schlagwörter: Algen, Phytoplankton, Plankton, Bestimmung, Methodik, Bibliographie

Vorstellung der Hauptgruppen des Phytoplanktons mit Hilfen zur Bestimmung; Führer zur Bestimmungsliteratur.

Introduction to the main groups of phytoplankton with aids for identification; a guide to the literature.

1 Einleitung

Der Begriff "Plankton" wurde von HENSEN (1887) für den marinen Bereich geprägt. Die erste allgemeine Darstellung des Süßwasserplanktons stammt von APSTEIN (1896). Unter Plankton wird heute die Gemeinschaft im Freiwasser treibender Organismen verstanden; sie sind im Binnengewässer überwiegend mikroskopisch klein, was die Methodik ihrer Untersuchung bestimmt. Unter praktischen Gesichtspunkten sind unter dem Begriff alle Organismen zusammengefaßt, die sich in einer geschöpften Probe absetzen (Bioseston) oder die sich mittels eines feinen Netzes aus dem Wasser gewinnen lassen. In Flüssen und im Uferbereich der Seen finden sich im Bioseston auch zahlreiche benthische Arten, die durch die Wasserbewegung verdriftet wurden (Tycho plankton); die Zugehörigkeit zum Plankton bzw. Benthos läßt sich nicht bei allen Arten eindeutig festlegen. Wichtige Referenzen zur Lebensform Plankton sind NAUMANN (1931), SCHWOERBEL (1993), LAMPERT & SOMMER (1993) und SOMMER (1994).

Ziel der vorliegenden Bearbeitung ist eine Einführung in die Bestimmung der im Süßwasserplankton vertretenen Algengruppen einschließlich der Blaualgen und sonstiger Bakterien, gedacht zum Selbststudium oder zur Verwendung in Kursen. Die Plankton-Gruppen werden charakterisiert und mit ihren wichtigsten Formen vorgestellt. Auf die Beigabe von Abbildungen wurde verzichtet, sie hätten ohnehin den zitierten Werken entnommen werden müssen; hier wird neben den speziellen Bearbeitungen auf die einführenden, zum Teil farbigen "Bilderbücher" hingewiesen (S. 15ff). Die aktuelle Bestimmungsliteratur für die einzelnen Algengruppen und weitere für den praktischen Gebrauch empfohlene Werke werden angegeben und kurz kommentiert. Die verwendeten großsystematischen

Einheiten folgen HOEK & al. (1993). Vorangestellt sind Hinweise zur Entnahme und zur Untersuchung von Phytoplankton.

Eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Verfahren zur Untersuchung von Phytoplankton findet sich bei BREITIG & TÜMLING (1982) mit Bezug auf die Originalliteratur, insbesondere die Arbeiten von UTERMÖHL (1936, 1958); weiter zu nennen sind SCHWOERBEL (1994), ROTT (1981) und GLENK (1962/63). Die folgenden Ausführungen geben auch die Erfahrungen des Bearbeiters wieder.

2 Entnahme und Konservierung von Phytoplankton

Bei der Untersuchung von Phytoplankton sind die qualitativ und quantitativ befriedigendsten Ergebnisse aus Schöpfproben zu gewinnen. Beim Einsatz von Netzen werden auch mit den geringsten Maschenweiten die kleinsten Plankter nur unvollständig erfaßt. Schöpfproben werden entweder direkt von Hand oder mittels Wasserschöpfer entnommen. Für die Entnahme von Proben aus einer bestimmten Wassertiefe wurden spezielle Geräte entwickelt; verbreitet ist insbesondere der Schöpfer nach Ruttner. Mit dem summierenden Schöpfer nach SCHRÖDER (1969) kann aus einer Wassersäule proportional zu deren Höhe eine Mischprobe entnommen werden. Der Einsatz von Pumpen in Verbindung mit Planktonnetzen zur Förderung von Wasser aus unterschiedlichen Tiefen ist auf die Gewinnung von Zooplankton beschränkt.

Für eine qualitativ gründliche Erfassung ist eine lebende und eine fixierte Probe zu untersuchen sowie die Schöpfprobe durch eine Netzprobe (Maschenweite 20 μm oder weniger) zu ergänzen.

Zur Fixierung empfiehlt UTERMÖHL (1958) Lugol-Lösung, eine wässrige Lösung von Jod und Jodkalium (auch fertig erhältlich) und zur gleichzeitigen Konservierung mit einem Zusatz von Natriumacetat: 100 g Kaliumjodid werden in 200 ml aqua dest. gelöst und dann 50 g doppelt sublimiertes Jod zugegeben. Wenn das Jod gelöst ist, werden noch einmal 500 ml Wasser und 50 g Natriumacetat zugegeben. Das Utermöhlsche Gemisch muß in einer dunklen Flasche aufbewahrt werden. Anstelle von Natriumacetat verwenden einige Bearbeiter wegen der besseren Fixiereigenschaft Essigsäure (läßt Jod entgasen), jedoch werden dadurch Kalkgehäuse (z.B. von *Phacotus*) aufgelöst. 1 l Lugol-Lösung werden 100 ml Eisessig und ad libitum noch 100 ml Ethanol (96 %) zugegeben. Auf 100 ml einer Schöpfprobe kommen nach UTERMÖHL (1958) 3 Tropfen Utermöhlsches Gemisch; dies entspricht 1 ml auf 1 l Probenvolumen. So verfährt auch der Bearbeiter bei Untersuchung 1 bis 2 Tage nach der Probennahme. Nach LENHART (in lit.) muß den Proben für eine ausreichende Konservierung wesentlich mehr Utermöhlsches Gemisch zugesetzt werden: je 100 ml Probenvolumen 2 ml, bei stärker belasteten Seen 3-4 ml. Die so konservierten Proben sind länger haltbar und es können Rückstellproben aufbewahrt werden.

OÖ. LANDESMUSEUM
BIBLIOTHEK

Dno Nr 1656/1999

I 93423/29

Soll das Arteninventar des Phytoplanktons eines Gewässers möglichst vollständig erhoben werden, muß mindestens ein Jahresgang erfaßt werden. Bei Seen sind hierfür wenigstens 6 Probestermine erforderlich, bei Flüssen empfiehlt sich 14tägliche Probenahme.

3 Untersuchung

Die Untersuchung von Phytoplankton im Labor erfolgt am besten nach der von UTERMÖHL (1936, 1958) erarbeiteten und ausführlich dargestellten Methode über Planktonkammern in Verbindung mit einem umgekehrten Mikroskop; UTERMÖHL hat dabei die von KOLKWITZ (1907) entwickelte und so genannte Planktonkammer (Inhalt 1 ml) verbessert; auf seine Anregung geht auch die Konstruktion eines Durchlichtmikroskops mit umgekehrten Strahlengang zurück. LUND & al. (1958) und JAVORNICKY (1958) machten ebenfalls Vorschläge zur Arbeit mit Planktonkammern und dem umgekehrten Mikroskop.

Andere Methoden der Anreicherung sind neben dem Netzfang das Sedimentieren in großen Gefäßen wie unten für das Einengen beschrieben, das Zentrifugieren und die Membranfiltration. Nur letztere ist für quantitatives Arbeiten heute noch, beschränkt auf besondere Fälle, von Bedeutung; nähere Angaben bei GLENK (1962/63) und BREITIG & TÜMLING (1982).

Der Boden einer Planktonkammer nach UTERMÖHL, auf den das Plankton aus dem eingeschlossenen Wasserkörper sedimentiert, besteht aus einer Glasplatte in Deckglas-Dicke, gegen die von unten die Objektive des umgekehrten Mikroskops gerichtet werden; der Kondensor und die Beleuchtung befinden sich oberhalb der Kammer. Günstiger als Kammern mit festem Volumen sind die sogenannten Verbundkammern, auf die Röhren unterschiedlicher Höhe aufgesetzt werden können. Verbreitet sind die auf UTERMÖHL zurück gehenden ZEISS-Kammern mit einem Innen-Durchmesser von 26 mm entsprechend einer Bodenfläche von 530 mm² (Hersteller heute: Fa. Hydrobios, Kiel.). Die in der Verbundkammer verbleibende Wassersäule über dem Kammerboden mit dem Sediment ist etwa 5 mm hoch, mit der Deckscheibe beträgt die gesamte zu mikroskopierende Höhe rund 7 mm und erlaubt so die Verwendung von Kondensoren mit einer Apertur um 0,6 und damit den Einsatz weiterer Beleuchtungsverfahren neben dem Hellfeld, auch bei Objektiven höchster Apertur (Ölimmersion); Näheres hierzu weiter unten. Durch die Kombination von Plattenkammer und Röhre läßt sich die Probenmenge der Planktondichte so anpassen, daß einerseits genügend Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht und andererseits die Übersichtlichkeit des mikroskopischen Bilds gewährleistet bleibt. Mit 50- und 10-ml-Röhren oder ggf der Verbundkammer (etwa 3 ml) allein läßt sich dies erreichen. Bei der 100-ml-Röhre ist das Verhältnis der Höhe der Röhre zur Weite der Kammer ungünstiger als bei den kürzeren Röhren, so daß der Gewinn an Volumen durch schlechteres Absetzen wieder verloren geht; nach KÜMMERLIN & BÜRGI (1989) sollten aus diesem Grund generell 10-ml-Verbundkammern ver-

wendet werden. Die Sedimentations-Zeit beträgt bei 10-ml-Kammern 24 Stunden, bei höheren Kammern zwei Tage. Nach dem Sedimentieren wird die Röhre mit der überstehenden Wassersäule von der Verbundkammer abgeschoben und diese dabei gleichzeitig durch eine Deckscheibe geschlossen. Ist die Dichte der Algen in einer Probe sehr gering, muß diese ggf. angereichert werden. Man läßt die fixierte Gesamtprobe (empfehlenswert 1 oder 2 l) zwei Tage sedimentieren, engt diese dann durch Dekantieren oder Absaugen des Überstands ein und überführt die Restprobe oder einen genau bestimmten Teil davon in eine Verbundkammer, wo sie endgültig sedimentiert. Umgekehrt muß bei extremer Plankton-Dichte in polytrophen Gewässern die Probe unter Umständen verdünnt werden, um ein übersichtliches mikroskopisches Bild zu erhalten. LENHART (in lit.) verwendet bei oligotrophen Seen bis zu einem Chlorophyllgehalt von etwa $10 \mu\text{g/l}$ die 50-ml-Röhre, bei eutrophen Seen die 25- oder die 10-ml-Röhre.

In vielen Fällen ist die Farbe der Zellen ein wichtiges oder wenigstens hilfsweises Kriterium für die Bestimmung. Die Farbe ist jedoch nur an lebendem oder frisch-totem Material gut zu erkennen, wobei die Lugol-Lösung die originale Farbe noch mehr verdirbt als Formol. Hinzu kommt, daß auch konservierte Proben altern; durch Ausfällungen und Auflösung von Strukturen werden für die Bestimmung erforderliche Einzelheiten unkenntlich. Die konservierten Proben sollten daher zur Vermeidung von Artefakten möglichst bald untersucht werden, nach ROTT (1981) innerhalb von zwei Wochen. Ist eine längere Aufbewahrung unvermeidbar, erfolgt sie kühl und dunkel in Braunglasflaschen.

Bewährt hat sich der folgende Untersuchungsgang, wobei man schnell feststellen wird, welche Vorteile die parallele Untersuchung von lebendem und totem Material hat.

Untersuchung einer Kammer mit lebendem Material

ggf. Herausfangen von beweglichen Formen mit feiner Pipette und Einzeluntersuchung auf Objektträger unter Deckglas mit Füßchen wie bei Protozoen üblich

Zugabe von einem Tropfen Formol in die Kammer und Untersuchung der frisch getöteten schnell beweglichen Arten

Untersuchung der fixierten Probe nach einem bis wenigen Tagen; Zählung und Festlegung der Abundanzwerte

Über mögliche Färbemethoden und über die Herstellung von Dauerpräparaten kann man sich in den Einleitungen der jeweiligen Bestimmungswerke orientieren.

Für die Bestimmung der Phytoplankton-Arten ist hochauflösende Optik einschließlich Ölimmersion bei Verwendung von Hellfeldbeleuchtung, Phasenkontrast und Interferenzkontrast erforderlich. Wegen der Dicke der Planktonkammern bei Verbundkammern wie oben beschrieben etwa 7 mm, bei höheren Kammern entsprechend mehr - sind Kondensoren mit größerer Schnittweite und damit zwangsläufig geringerer Apertur notwendig. Es hat sich jedoch in der

Praxis gezeigt, daß bei Verwendung der auf die Verbundkammern abgestimmten Kondensoren mit Apertur 0,63 (ZEISS, Leitz) alle Beleuchtungsverfahren auch in Verbindung mit hochaperturigen Objektiven eingesetzt werden können. Der Verlust an Auflösungsvermögen gegenüber einem Kondensor 1,4 bei Einsatz eines Ölimmersions-Objektivs 1,4 ist dabei schon theoretisch gering, insbesondere wenn dieser wie meist gehandhabt nicht auch immmergiert wird: Rückgang des theoretischen Auflösungsvermögens von 200 (Kondensor und Objektiv immmergiert) bzw. 240 (nur Objektiv immmergiert) auf 270 nm, bezogen auf grünes Licht. Leider werden die Kondensoren 0,63 nicht mehr hergestellt; sie wurden durch solche mit höherer Schnittweite und damit geringerer Apertur ersetzt, wodurch sich die Auflösung bei starken Vergrößerungen weiter vermindert. Werden statt der flachen Verbundkammern höhere Röhrenkammern verwendet, muß mit einem Kondensor noch niedrigerer Apertur (z.B. 0,25) oder ohne Kondensor gearbeitet werden. Damit sind die optischen Möglichkeiten stark begrenzt; es empfiehlt sich daher, grundsätzlich Verbundkammern einzusetzen.

Zur Orientierung über Fragen der Mikroskop-Optik wird auf die Darstellungen von GERLACH (1985) und von GÖKE (1988) verwiesen.

Zunächst wird der gesamte Kammerboden im Hellfeld bei schwacher Vergrößerung (50- bis 100fach) durchgemustert und hierbei die großen und ggf. weniger abundanten Formen registriert. Der Hauptteil der Arten läßt sich dann bei mittlerer Vergrößerung (200- bis 400fach) im Hellfeld bzw. Phasenkontrast identifizieren. In einem dritten Durchgang setzt man zum Auffinden und Bestimmen der kleinsten Arten die Ölimmersion ein. Dabei ist zu beachten, daß die Ermittlung der Abundanz der mittleren und größeren Arten auf der Vergrößerungsebene der Trockenobjektive erfolgen muß, da ja nach Auftragen des Öls auf den Kammerboden nicht mehr zu den Trockenobjektiven gewechselt werden kann. Bei hohen Vergrößerungen wird die optische Information durch Interferenzkontrast sehr erweitert; durch Betätigen des Inko-Schiebers kann beliebig zwischen Hellfeld und mehr oder weniger starkem Kontrast gewechselt werden. Da für den Interferenzkontrast polarisiertes Licht verwendet wird, steht dieses auch im Hellfeld zur Verfügung und erweitert die Möglichkeiten. So leuchten zum Beispiel die verkalkten Schalen von *Phacotus* im polarisierten Licht bei gekreuzten Filtern auf und sind dann leicht erkennbar.

Zur Dokumentation sind beim Vorhandensein entsprechender Einrichtungen Mikrofotos technisch unproblematisch. Wird die Mikroskopbeleuchtung als Lichtquelle benutzt, ist Kunstlichtfilm (z.B. Dia-Film, Kunstlicht 160, von Kodak) ohne Farbfilter (Blau-, Grünfilter) zu verwenden; geblitzt wird auf Tageslichtfilm. Mit den heutigen Systemen sind Videoaufnahmen ein hervorragendes Medium zur Dokumentation. Die Videotechnik ist außerdem eine große Hilfe bei der Bestimmung beweglicher Arten, wo Details immer wieder und im Einzelbild betrachtet werden können, die bei direkter Beobachtung schwer erkennbar sind. Unwiederbringliche Sequenzen lassen sich mit Video festhalten und später in Ruhe auswerten. Nach entsprechender Eichung läßt sich die Größe der

beobachteten Objekte (μm) auf dem Bildschirm mit einem Maßstab (cm) ausmessen.

4 Ermittlung der Abundanz beim Kammer-Verfahren

4.1 Das Zählen

Die Abundanz einer Art als Biomasse kann in einer Phytoplankton-Probe auf direktem Weg bestimmt werden durch Zählung oder Schätzung der Individuenzahl und Multiplikation des Zählwerts mit dem spezifischen Volumen der jeweiligen Art, wobei die Dichte der Planktonorganismen mit rund 1 angesetzt wird. Mit vertretbarem Aufwand läßt sich nur ein Teil des Kammerbodens auszählen. Verwendet werden hierfür verschiedene Okularstrichplatten - geeignet sind auch die Foto-Formatschichtplatten - oder ein Zählstreifenokular (wird nicht mehr hergestellt). Man kann auch ganze Gesichtsfelder betrachten und auszählen. Wird nicht ein bestimmter Teil des Kammerbodens sondern eine Anzahl von Gesichtsfeldern oder von bestimmten Flächen innerhalb der Gesichtsfelder (wie durch die Okularstrichplatte vorgegeben) gezählt, so sind die einzelnen Zählergebnisse zu mitteln, bzw. die Gesamtsumme der gezählten Zellen und Felder wird direkt auf die Fläche des Kammerbodens und das Probenvolumen bezogen.

Die durchschnittliche Anzahl der Zellen je Gesichtsfeld oder je Zählfeld, multipliziert mit der für das verwendete Objektiv ermittelten Anzahl der Gesichtsfelder je Gesamtfläche des Kammerbodens (= Fläche Kammerboden dividiert durch Fläche Gesichtsfeld) ergibt die Zellzahl auf dem Kammerboden und damit - soweit vollständig sedimentiert - die Zellzahl im Kammervolumen. Von diesem wird dann auf die Zellzahl in einem Liter geschlossen. Soweit die Fläche der verwendeten Kammern nicht bekannt ist, muß sie ermittelt werden (ZEISS-Kammer: 530 mm^2). Die Fläche des Gesichtsfelds der Objektive kann Herstellerangaben entnommen werden oder muß mittels eines Objektmikrometers ausgemessen werden.

Beispiel: Berechnung der Zellzahl/l für ein durchgezähltes Taxon

verwendete Kammer: 10 ml; Fläche des Kammerbodens: 530 mm^2

Verwendetes Objektiv: 40 x

Verwendetes Okular: 10 x/18

Gesichtsfelder/Kammerboden bei der gewählten Optik: 4116

Anzahl der ausgezählten Gesichtsfelder: 70

durchschnittliche Zellzahl/Gesichtsfeld nach Auszählung von 70 Feldern: 2,4

Zellzahl in der Kammer = $4116 \cdot 2,4 = 9878$

Zellen/l = $9878 \cdot 1000 \text{ ml} / 10 \text{ ml} = 987\,800$

Es gibt Laboratorien, die mit standardisierten Untersuchungs-Parametern arbeiten: vorgegeben sind Vergrößerung, Probenvolumen, Planktonröhre, Anzahl der gezählten Felder. Dies ermöglicht die Verwendung eines festen Faktors, mit dem die Summe der gezählten Zellen zu multiplizieren ist. Vorteil des Verfah-

rens ist, daß weniger Daten dokumentiert werden müssen und daß fehlerträchtige Überlegungen und Berechnungen im Einzelfall wegfallen.

Voraussetzung für die Hochrechnung der gezählten Teilmenge auf den gesamten Kammerboden bzw. auf 1 l Gewässer-Volumen ist eine gleichmäßige Sedimentation. Diese ist in der Praxis nur bedingt zu erhalten. Es müssen daher die ausgewählten Zählfelder bzw. Gesichtsfelder zufällig über die Gesamtfläche des Kammerbodens verteilt werden. Hierfür werden schon von UTERMÖHL (1958) bestimmte Strategien vorgeschlagen. SANDGREN & ROBINSON (1984) weisen darauf hin, daß die Zufallsverteilung durch "Randeffekte" gestört wird. Schließlich muß die Anzahl der gezählten Felder für eine statistische Sicherung ausreichend sein; 100 Gesichtsfelder bei 530 mm² Bodenfläche bedeuten bei Vergrößerung 100fach 39 %, bei Vergrößerung 1000fach nur noch 0,39 % des Kammerbodens.

Der Schluß von der gezählten Teilmenge auf die Grundgesamtheit bedarf der statistischen Sicherung. Nach LUND & al. (1958) ergibt die Sedimentation der Planktonorganismen auf den Kammerboden eine Poisson-Verteilung, wobei Normalverteilung vorausgesetzt wird, zu deren Prüfung die Autoren Hinweise geben. Die Poisson-Tabelle findet man in Statistik-Büchern, sie gibt für jeden Zählwert (entspricht der Anzahl der insgesamt gezählten Zellen) auf dem gewählten Sicherheitsniveau (üblich sind 95 %) die obere und untere Vertrauensgrenze an. Anstelle der Verwendung der genauen Werte der Poisson-Tabelle schlägt JAVORNICKY (1958) für den praktischen Gebrauch die folgende Formel vor (hier umgeformt wie bei SCHWOERBEL 1994 angegeben). Dabei wird der Abstand beider Vertrauensgrenzen zum Zählwert näherungsweise als gleich angenommen und dann als zweiseitiger Zählfehler in Prozent vom Zählwert (\pm %) angegeben.

$$\text{maximaler Zählfehler} = \pm 2 * 100 / \sqrt{n}$$

n = Anzahl der insgesamt gezählten Zellen

Der Zählfehler beträgt zum Beispiel bei 100 gezählten Zellen rund ± 20 %, bei 200 gezählten Zellen rund ± 14 %. Mit steigender Fallzahl verengt sich die Fehlerbreite, die Genauigkeit wächst dabei mit \sqrt{n} . Dabei ist es einerlei, ob viele Gesichtsfelder mit wenig Zellen oder ob eine geringere Anzahl von Gesichtsfeldern mit entsprechend vielen Zellen gezählt werden. Nach HOBRO & WILLÉN (1977) genügt es, von dominanten Taxa 100 Zellen auszuzählen, nach KÜMMERLIN & al. (1989) sollten es wenigstens 200 Zellen sein; letzterer Aussage schließt sich auch der Bearbeiter an. ROTT (1981) sieht einen Fehler von 10 %, bzw. 20 % bei schwierigen Proben, als Richtwert an.

Auch für den Mittelwert der Zellzahl je Gesichtsfeld läßt sich der Vertrauensbereich (VB) berechnen und zwar in gleicher Weise, wie dies zur Absicherung des Saprobienindex (BUCK 1959) geschieht:

$$VB = \pm s / \sqrt{N} \cdot t \text{ [in \%]}$$

s = Standardabweichung der Zählwerte je Gesichtsfeld

N = Anzahl der Gesichtsfelder

t: wird der Tabelle eines Statistik-Buchs entnommen

Um vergleichbar zu sein, wird VB nicht absolut sondern in Prozent vom Mittelwert angegeben

Voraussetzung für diese Fehlerbetrachtung ist, daß die Zählergebnisse der einzelnen Gesichtsfelder in die Rechnung eingehen. Dies ist nicht möglich, wenn nur die Gesamtsumme der Zellen aus allen gezählten Feldern vorliegt als Ergebnis fortgesetzter Zählung, z.B. mit Zählgeräten.

Der Zählfehler nach LUND bzw. JAVORNICKY geht von einer theoretischen Verteilung aus, der Fehler des Mittelwerts beruht auf der tatsächlichen Streuung der Zellzahl je Gesichtsfeld; die Prüfgrößen sind daher nur gering korreliert.

Die beschriebenen Rechenvorgänge können über eine Tabellenkalkulation gleitend durchgeführt werden. Man weiß dann, wann die gewünschte Sicherheit erreicht ist bzw. der Fehler nur noch langsam abnimmt und die Zählung abgebrochen werden kann. (Dabei muß der t-Wert von $N = 1$ bis zur maximal zu erwartenden Anzahl der Gesichtsfelder in die Tabelle eingetragen werden). Ein Beispiel bietet Tabelle 4.

Bei Zellkolonien, insbesondere wenn noch Teilungsstadien vorliegen (z.B. Autosporen in der Mutterzelle), ist es sinnvoller, anstelle von Einzelzellen die Kolonien zu zählen. Bei fadenförmigen Arten kann die Summe der Fadenlängen und daraus das gesamte Volumen ermittelt werden; einen Vorschlag für eine Rechenformel macht RAMBERG (1988). Kaum zählbar sind amorphe, aus kleinen Zellen bestehende Aggregate wie *Microcystis* oder *Aphanocapsa*; hier liefert eine Schätzung realistischere Aussagen als jede Zählung.

4.2 Die Ermittlung von Biovolumen bzw. Biomasse

Das spezifische Biovolumen der einzelnen Arten wurde zunächst über Modelle aus Holz oder Plastillin als Verdrängungsvolumen oder durch Wägung ermittelt (LOHMANN 1908 und spätere Autoren; vgl. BREITIG & V. TÜMPLING 1982), ROTT (1981) schlug vor, die Gestalt der Zellen des Phytoplanktons auf einfache geometrische Körper zu reduzieren. Wegen der unsicheren Bestimmung des Biovolumens der einzelnen Arten und deren Variabilität hinsichtlich Form und Größe sind die Ergebnisse dieser Verfahren kritisch zu sehen, doch ist dies auch der Fall bei summierenden Kenngrößen wie dem Chlorophyllgehalt. Genau genommen gelten die spezifischen Biovolumina nur für die Situation (Gewässer, Zeitpunkt), für die sie ermittelt wurden. Mangels eigener Werte kann zur Umrechnung der Zellzahl der einzelnen Arten in Biovolumen auf publizierte Listen zurückgegriffen werden. Häufig verwendet werden die von NAUWERCK (1963) mitgeteilten Werte, wiedergegeben auch in BREITIG & TÜMPLING (1982) und teilweise in SCHWOERBEL (1994); eine Liste für den Walensee und den Zürichssee

findet sich bei ZIMMERMANN (1975) Eine sehr umfangreiche Liste neu berechneter Werte auf der Basis vereinfachter geometrischer Körper für die Phytoplankton-Arten des Bodensees haben KÜMMERLIN & BÜRGI (1989) publiziert.

Die physikalische Dichte von Planktern liegt nur wenig über der ihres Umgebungswassers, wobei Kieselalgen etwas schwerer sind (LAMPERT 1994). Im Süßwasser kann daher näherungsweise die Biomasse (frisch) mit dem Biovolumen gleichgesetzt werden: $10^9 \mu\text{m}^3/\text{l} = 1 \mu\text{l}/\text{l} = 1 \text{ mg}/\text{l}$ für $\rho = 1$.

4.3 Die Schätzung der Abundanz

In artenreichen Proben ist das Zählen sehr zeitraubend; hinzu kommen die dem Verfahren innewohnenden Unsicherheiten. Hier bietet sich die Schätzung der Abundanz an, wie sie allgemein bei der Erhebung der Benthos-Biozönosen in Fließgewässern angewandt wird. Das im folgenden beschriebene Verfahren (MAUCH & WITTLING 1994) hat sich im Rahmen der biologischen Gewässeranalyse zum Zweck der ökologischen Gewässerbewertung bewährt.

Geschätzt werden keine Individuenzahlen sondern Größenordnungen der Abundanz nach dem Grundschemata "wenig-mittel-viel". Das heißt, unter Überspringen der Ebene des Zählens wird im Rahmen von Klassen gewichtet, wobei in eine solche Wichtung neben der Anzahl auch die Größe der Objekte mit eingehen muß. Die Schätzstufen werden als Abundanzwert bezeichnet. Allgemein eingeführt hat sich eine siebenstufige ordinale Skala, die auf KNÖPP (1954/55) zurückgeht; sie wird in Tabelle 1 erläutert.

Tab. 1: Schätzung der Abundanz in sieben Stufen

Abundanzwert	verbale Angabe	methodischer Hinweis
1	Einzelfund bis sehr vereinzelt	leicht übersehbar
2	wenig, dünn, spärlich, geringe Dichte, (Abundanz)	kaum übersehbar
3	ziemlich wenig (dünn, spärlich)	nicht übersehbar
4	mittlere Dichte (Abundanz)	leicht feststellbar, ansehnliche Population
5	ziemlich viel (dicht, auffällig, zahlreich)	bedeutende Population
6	viel, dicht, zahlreich	aspektbildend
7	massenhaft	extreme, meist zeitlich begrenzte Entwicklung

Im mikroskopischen Gesichtsfeld mit seiner eindeutigen Begrenzung lassen sich die geschätzten Abundanzklassen mit absoluten Individuenzahlen verbinden. Mit einer einmal festgelegten Beziehung können bei der Untersuchung von Plankton die geschätzten Abundanzwerte in absolute Individuenzahlen je Probenvolumen überführt werden und umgekehrt. Hierbei muß, wie schon erwähnt, die Objektgröße berücksichtigt werden, in der praktischen Arbeit als Größenklasse. Dies

geschieht indem die einzelnen Arten so vergrößert werden (Arbeitsvergrößerung), daß sie im mikroskopischen Bild eine Größe von 0,5 bis 0,8 Okularmikrometer-Einheiten aufweisen. Bei einem Okularmikrometer mit metrischer Teilung entspricht dies einer absoluten Größe von 50-70 μm bei 100facher und 5-7 μm bei 1000facher Vergrößerung. Diese relative Größe reicht zum Erkennen der Formen aus und bietet zugleich ein ausreichend großes Gesichtsfeld. Ausgegangen wird von einem quadratischen oder kreisrunden Idealobjekt, d.h. die Abundanz wird nicht als Volumen sondern zweidimensional - und damit vereinfachend - als Fläche erfaßt; bezogen auf das mikroskopische Gesichtsfeld ist es Flächendeckung. Für längliche Formen kann die Objektgröße ungefähr der Wurzel aus ihrer Fläche (Länge mal Breite) gleichgesetzt werden; die Schätzung der Abundanz sehr unregelmäßiger Formen ist bei niederer wie bei hoher Abundanz meist eindeutig, bei mittleren Graden jedoch erschwert.

In Tabelle 2 sind die Anzahl der Objekte (Zellen, Individuen, Kolonien, Aggregate) je Gesichtsfeld bei Arbeitsvergrößerung (Objektgröße gleich 0,5 bis 0,7 Okularmikrometer-Einheiten) den Abundanzwerten 1 bis 7 zugeordnet. Liegt die Objektzahl je Gesichtsfeld unter 1, so wird diese durch einen Stammbruch ausgedrückt, dessen Nenner anzeigt, auf wie viele Gesichtsfelder ein positiver Nachweis entfällt. Dabei wird vorausgesetzt, daß die zu erfassenden Taxa bereits identifiziert sind, ggf. unter Anwendung stärkerer Vergrößerungen. Der Tabelle zu Grunde gelegt ist ein Gesichtsfeld-Durchmesser von 18 Okularmikrometer-Einheiten, d.h. die relative Objektgröße beträgt 1/35 bis 1/25 des Gesichtsfeld-Durchmessers. Werden kleinere Gesichtsfelder verwendet, sind die Zahlen entsprechend umzurechnen; größere Gesichtsfelder sind zum Zählen und Schätzen ungeeignet. Bei Umrechnung auf andere optische Ausrüstungen ist zu berücksichtigen, daß Vergrößerung, Objektgröße und Gesichtsfeld-Durchmesser mit Flächendeckung, Objektzahl und Gesichtsfelder-Zahl durch quadratische Funktionen verknüpft sind. Die Beziehung zwischen Abundanzwert und Individuenzahl basiert auf einer Exponentialfunktion; hierzu sowie hinsichtlich der Ableitung der Rechengrößen "Flächendeckung" und "Abstand als Objektgröße" vergl. MAUCH & WITTLING 1994.

Tab. 2: Zuordnung der Anzahl der Objekte/Gesichtsfeld zu den Abundanzwerten bei Arbeitsvergrößerung, bezogen auf ein Gesichtsfeld-Durchmesser von 18 Okularmikrometer-Einheiten

Abundanzwert	Objekte/Gesichtsfeld		Flächen- deckung	Abstand als Objektgröße
	Klassengrenzen	Klassenmitte		
1	<1/200			
2	1/200 - 1/18	1/33		
3	1/17 - <1	1/2		
4	1 - 7	4	<1 %	>10 mal
5	8 - 45	27	≥1 %	≤10 mal
6	46 - 200	123	≥6 %	≤4 mal
7	>200	>200	≥25 %	≤2 mal

Falls erforderlich - etwa zum Vergleich mit Literaturwerten - kann eine nachträgliche Umrechnung der Abundanzwerte in Individuenzahlen vorgenommen werden: Anzahl der Gesichtsfelder je Kammer bei Arbeitsvergrößerung multipliziert mit der dem Abundanzwert zugeordneten Objektzahl nach Tabelle 2. Da es sich um Abundanzklassen handelt, erhält man einen oberen und einen unteren Wert, oder man wählt die Klassenmitte und erhält dann nur einen Wert.

Mit dem beschriebenen Verfahren können die Abundanzwerte unterschiedlich großer Arten direkt verglichen werden. Will man die Abundanzwerte mehrerer Arten addieren und die Summe ggf. in einem Histogramm darstellen, sind die folgenden, auf die Klassenmitten nach Tabelle 2 bezogenen Verhältnisse zu berücksichtigen (Tab. 3):

Tab. 3: Verhältnis der Abundanzwerte (AW) untereinander, bezogen auf die Klassenmitten

16,7 * AW 2 = AW 3
8 * AW 3 = AW 4
6,8 * AW 4 = AW 5
4,6 * AW 5 = AW 6
3,5 * AW 6 = AW 7

Sollen die Abundanzwerte verschiedener Proben miteinander verglichen werden, so setzt dies gleiches Kammervolumen voraus oder es muß umgerechnet werden.

Bewährt hat sich eine Kombination von absoluter Zählung und Schätzung des Abundanzwerts. Die dominanten Arten werden gezählt und aus dem Zählergebnis wird ggf. das Biovolumen bzw. die Biomasse der Art in der Probe und dann auf Grund aller gezählten Arten die Gesamtbiomasse errechnet. Für die übrigen Arten in artenreichen Proben die überwiegende Mehrzahl läßt sich der geschätzte Abundanzwert nach dem oben beschriebenen Verfahren ermitteln. Auch HOBRO & WILLÉN (1977) empfehlen, die Zählung auf die Dominanten zu beschränken. Ebenso äußert sich LENHART (in lit.); durch Zählung aller rezedenten Arten wird das Ergebnis der Biomassebestimmung in einer Probe auf Grund der ohnehin gegebenen Fehlerbreite kaum oder gar nicht beeinflusst, so daß sich dies auch unter Kosten-Nutzen-Überlegungen nicht empfiehlt.

Um ein gleichmäßiges Datenformat zu gewährleisten, auch im Hinblick auf eine EDV-technische Bearbeitung, wird für die gezählten Arten auf der Basis der Arbeitsvergrößerung jeweils zusätzlich der Abundanzwert ermittelt. Es ist nach Tabelle 2 der Wert, in dessen Klassengrenzen die errechnete durchschnittliche Objektzahl (Zellzahl) je Gesichtsfeld liegt.

Werden die durchschnittlichen Zellzahlen je Gesichtsfeld (Arbeitsvergrößerung) von mehreren Arten der Größe nach geordnet, erhält man die Rangfolge der Dominanz.

Tabelle 4 gibt ein Beispiel für die Zählung und deren Absicherung sowie die Verbindung von Zählergebnis, Abundanzwert und Dominanzrang.

Tab. 4: Bestimmung der Abundanz von Phytoplankton-Arten; Beispiel für Zählung und Schätzung. Basis: 10-ml-Verbundkammer, Gesichtsfelddurchmesser 18 Okularmikrometer-Einheiten, Bodenfläche der Verbundkammer ~~490~~ ⁵³⁰ mm²; Dominanten 1-5 gezählt, ab 6 geschätzt.

AV = Arbeitsvergrößerung, N = Anzahl der gezählten Gesichtsfelder, GF/K = Gesichtsfelder/Kammer bei AV, Z/GF = Mittelwert der Zellzahl je Gesichtsfeld, Z/I = Zellzahl je Liter ($\text{GF/K} \cdot \text{Z/GF} \cdot 1000\text{ml}/10\text{ ml}$), VB = Vertrauensbereich des Mittelwerts für 95 % Sicherheit in %, A = Abundanzwert, D = Dominanzrang, n = Gesamtzahl der gezählten Zellen ($\text{Z/GF} \cdot \text{N}$), L/J = Zählfehler nach LUND/JAVORNICKY in %

Art	AV	N	GF/K	Z/GF	Z/I	VB	A	D	n	L/J
Art 1	400	100	4116	7,55	3.107.580	18,3	5	2	755	7,3
Art 2	250	60	1653	4,68	773.604	18,8	4	3	281	11,9
Art 3	630	60	9.641	2,15	2.072.815	19,5	4	4	129	17,6
Art 4	1000	50	25.722	22,18	57.051.396	12,0	5	1	1109	6,0
Art 5	1000	70	25.722	1,34	3.446.748	18,0	4	5	94	20,6
Art 6	400	nicht gezählt					4	6		

5 Die Bestimmung der Planktonalgen

Schwierigkeiten in der praktischen Bestimmungsarbeit treten dann auf, wenn sich die Schlüssel auf für primär angesehene Merkmale stützen, die unter den gegebenen Untersuchungsbedingungen schlecht oder gar nicht erkennbar sind, z.B. selten zu beobachtende Vermehrungsstadien oder bestimmte Mikrostrukturen; dies gilt vor allem für die Unterscheidung der höheren Taxa. Die Enge und Starrheit der dichotomen Schlüssel läßt sich durch eine ganzheitlichere Erfassung überwinden. Eine besondere Rolle spielen hier Abbildungen, synoptische Bilderschlüssel, ferner Übersichten in Tabellenform, aber auch die Verwendung schlecht beschreibbarer Hilfskriterien wie Gestalt, Farbe, Bewegung und schließlich Größe, Vergesellschaftung und Standort.

Der Anfänger muß sich auf induktivem Weg über das Kennenlernen charakteristischer Vertreter eine Vorstellung von den Großgruppen und den höheren Taxa innerhalb der Großgruppen verschaffen, auf deren Ebene dann die eigentlichen Bestimmungswerke ansetzen. Auch für den ausgebildeten aber nicht spezialisierten Biologen ist es legitim, dabei einführende Werke und "Bilderbücher" zu verwenden, die sich an einen breiteren Benutzerkreis wenden. Genannt werden hier SANDHALL & BERGGREN (1985), STREBLE & KRAUTER (1973ff) und CANTER-LUND & LUND (1995). Aber auch der Erfahrene wird immer wieder mit Formen konfrontiert, deren Zuordnung ihm Schwierigkeiten macht. Hier helfen Gesamtdarstellungen wie FOTT (1971) und BOURRELLY (1972 ff), vor allem aber die unübertroffenen Tafelwerke von SKUJA (1926/28, 1948, 1956, 1964) sowie ergänzend Fundmeldungen mit Beschreibungen und Abbildungen wie beispiels-

weise die Arbeiten von HEYNIG (1997 und früher) und von KRIENITZ (1990, 1992 und früher). Ebenfalls von allgemeinem Nutzen ist die zusammenfassende Darstellung des Phytoplanktons im Bodensee durch KÜMMERLIN & BÜRGI (1989) sowie der Leitfaden von DEISINGER (1984). Eigens gewidmet der Bestimmung der makroskopischen Algen aus allen Gruppen (vorwiegend dem Benthos zugehörig) ist GAMS (1969). Eine synoptische Übersicht über die im Phytoplankton vertretenen Großgruppen und ihre Kennzeichen gibt Tabelle 5.

In der Praxis ist die Bestimmung bei vielen Algen-Gruppen oft eine Art Näherungsverfahren über Abbildungen, über dem Untersucher bereits bekannte ähnliche oder vielleicht auszuschließende Arten, über den Standort, über publizierte Fundmeldungen und Artenlisten sowie über weitere Kriterien. Eine so eingengegte Gruppe von Arten wird im Bestimmungsschlüssel aufgesucht und weiter eingegrenzt. Gattungs- und Artenschlüssel sind dabei oft besser nachvollziehbar als die Schlüssel für höhere Taxa. Es folgt der Vergleich der Einzelbeschreibungen mit nochmaligem Rückgriff auf die Abbildungen und schließlich die endgültige Entscheidung auf der Basis von Differentialdiagnosen; letztlich müssen Beschreibung und Abbildung "passen". Bei der Bestimmungsliteratur muß man voraussetzen, daß sie die Originalbeschreibungen berücksichtigt, im günstigsten Fall sogar wiedergibt, deren unmittelbare Benutzung in der Praxis höchstens in Einzelfällen möglich ist. Ergänzende Beschreibungen, Abbildungen und Beobachtungen späterer Untersucher können eine zusätzliche Hilfe sein. Allerdings wird auch bei großer Sorgfalt und Ausdauer sowie guten Beobachtungsmöglichkeiten nicht jede Phytoplankton-Bestimmung zu einem konkreten Ergebnis führen; praktisch in allen Proben kann man auf unsichere oder auf unbeschriebene Arten stoßen. Man muß akzeptieren, daß einzeln oder sporadisch in einer Probe auftretende Arten oft nicht bestimmbar sind, erst recht dann, wenn Präparationen erforderlich sind, die aus technischen Gründen eine Mindestmenge an Material erfordern. Hier hilft im günstigsten Fall bei entsprechender Erfahrung ein subjektives Erkennen z. B. auf Grund von Habitus, Farbe oder Bewegung. Wichtig ist es, das persönliche Inventar unterschiedener Taxa immer wieder mit den Daten anderer Untersucher abzugleichen, durch Studium der einschlägigen Publikationen, in Kursen und workshops, vor allem aber durch kollegialen Erfahrungsaustausch ("hast du das schon einmal gesehen?" "wie nennst du diese Form?").

Für die Bestimmungsarbeit erforderlich ist eine gewisse Gesamtsicht, d.h. beim Phytoplankton ein allgemeiner phykologischer Hintergrund über die unverzichtbaren Einleitungen zu den Bestimmungswerken hinaus. Ein aktuelles Lehrbuch der speziellen Algenkunde mit Schwerpunkt bei der Großsystematik ist HOEK & al. (1993). Auf der klassischen Algen-Systematik von PASCHER (1914, 1931) fußt FOTT (1971). Als allgemeine Algologie mit Schwerpunkt bei der Morphologie und Biologie ist Ettl (1980) zu nennen.

	Cyano- phyta	Eugleno- phyta	Volvocales	Chlorococ- cales	Ulotracha- les	Tetraspo- rales	Zygnema- tales	Desmidia- les	Xantho- phyceae	Chryso- phyceae	Bacillario- phyceae	Dinophyta	Cryptophy- ta
Zellkern	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vakuole pulsierend	○	●	●	○	○	○	○	○	○(●)	●	○	Pusulen	●
Stigma	○	●	●(○)	○	○	●	○	○	○(●)	●○	○	○(●)	○(●)
Chloroplasten	○	z	1/(m)	1/z	1	1	1/(m)	1/z	2/(m)	1/2	2	z	1/2
Form der Chloroplasten	○	Scheiben	Becher bis gelappt	Platten bis aufgelöst	Gürtel, Becher	Becher	Stern, Band Platten	Stern kompliziert	Scheiben	Platten	Platten	Scheiben	Platten
Farbe der Chloroplasten	blau, grün, oliv, rötl.	grasgrün (rot)	grasgrün (rot)	grasgrün	grasgrün	grasgrün	grasgrün	grasgrün	gelbgrün	gelbbraun braun	goldbraun	braun, (gelb rot, blau)	oliv, (rot, blau)
Hauptpigmente	Chi a	Chl a, b	Chi a, b	Chl a, b	Chl a, b	Chl a, b	Chl a, b	Chl a, b	Chl a, c	Chl a, c, Fu	Chl a, c, Fu	Chl a, c	Chl a, c
farblose Formen	(●)	●	●	(●)	○	○	○	○	○	●	○	(●)	●
Pyrenoid	○	●○	●	●○	○	●	●	●	●	(●)	●	●	●
Reservestoffe	Cyanoph.- Stärke	Paramylum	Stärke, Öl	Stärke, Öl	Stärke	Stärke, Öl	Stärke	Stärke	Chrysolaminaran	Chrysolaminaran	Chrysolaminaran	Stärke	Stärke
Stärke-Reaktion	○	○	●		●	●	●	●	○	○	○	(●)	●
Geißel, vegetativer Zustand	○	1/2/(4)	2/(4/8)	○	○	(2)	○	○	(1/2)	1/2	○	2	2
Insertion der Geißel	○	apical Ampulle	apical	○	○	apical	○	○	apical	apical	○	Kreuzung Furchen	subapical
Geißel, Art	○	dick, oft steif	dünn isokont	○	○	isok., kaum beweglich	○	○	(hetero-kont)	heterokont	○	1 Längs-, 1 Quergeißel	heterokont steif
Zoosporen	○	○	●○	●○	●	●○	○	○	(●)	○	(●)	○	○
Zellwand	glatt	derb gestreift	glatt bis derb	meist glatt	z.T. verdickt	glatt	glatt	derb, oft skulpturiert	(2-teilig) (skulptur.)	z.T. Kiesel-schuppen	2-teilig	glatt/polyg. Platten	steifer Periplast
Gehäuse	○	○●	○(●)	○	○	○	○	○	○	●○	○	○	○
monadal	○	●	●	○	○	●	○	○	(●)	●	○	●	●
kokkal	●	○	○	●	○	●	●	○	●	(●)	●	○	○
rhizopodial	○	○	○	○	○	○	○	○	(●)	(●)	○	○	○
kapsal	●	(●)	○	●	○	●	○	○	(●)	(●)	○	○	○
kolonial	●	○	●	●	○	●○	○(●)	○	○(●)	○●	○●	○	○
trichal/siphonal	●	○	○	○	●	○	○(●)	○●	○●	○(●)	○	○	○
Metabolie	○	●○	○(●)	○	○	○	○	○	○(●)	○(●)	○	○	○
beweglich	○●	●(○)	●	○	○	○(●)	○	gering	○(●)	●(○)	○●	●	●

Tab. 5: Übersicht über die Merkmale der Hauptgruppen des Phytoplanktons nach verschiedenen Autoren. ● = ja, ○ = nein, / = oder, (...) = wenige Arten, m = mehrere, z = zahlreiche, Chi = Chlorophyll, Fu = Fucoxanthin

Literatur zu Abschnitt 1-5

APSTEIN, C. (1896): Das Süßwasserplankton. Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung.- 206 S., (Lipsius & Tischer) Kiel.

Der Autor überträgt Begriff und Methodik der von HENSEN entwickelten qualitativen und quantitativen Erfassung des Meeresplanktons auf das Süßwasser; zitiert nach STELEMAN, A. (1989): Geschichte der Limnologie und ihrer Grundlagen.- 441 S., (Haag & Herrchen) Frankfurt a.M.

BOURRELLY, P (1972): Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I: Les Algues Vertes.-Réimpr. rev. augm., 572 S., (Boubée) Paris.

BOURRELLY, P (1981): Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome II: Les Algues jaunes et brunes. Chrysophyceés, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomeés.- Réimpr. rev. augm., 517 S., (Boubée) Paris.

BOURRELLY, P (1985): Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Les Euglénies, Peridiniés et Cryptomonadines.- Réimpr. rev. augm., 606 S., (Boubée) Paris.

BOURRELLY, P (1988): Compléments. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I: Les Algues Vertes.- 182 S., (Boubée) Paris.

Sehr ausführliche und reich bebilderte spezielle Algologie mit Besprechung aller Gattungen unter Bezug auf die Originalliteratur sowie mit Bestimmungsschlüsseln bis zur Gattung.

BREITIG, G. & W. V. TÜMLING (1982): Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung Band II. Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden.- 579 S., (G. Fischer) Jena.

Bisher ausführlichste Darstellung der Methoden der biologischen Gewässeranalyse, ausgerichtet auf die Bewertung der Gewässergüte und des allgemeinen biozönotischen Zustands der Gewässer unter wasserwirtschaftlichem Gesichtspunkt.

BUCK, H. (1959): Biologische Güteuntersuchungen der Fließgewässer Nordwürttembergs.- In: REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART: Biologische Flußüberwachung. Ergebnisse 1953-1958. Land: Baden-Württemberg. Regierungsbezirk: Nordwürttemberg. zahlr. Abb. u. Tab.- 136 S., (Selbstverlag) Stuttgart.

Auswertung auf der Basis des von PANTLE & BUCK (1955) entwickelten Saprobienindex; neu ist die statistische Absicherung auf Grund des Fehlers des Mittelwerts.

CANTER-LUND, H. & J. W. G. LUND (1995): Freshwater algae, their microscopic world explored.- XV, 360 S., (Biopress) Bristol.

Einführung in die Algenwelt der Binnengewässer als großformatige Bildfolge von 640 Fotos mit informativem Begleittext. Die wichtigsten Gattungen werden vorgestellt; ein eigener Abschnitt über Algen-parasitische Pilze ist hervorzuheben.

DEISINGER, G. (1984): Leitfaden zur Bestimmung der planktischen Algen der Kärntner Seen und ihrer Biomasse.- Kärntner Institut für Seenforschung, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt (Zitiert auf Hinweis von Dr. Kümmerlin)

ETTL, H. (1980): Grundriß der allgemeinen Algologie.-549 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Der Schwerpunkt liegt bei der allgemeinen Morphologie und Biologie; der spezielle Teil ist knapp gehalten.

ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (Hrsg.) (1978 ff): Süßwasserflora von Mitteleuropa.- bisher 13 Bände, (G. Fischer) Stuttgart.

Neubearbeitung der Süßwasserflora von Pascher; aktuelles Bestimmungswerk für das Gebiet. Siehe die Einzelnachweise.

FOTT, B. (1971): Algenkunde.- 2. Aufl., 581 S., (G. Fischer) Jena.

Inhaltsreiches Lehrbuch der speziellen Algenkunde; die Großsystematik folgt PASCHER.

GAMS, H. (1969): Makroskopische Süßwasser- und Luftalgen.- In: GAMS, H. (Hrsg.): Kleine Kryptogamenflora 1a, 63 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Als Ergänzung zu den Spezialwerken hilfreich.

GERLACH, D. (1985): Das Lichtmikroskop. Eine Einführung in Funktion, Handhabung und Spezialverfahren für Mediziner und Biologen.- 2. Aufl., (Thieme) Stuttgart.

Standardwerk; ausgehend von den theoretischen Grundlagen ist es ausgerichtet auf die Praxis von Mediziner und Biologen.

GLENK, H.-O. (1962/1963): Pflanzliches Plankton. Methoden der wissenschaftlichen Planktonuntersuchung I-V.- Mikrokosmos 51: 178-182, 207-211, 268-271, 338-342; 52: 203-206, Stuttgart.

Übersicht über die verschiedenen Methoden der Untersuchung von Phytoplankton.

GÖKE, G. (1988): Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Vom Durchlicht-Hellfeld- bis zum Lasermikroskop.- 336 S., (Kosmos-Franckh) Stuttgart.

Behandelt ausführlich die Grundlagen der Mikroskopie und deren Anwendung auf die unterschiedlichen mikroskopischen Konstruktionen und deren Anwendung einschließlich Fotografie, Fotometrie und Videotechnik.

HENSEN, V. (1887): Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren.- 5. Ber. Komm. wiss. Unters. Meere Kiel 1882-1886, 12.-16. Jahrg.

Hier wird der Begriff "Plankton" geprägt, er war im heutigen Sinn von "Seston" weiter gefaßt; zitiert nach STELEANU, A. (1989): Geschichte der Limnologie und ihrer Grundlagen.- 441 S., (Haag & Herrchen) Frankfurt a.M.

HEYNIG, H. (1997): Beitrag zur Kenntnis des Phytoplanktons in Gewässern des Park Branitz bei Cottbus (Deutschland, Niederlausitz). 2. Mitteilung.- Lauterbornia 26: 3-22, Dinkelscherben.

Über mehr als 30 Jahre hat der Autor Beobachtungen und Beschreibungen mit eigenen Zeichnungen von zahlreichen Arten des Phytoplanktons aus Flüssen und Stehgewässern veröffentlicht, in der Summe ein Fundus für die Bestimmungsarbeit des Planktologen. Im Literaturverzeichnis der genannten Arbeit ist ein Großteil dieser Beiträge nachgewiesen.

HOBRO, R. & E. WILLÉN (1977): Phytoplankton countings. Intercalibration results and recommendations for routine work.- Int. Rev. ges. Hydrobiol. 62: 805-811, Berlin

Ergebnisse vergleichender Zählungen von Phytoplankton und daraus abgeleitete Empfehlungen.

HOEK, C. VAN DEN, H. M. JAHNS & D. G. MANN (1993): Algen.- 3. Aufl., 411 S., (Thieme) Stuttgart.

Modernes Lehrbuch der speziellen Algenkunde auf zellbiologischer und phylogenetischer Grundlage unter besonderer Gewichtung der neuen Erkenntnisse hinsichtlich der Ultrastruktur. Das Werk vermittelt den aktuellen Stand der Großsystematik der Algen über eine Kennzeichnung der Großgruppen in Verbindung mit einer exemplarischen Vorstellung typischer Taxa, verzichtet aber auf eine weitere taxonomische Aufgliederung.

HUBER-PESTALOZZI, G. (Hrsg.) (1938 ff): Das Phytoplankton des Süßwassers.- In: THIENEMANN, A. ELSTER, H.-J. & W. OHLE (Hrsg.): Die Binnengewässer, bisher 16 Teile, (Schweizerbart) Stuttgart.

Groß angelegtes Bestimmungswerk für Phytoplankton und generell für Algen. Für einige Gruppen die letzte Bearbeitung; auch die älteren Teile sind schon wegen ihrer Ausführlichkeit und editorischen Qualität nicht aktuell. Siehe die Einzelnachweise.

JAVORNICKÝ, P. (1958): Die Revision einiger Methoden zum Feststellen der Quantität des Phytoplanktons.- Sci. Papers Inst. Chem. Technol. Prague, Techn. Fuel Water 2: 283-367, Prag. (tschechisch mit deutscher Zsfg.)

Besprechung der Möglichkeiten der quantitativen Erhebung von Phytoplankton mittels Planktonkammer, Zentrifuge und Membranfiltration; Formel zur Berechnung des Zählfehlers.

KNÖPP, H. (1954/55): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Mains.- Wasserwirtschaft 45: 9-15, Stuttgart.

Darstellung der Gewässergüte von Fließgewässern in Form eines "Gütelängsschnitts"; Schätzwerte zur Angabe der Abundanz.

KOLKWITZ, R. (1907): Entnahme und Beobachtungsinstrumente für biologische Wasseruntersuchungen.- Mitt. königl. Versuchs- u. Prüfungsanstalt Wasserversorgung Abwässerbeseitigung 9: 111-144, Berlin.

Ausführliche Beschreibung des vom Autor benutzten Instrumentariums; die Geräte blieben über Jahrzehnte und z.T. bis heute im Gebrauch.

KRIENITZ, L. (1990): Coccale Grünalgen der mittleren Elbe.- Limnologica 21: 165-231, Berlin.

KRIENITZ, L. (1992): Algologische Beobachtungen des Biosphärenreservates "Steckby-Lödderitzer Forst" (Deutschland) II.- Limnologica 22: 51-81, Jena.

Der Autor hat Beobachtungen und Beschreibungen mit eigenen Zeichnungen und Fotos von zahlreichen Arten des Phytoplanktons aus Flüssen und Stehgewässern veröffentlicht mit Schwerpunkt bei den Chlorococcales, die eine wertvolle Ergänzung zu den Bestimmungswerken bilden. Im Literaturverzeichnis der genannten Arbeiten ist ein Großteil dieser Beiträge nachgewiesen.

KÜMMERLIN, R. & H.-R. BÜRGI (1989): Die langjährige Entwicklung des Phytoplanktons im Bodensee (1961-1986).- Ber. Int. Gewässerschutzkomm. 39: 1-172, o.O.

Große Artenliste, Abbildungen der wichtigsten Arten; wertvoll auch wegen der Ausführungen zur Methodik.

LAMPERT, W. & U. SOMMER (1993): Limnoökologie.- 440 S., (Thieme) Stuttgart.

Neuartige Darstellung der Limnologie mit betont theoretischem Ansatz.

LOHMANN, H. (1908): Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehalts des Meeres an Plankton.- Wiss. Meeresunters. Kiel N. F. 10: 131-370, Kiel (zitiert nach BREITIG & V. TÜMLING 1982)

LUND, J. W. G., C. KIPLING & E. D. LE CREN (1958): The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. 4 Abb., 5 Tab., 13 Lit.-Hydrobiologia 11: 143-170, Den Haag.

Beschreibung des Kammer-Verfahrens zur Erfassung von Phytoplankton unter besonderer Berücksichtigung der Zähl-Strategien und deren statistischer Absicherung auf Grund einer angenommenen Poisson-Verteilung.

MAUCH, E., F. KOHMANN & W. SANZIN (1990): Biologische Gewässeranalyse in Bayern - Taxaliste der Gewässerorganismen.- Inf.-Ber. Bayer. Landesamt Wasserwirtschaft 4/90: 1-221, München.

Liste mit rund 5000 Taxa, z. T. mit SaprobienEinstufung, nutzbar auch als nomenklatorische Unterlage. Eine Neuauflage ist in Vorbereitung.

MAUCH, E. & T. WITTLING (1994): Abundanzschätzung bei der biologischen Gewässeranalyse - Möglichkeiten und Grenzen.- Limnologica 24: 147-151, Jena.

Verknüpfung von relativer Schätzung und absoluter Zählung über die genau bestimmte Größe des mikroskopischen Gesichtsfelds.

NAUMANN, E. (1931): Limnologische Terminologie.- In: ABDERHALDEN, E. (Hrsg.): Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden 9,8: 1-776, (Urban & Schwarzenberg) Berlin.

Darstellung der limnologischen Begriffe unter Bezug auf die Originalliteratur in lexikalischer Breite. Wichtige Quelle für die Geschichte der Termini und ggf. deren Bedeutungswandel.

NAUWERCK, A. (1963): Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken.- Symb. Bot. Upsal. 18,5: 1-163, Uppsala.

Behandelt auch die Methodik der quantitativen Erfassung des Planktons; Berechnung der spezifischen Volumina der Plankton-Arten.

PASCHER, A. (Hrsg.) (1914 ff): Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz.- Zahlreiche Teile, Stuttgart.

Klassisches Bestimmungswerk; einige Teile noch einsetzbar.

PASCHER, A. (1914): Über Flagellaten und Algen.- Ber. deutsche Bot. Ges. Berlin 32: 136-160, Berlin.

Entwurf zur Großsystematik der Algen, der viele Jahrzehnte gültig war. Kennzeichnung und Ordnung der in den einzelnen Hauptgruppen wiederkehrenden Organisationsstufen; am Beginn dieser "Algenreihen" stehen jeweils Flagellaten. Zur modernen Großsystematik siehe HOEK & al. (1993).

PASCHER, A. (1931): Systematische Übersicht über die mit Flagellaten im Zusammenhang stehenden Algenreihen und Versuch einer Einreihung dieser Algenstämme in die Stämme des Pflanzenreiches.- Bot. Zentralbl. Beih. 48/II: 317-332, Berlin.

Siehe PASCHER (1914)

PRINGSHEIM, E. G. (1963): Farblose Algen.- XI, 471 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Biologie, Systematik und Phylogenie der apochromatischen Algen.

RAMBERG, L. (1988): A simple method of quantifying filamentous algae in microscope.- Schweiz. Z. Hydrol. 50: 189-192, Basel.

Formel zur Berechnung der Gesmtlänge eines fadenförmigen Taxons in einer Phytoplankton-Probe.

ROTT, E. (1981): Some results from Phytoplankton counting intercalibrations.- Schweiz. Z. Hydrol. **43**: 34-62, Basel.

Besprechung der Ergebnisse von Vergleichszählungen in Planktonkammern; ein Zählfehler von 10-20 % wird als Richtwert angegeben. Vorschlag zur Ermittlung des Standardvolumens der Plankter über idealisierte geometrische Formen.

SANDGREN, C. D. & J. V. ROBINSON (1984): A stratified sampling approach to compensating for non-random sedimentation of phytoplankton cells in inverted microscope settling.- Brit. phycol. J. **19**: 67-72.

Strategien für die Zählung in Planktonkammern unter Berücksichtigung der "Randeffekte"

SANDHALL, A. & H. BERGGREN (1985): Planktonkunde.- 107 S., (Kosmos-Franckh) Stuttgart.

Übersicht mit Farbfotos und kurzen Beschreibungen über die wichtigsten Planktonorganismen, vor allem in Seen; gute Einführung.

SCHRÖDER, R. (1969): Ein summierender Wasserschöpfer.- Arch. Hydrobiol. **66**: 241-243, Stuttgart.

Beschreibung eines Wasserschöpfers zur Entnahme von Mischproben aus einer Wassersäule proportional zu deren Höhe.

SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie.- 7. Aufl., 387 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Bewährtes und weitverbreitetes Lehrbuch, zugleich zuverlässiges Nachschlagewerk, auch hinsichtlich der Terminologie (Glossar).

SCHWOERBEL, J. (1994): Methoden der Hydrobiologie. Süßwasserbiologie.- 4. Aufl., 368 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Standardwerk, ausgerichtet auf die limnologische Forschung und Lehre; erschließt die wichtigste Originalliteratur. Einzige aktuelle Bearbeitung dieser Art.

SKUJA, H. (1926/28): Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland I-IV Acta Horti Bot. Univ. Latviensis **1-3**, Riga. (Nachdruck Koeltz, Königstein).

SKUJA, H. (1948): Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden.- Symb. Bot. Ups. **9**,3: 1-399, Uppsala. (Nachdruck Koeltz, Königstein).

SKUJA, H. (1956): Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer.- Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 4, **16**,3: 1-404, Uppsala. (Nachdruck durch Koeltz, Königstein)

SKUJA, H. (1964): Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland.- Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups. Ser. 4, **18**,3: 1-465, Uppsala. (Nachdruck Koeltz, Königstein).

Ausführliche Besprechung zahlreicher Algenarten mit vielen Neubeschreibungen und z. T. mehrfacher Abbildung in unübertroffener Qualität; unverzichtbar als taxonomische Unterlage.

SOMMER, U. (1994): Planktologie.- XXII, 274 S., (Springer) Berlin.

Vorstellung der Hauptgruppen des Planktons weltweit, Funktionsmorphologie der planktischen Lebensweise, Umweltbeziehungen und Ernährungsformen; Gesetze des Auf- und Abbaus von Plankton-Populationen, pelagische Nahrungsnetze.

STREBLE, H. & D. KRAUTER (1973 ff): Das Leben im Wassertropfen.- 336 S. (Kosmos-Franckh) Stuttgart.

Umfassende Übersicht über die Kleinlebewelt als Einführung für einen breiten Benutzerkreis.

UTERMÖHL, H. (1936): Quantitative Methoden zur Untersuchung des Nannoplanktons. 16 Abb., 69 Lit.- In: ABDERHALDEN, E. (Hrsg.): Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden **9,2**: 1879-1937, (Urban & Schwarzenberg) Berlin.

UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik.- Mitt. int. Ver. Limnol. 9: 1-38, Berlin.

Der Einsatz von Planktonkammern (gehen zurück auf KOLKWITZ 1906) zur quantitativen Erfassung von Phytoplankton wurde durch den Autor wesentlich verbessert und in die heute übliche Form gebracht; dies wird von der Probennahme bis zur Zählung ausführlich beschrieben.

ZIMMERMANN, U. (1975): Die quantitative Bestimmung des Phytoplanktons und anderer Partikel im Oberflächenwasser und die Berechnung der Phytoplankton-Biomasse.- Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke Bodensee-Rhein 7: 138-145.

Kurzbeschreibung der Methodik im Hinblick auf die Wasserversorgung; Liste mit spezifischen Volumina.

6 Besprechung der Großgruppen

Schizomycetes - Bakterien

Einige größere Formen lassen sich mit dem Lichtmikroskop als Gruppe oder Gattung bzw. Art identifizieren. Dies gilt vor allem für Fadenbakterien oder auffällige Kolonien sowie allgemein für die Schwefelbakterien. Die auf morphologische Kennzeichen begründeten Arten der Binnengewässer hat HÄUSLER (1982) auf Grund der Originalliteratur zusammengefaßt und ausführlich dargestellt. Darunter sind auch zweifelhafte Taxa, die sich aber in der Praxis als "nachvollziehbar" erwiesen haben. Es bestehen zum Teil Diskrepanzen zur eigentlichen Bakterien-Taxonomie, wie sie etwa durch Bergey's "Manual of determinative bacteriology" repräsentiert wird; dieses Problem wird hier ausgeklammert.

HÄUSLER (1982) unterscheidet nach praktischen Gesichtspunkten die folgenden Hauptgruppen: Phototrophe (also gefärbte) Bakterien, gleitende, bescheidete und knospende Fäden, Spirochäten, Spirillen, Stäbchen und Kokken, Schwefelbakterien, Eisenbakterien. Für die Bestimmung wichtig sind vor allem Organisation (Einzellzellen, Aggregate, Kolonien, Fäden), Beweglichkeit, Begeißelung, Form der Zelle, Färbung, Größe, Milieu (z.B. Anaerobie).

Häufig, aber größtenteils nicht obligat im Plankton sind:

Kokken, Stäbchen: Einzelzellen oder Kolonien, unbeweglich oder beweglich

Zoogloea: ästige bis massige Kolonien

Spirillen: bewegliche, starre Schraubenbakterien

Fadenbakterien: unbeweglich, unverzweigt

Sphaerotilus: Fadenbakterien, verzweigt

Planktomyces: sternförmige Kolonien mit kugeligen Enden

Vitreoscilla: gleitende, flexible Fäden

Achromatium: große farblose, begeißelte Einzelzellen

Beggiatoa: gleitende, fadenförmige Schwefelbakterien, ähnlich Oscillatoria

Chromatium: große, rote, begeißelte Einzelzellen
Thiothrix: unbewegliche, fadenförmige Schwefelbakterien
Spirochaeta: bewegliche, flexible Schraubenbakterien

Literatur

HÄUSLER, J. (1982): Schizomycetes.- In: ETTL, H., J. GERLOFF & H. HEYNIG (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 20, X, 588 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Umfassendes und einziges Werk zur Identifizierung der Bakterien in Binnengewässern, vorwiegend nach morphologischen, im Lichtmikroskop erkennbaren Merkmalen.

BAVENDAMM, W (1924): Die farblosen und roten Schwefelbakterien.- Pflanzenforschung 2: 1-156, (G. Fischer) Jena.

Grundlegende Bearbeitung; die Ergebnisse werden von Häusler (1982) vollständig wiedergegeben.

Cyanophyta (Cyanobacteria) - Blaualgen

Ohne Kern und ohne Mitochondrien wie die eigentlichen Bakterien. Photosynthesepigment nicht in Chloroplasten sondern gebunden an Thylakoide frei im Plasma. Durch Chlorophyll und akzessorische Pigmente Farbe blaugrün, oliv, gelblich, bräunlich, violett, auch farblose Formen. Kokkale, kapsale und trichale Organisation; oft mit Schleimhüllen; viele koloniebildende Formen. Trichale Arten z. T. mit gleitender Bewegung. Einige planktische Arten mit Gasvakuolen, die das Schweben begünstigen bzw. die Tiefenlage regulieren. Kleinste Arten unter 1 μm (Picoplankton der Meere und Seen). Verschiedene Arten der Blaualgen können Luftstickstoff fixieren. Blaualgenblüten haben oft toxische Wirkung.

Blaualgen kommen mit über 2000 Arten marin, limnisch und terrestrisch in den verschiedensten und z. T. extremen Habitaten vor, von heißen Quellen bis zum Gletschereis; große global-ökologische Bedeutung während der gesamten Erdgeschichte.

Die Taxonomie der Blaualgen stützt sich auf wenige, gering differenzierte Merkmale, daher ist die Artabgrenzung und damit die Bestimmung oft unsicher. Basis für die Bestimmung ist nach wie vor die schon 65 Jahre alte Bearbeitung von GEITLER (1930-1932). Wegen der "schwachen" Merkmale der Blaualgen muß jedes Bestimmungsergebnis durch Vergleich der Artbeschreibung mit denen der Nachbararten überprüft werden; dies ist ohnehin erforderlich, wenn die Schlüssel nur bis zu Artgruppen führen. Eine Übersicht und Bewertung der taxonomischen und nomenklatorischen Änderungen seit Geitler liegt nicht vor; wenn solchen im Einzelfall gefolgt wird, sollte dies der Untersucher kenntlich machen.

Die klassische Systematik der Blaualgen unterscheidet nach den Organisationsstufen drei Großgruppen, die gut erkennbar sind. Genannt werden im folgenden die wichtigsten Gattungen im Plankton.

Chroococcales: einzellig oder koloniebildend; Bestimmungsmerkmale sind Zellgröße, Zellform, Gallerthüllen, Vorhandensein von Gasvakuolen, Form der Kolonien.

Aphanocapsa, Aphanothece, Microcystis: amorphe bis kugelige Kolonien aus kleinen Kokken in einer Gallert-Matrix

Chroococcus: Aggregate aus wenigen, großen Zellen

Coelosphaerium, Gomphosphaeria: Kolonien aus größeren Einzelzellen in Gallerte, meist kugelig

Merismopedia: tafelförmige Kolonien

Synechococcus und ähnliche Gattungen: Picoplankton

Chamaesiphonales: nicht im Plankton

Hormogonales: bilden Fäden (Trichome), die bei den Planktonformen immer unverzweigt sind; wichtig für die Bestimmung sind vor allem Form und Breite des Trichoms und Länge der Zellen darin, weiter Zellform, Vorhandensein von Heterocysten (abweichend gestaltete, oft rundliche Zellen der trichalen Blaualgen; Orte der Stickstofffixierung) und von Dauerzellen (größere, meist längliche Zellen der trichalen Arten) sowie die Farbe der Zellen.

Anabaena: perlschnurartige Kolonien, mit Heterocysten

Aphanizomenon: zu Bündeln vereinigte Trichome, mit Heterocysten

Lyngbya, Oscillatoria: freie unverzweigte Fäden, z. T. mit gleitender Bewegung; ohne Heterocysten

Nostoc: Trichome bilden Kolonien in Gallerthüllen

Pseudanabaena: bewegliche Trichome mit voneinander abgesetzten Zellen

Literatur

HUBER-PESTALOZZI, G. (1938): Das Phytoplankton des Süßwassers. 1. Teil. Allgemeiner Teil, Blaualgen, Bakterien, Pilze.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer **16,1**, 342 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Folgt z.T. wörtlich GEITLER (1930/32) mit Ergänzung planktologischer Angaben; durch Beschränkung auf die planktischen Arten für die Untersuchung von Planktonproben besser einsetzbar als die umfassenden Bearbeitungen von GEITLER.

GEITLER, L. (1925): Cyanophyceae.- In: PASCHER, A. (Hrsg.): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz Heft **12**, VIII, 481 S., (G. Fischer) Jena.

Behandelt die limnischen und terrestrischen Blaualgen im Gebiet.

GEITLER, L. (1930-1932): Cyanophyceae.- In: RABENHORST, L. (Hrsg.): Kryptogamen-Flora **14**, VI, 1196 S., Leipzig (Nachdruck Koeltz, Königstein).

Bisher umfassendste Gesamtdarstellung mit engem Bezug zur Originalliteratur. Auch heute noch Basis für eine gründliche Beschäftigung mit Blaualgen.

KOMÁREK, J. & H. Ettl (1958): Taxonomische Revision der planktischen Blaualgen der Tschechoslowakei.- Algologische Studien: 5-206, (Tschechoslow. Akad. Wiss.) Prag.

Wichtige Ergänzung der Bearbeitungen von Geitler hinsichtlich der Planktonformen; *Oscillatoria* nur unzureichend behandelt.

Mycophyta - Pilze

Im Flußplankton Sporen von *Fusarium*, Konidien der **Hyphomycetes** und verschiedene **Pilzfäden**, letztere erkennbar an ihren oft rechtwinkligen Verzweigungen. Viele Algen werden durch Pilze parasitiert. Ausführlich dargestellte Beispiele hierfür finden sich bei CANTER-LUND & LUND (1995).

Literatur

CANTER-LUND, H. & J. W. G. LUND (1995): Freshwater algae, their microscopic world explored.- 360 S., (Biopress) Bristol.

Einführung in die Algenwelt der Binnengewässer als großformatige Bildfolge von 640 Fotos mit informativem Begleittext. Die wichtigsten Gattungen werden vorgestellt; ein eigener Abschnitt über Algen-parasitische Pilze ist hervorzuheben.

INGOLD, C. T. (1975): Guide to aquatic Hyphomycetes.- Freshwater Biol. Ass. Sci Publ. **30**, 91 S., Ambleside.

Bestimmung auf Grund der verdrifteten Konidien. Der eigentliche Pilzkörper lebt im untergetauchten Fallaub.

Protista - Einzeller: Algen

Für die klassische Algensystematik spielen die Organisationsstufen eine große Rolle; sie gehen zurück auf PASCHER (1914, 1931 - Zitat S. 18) und spätere Autoren. Wegen ihrer leichten Erkennbarkeit sind sie unabhängig von neuen Entwürfen der Systematik eine gute Hilfe bei der Bestimmungsarbeit; sie werden deshalb hier kurz erklärt:

monadal: Flagellaten mit Geißeln, Vakuolen, Augenfleck, nackt oder behäutet

kokkal: Zellen unbeweglich, behäutet, einzellig bis kolonial

kapsal: Zellen in Gallerte eingeschlossen

rhizopodial: Zellen mit Pseudopodien, phagotroph

trichal: Zellen einfache oder verzweigte Fäden

thallös, sarcinoid: Zellen flächige oder paketförmige Aggregate

siphonal: Zellen mehrkernig, röhrig

siphonocladal: Zellen mehrkernig, fädig

palmelloid: Stadium mit gallertumhüllten Einzelzellen oder Zellaggregaten

Zysten: durch Einkapselung des Protoplasten entstandene Dauerstadien

Akineten: meist kugelige Dauerzellen

Zoosporen: monadale, vegetative Fortpflanzungsstadien

Autosporen: unbewegliche, vegetative, Fortpflanzungsstadien, die durch Zerlegen des Protoplasten innerhalb der Mutterzelle entstehen und durch Verschleimen oder Zerreißen der Mutterzellwand frei werden.

Aplanosporen: Endogen entstandene Vermehrungszellen, die nicht wie die Autosporen den Mutterzellen ähneln.

Rhodophyta - Rotalgen

Audouinella: Bruchstücke oft im Flußplankton

Heterokontophyta: Chrysophyceae - Goldalgen

Die Mehrzahl der Arten ist monadal mit 1 oder 2 Geißeln, meist einzeln aber auch koloniebildend; einige Arten mit anderer Organisation. Zellen meist klein. 1-2 kontraktile Vakuolen und oft ein Augenfleck. Die 1-2 Chloroplasten enthalten Chlorophyll a und c, das in Verbindung mit Fucoxanthin die goldbraune Farbe ergibt. Zahlreiche Arten sind farblos. Entsprechend unterschiedlich ist die Ernährung: autotroph, saprophytisch, phagotroph. Mehrere Gattungen mit Kiesel säureschuppen auf der Zelloberfläche. Es können verkieselte Zysten mit charakteristischem "Stöpsel" gebildet werden. Vermehrung durch Zweiteilung oder Zoosporen mit zwischengeschalteten sexuellen Phasen.

Die 1000 Arten aus 200 Gattungen kommen vorwiegend im Süßwasser vor; sie bevorzugen oligo- bis mesotrophe Seen. Die Systematik innerhalb der Klasse ist noch nicht abgeklärt.

Wichtige Merkmale zur Unterscheidung der höheren Taxa sind: Anzahl und Länge der Geißeln, Vorhandensein oder Fehlen von Chromatophoren, Zellen nackt oder mit Schuppen bedeckt oder in Gehäusen (dann Chromatophor oft schlecht erkennbar), Bildung von Kolonien und deren Form; auf Artebene sind es Zellgröße, Zellform, Metabolie, Form des Chromatophors, Vorhandensein oder Fehlen eines Stigmas, Form der Gehäuse, Gallertbildungen. Die beschuppten Formen werden nach der Gestalt der Kiesel-Schuppen und ihrem Feinbau unterschieden. Dies ist nur möglich, wenn von der Zelle abgelöste einzelne Schuppen mit stärkster Vergrößerung betrachtet werden; empfohlen werden hierfür Trockenausstriche. Neuerdings wird zur Untersuchung solcher Chrysophyceae auch das Elektronenmikroskop eingesetzt, ähnlich wie bei der Bearbeitung der Kieselalgen.

STARMACH (1985) gibt für die Chrysophyceae die folgende Großeinteilung; im folgenden aufgeführt sind die im Plankton wichtigen Gattungen.

Chromulinales: Monaden mit einer Geißel

Bicosoecca: farblos, festsitzend in Gehäuse; oft epiök auf Algen, 1 Geißel

Chromulina: 1 Geißel

Chrysococcus: mit fester Schale, kugelig, 1 Geißel

Kephyrion: ähnlich voriger, in oben offenen Gehäusen unterschiedlicher gestalt, 1 Geißel

Ochromonadales: Monaden mit 2 verschiedenen (heterokonten) Geißeln

Anthophysa: farblos, festsitzende, ästige Kolonie; Bruchstücke regelmäßig im Flußplankton

***Dinobryon*:** Protoplast in becherförmigen, hyalinen Gehäusen, die sich zu baumartigen Kolonien vereinigen, auch solitäre Arten; 2 Geißeln
***Mallomonas*:** Nebengeißel reduziert, mit Kieselgeschuppen, solitär, freilebend
***Ochromonas*:** Zellen nackt, 2 Geißeln, chromatisch
***Pseudokephyrion*:** mit 2 heterokonten Geißeln; Gehäuse wie bei *Kephyrion*
***Spumella*:** farblos, sonst wie vorige
***Synura*:** kugelige Kolonien, Zellen mit Kieselgeschuppen und 2 Geißeln
***Uroglena*:** vielzellige Kolonien, chromatisch, 2 Geißeln, ohne Schuppen, in Gallerte

Monosigales - Kragengeißler: Monaden mit einem plasmatischen Trichter (Kragen; auch Doppelkragen), der eine Geißel in ihrem unteren Teil umgibt
***Codosiga*:** Zellen nackt, mit Kragen, bildet kleine gestielte Kolonien
***Salpingoeca*:** festsitzend mit Gehäuse, apical mit Kragen, farblos. Oft epiök auf *Asterionella*

Vier weitere Ordnungen: nicht im Plankton

Literatur

HUBER-PESTALOZZI, G. (1941): Das Phytoplankton des Süßwassers. 2..Teil, 1. Hälfte.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer **16,2,1**: 1-365, (Schweizerbart) Stuttgart.

Grundlegende, sehr ausführliche Bearbeitung, auf der auch STARMACH (1985) fußt; weiterhin wichtig wegen der planktologischen Angaben und der Qualität der Abbildungen.

STARMACH, C. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae.- In: Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **1**, 515 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Aktuelle Bearbeitung.

Heterokontophyta: Xanthophyceae - Gelbgrünalgen

In der Mehrzahl kokkale, daneben auch fädige Formen, vorwiegend im Süßwasser, gelbgrün bis grün (Verwechslung mit Chlorococcales) gefärbt. Im Plankton nur von untergeordneter Bedeutung. Hauptmerkmal für die Bestimmung ist die Zellform, weiter die Chromatophoren, mit oder ohne Pyrenoid.

Häufiger im Plankton finden sich:

***Centritractus*:** ellipsoidisch mit Endstachel, kokkal

***Goniochloris*:** tetraedrisch, kokkal

***Ophiocytium*:** zylindrisch, gekrümmt, kokkal

***Pleurochloris*:** kugelig, kokkal

***Tribonema*:** trichal

***Vaucheria*:** makroskopische Fadenalgen ohne Zellgrenzen, Bruchstücke im Flußplankton

Literatur

ETTL, H. (1978): Xanthophyceae 1. Teil.- In: Ettl, H., J. Gerloff & H. Heynig (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 3, XIV, 530 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Aktuelle Bearbeitung.

Heterokontophyta: Bacillariophyceae - Kieselalgen

Kennzeichnend ist die aus zwei einander übergreifenden Hälften (Epi- und Hypotheca) bestehende Kieselschale. Schwach verkieselte Formen können mit anderen Heterokontophyta verwechselt werden. Größe der Zellen von 2 bis über 500 μm , marin bis 2 mm. Chlorophyll a und c führt in Verbindung mit Fucoxanthin zur goldbraunen Farbe der meist zwei Chloroplasten. Mit Ausnahme generativer Stadien bei wenigen Arten sind Kieselalgen immer unbegeißelt. Vermehrung durch Teilung indem die beiden Halbschalen auseinander weichen und jeweils die fehlende als neue Hypotheca ergänzen. Dadurch treten bei wiederholter Teilung immer kleinere Zellen auf, bis durch eine zwischengeschaltete sexuelle Phase mit Meiose und Zygotenbildung über eine Auxospore wieder eine normale vegetative Zelle entsteht.

Die rund 10 000 Arten aus 250 Gattungen kommen marin, limnisch und subaerisch vor. Das Phytoplankton der Meere besteht überwiegend aus Kieselalgen, diese Dominanz erreichten die Kieselalgen allerdings erst mit dem Tertiär. Eine gute, recht ausführliche Einführung in die Biologie und das Studium der Kieselalgen einschließlich der Verwendung als Indikatoren der Halobie, Trophie und Saprobie gibt Kalbe (1980). Zu erwähnen sind auch die Einführung von Altmeister Hustedt (1956) und die auf die Schalen-Morphologie ausgerichtete Einführung mit Charakterisierung der Gattungen von Krammer (1986).

Die Taxonomie der Kieselalgen setzt allein auf der Struktur der Kieselschalen auf, die erst nach entsprechender Präparation untersucht werden können. Hierbei wird der Zellkörper durch Oxidation (naß oder thermisch) eliminiert. Die sich ergebende Diskrepanz zwischen Morphospecies und Biospecies muß man in Kauf nehmen, ebenso den eingeschränkten biozönotischen Bezug. Näheres zur Präparation findet sich in den unten genannten Bestimmungswerken und Einführungen. Viele pennate Planktonformen der Seen lassen sich auch ohne Präparation ansprechen; für die Centrales gilt dies nur sehr eingeschränkt. Hilfen geben Übersichten über planktische Kieselalgen, z.B. Huber-Pestalozzi & Hustedt (1942). Beim Flußplankton mit seiner großen Fülle an tychoplanktischen Kieselalgen-Arten ist eine Erfassung des ganzen Kieselalgen-Spektrums nur über Präparation und gesonderte Untersuchung möglich. Doch sollte das Material zuvor lebend und in Verbindung mit der gesamten Zönose untersucht werden. Offensichtlich ist die Form, Größe, Anordnung und teilweise auch die Farbe der Chloroplasten für das Erkennen lebender Kieselalgen bzw. frisch konservierter Kieselalgen geeignet. Kalbe (1980) weist auf lang zurückliegende Versuche zur Klassifizierung der Kieselalgen nach den Chromatophoren hin. Neu erschienen ist erstmals eine Bestimmungshilfe zum Erkennen von lebenden Kieselalgen

(Cox 1996), die von der äußeren Form der Schale und der Form der Chromatophoren ausgeht und die wichtigsten Arten erschließt.

Regelmäßig im Plankton anzutreffen sind Arten der folgenden Gattungen.

Centrales

Radiärsymmetrisch, Durchmesser von unter 5 μm bis über 30 μm ; Vorkommen vorwiegend planktisch in Flüssen und Seen

Actinocyclus, *Cyclotella*, *Cyclostephanus*, *Stephanodiscus*, *Thalassiosira*: Zellen einzeln oder in kurzen Ketten

Aulacoseira, *Melosira*: bilden Fäden

Skeletonema: in kurzen Ketten

Pennales

Die überwiegende Anzahl der Arten lebt benthisch, viele davon treten tycho-planktisch in Flüssen und im Litoral der Seen auf. Planktische Arten sind oft langgestreckt, einzeln sowie in Ketten oder Kolonien.

Asterionella, *Tabellaria*: wichtige Planktonformen, bilden sternförmige Kolonien oder Zick-zack-förmige Bänder

Campylodiscus, *Cymatopleura*, *Surirella*: einige Arten regelmäßig im Plankton

Fragilaria: im Plankton treten Einzelzellen, band- und sternförmige Kolonien auf

Nitzschia: einige Arten regelmäßig im Plankton; vorwiegend Einzelzellen, auch sternförmige Kolonien

Literatur

COX, E. J. (1996): Identification of freshwater diatoms from live material.- 158 S., (Chapman & Hall) London.

Bestimmung der wichtigsten Kieselalgen-Arten nach lebendem Material, als Merkmale werden die äußere Form und die Form Chromatophoren verwendet; der Schwerpunkt liegt bei den benthischen Formen. Die Nomenklatur ist nicht auf neuestem Stand. Ob sich das Werk in der Praxis bewährt, muß noch geprüft werden.

HUSTEDT, F. (1930): Bacillariophyta.- In: PASCHER, A. (Hrsg.): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz 10, VIII, 466 S., (G. Fischer) Jena.

Teilweise überholt aber immer noch wertvoll als schnelle Übersicht.

GERMAIN, H. (1981): Flore des Diatomées. Diatomophycées eaux douces et saumâtres du Massif Armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale.- 444 S., (Boubée) Paris.

Wichtige Ergänzung zum Bestimmungswerk von KRAMMER & LANGE-BERTALOT, vor allem wegen der zahlreichen guten Fotos und den Angaben zum Vorkommen.

HUBER-PESTALOZZI, G. & F. HUSTEDT (1942): Das Phytoplankton des Süßwassers. 2. Teil, 2. Hälfte.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer 16,2,2: II, 367-549, (Schweizerbart) Stuttgart.

Ausführliche Darstellung der Kieselalgen des Planktons weltweit; taxonomisch teilweise überholt; viele biologische Angaben.

KALBE, L. (1980): Kieselalgen in Binnengewässern. Diatomeen.- Neue Brehm-Bücherei **467**, 2. Aufl., 206 S., (Ziemsen) Wittenberg.

Gründliche Einführung in das Studium der Kieselalgen unter Berücksichtigung ökologischer und angewandter Fragestellungen.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1988): Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae.- In: Ettl, H, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2,1**, XVI, 876 S., (G. Fischer) Stuttgart.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1988): Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae.- In: Ettl, H, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2,2**, XI, 596 S., (G. Fischer) Stuttgart.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991): Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae.- In: Ettl, H, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2,3**, XIII, 576 S., (G. Fischer) Stuttgart.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991): Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema.- In: Ettl, H, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **2,4**, IX, 437 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Ausführliche, aktuelle Gesamtdarstellung; nomenklatorische und taxonomische Grundlage für die Erhebung der Kieselalgen in Binnengewässern.

KRAMMER, K. (1986): Kieselalgen. Biologie, Baupläne der Zellwand, Untersuchungsmethoden.- Kosmos Handbuch, 140 S., (Kosmos-Franckh) Stuttgart.

Einführung in die Schalenmorphologie und deren Untersuchung zum Zweck der Determination; Vorstellung der einzelnen Gattungen.

KLEE, O. & C. STEINBERG (1987): Kieselalgen bayerischer Gewässer.- Inf.-Ber. Bayer. Landesamt Wasserwirtschaft **4/87**: 1-218, (Selbstverlag) München.

Behandelt speziell und ausführlich die Centrales; viele Fotos.

HUSTEDT, F. (1956, 1970): Kieselalgen.- Einführung in die Kleinlebewelt, 5. Aufl., 70 S., (Kosmos-Franckh) Stuttgart.

Klassische Einführung in die Untersuchung der Kieselalgen.

Haptophyceae

Neben zwei Geißeln ist ein fadenförmiges Anhängsel (Haptonema) - sehr kurz bis lang vorhanden. Die fast ausschließlich marine Gruppe wurde bisher zu den Chrysophyceae gestellt.

Hymenomonas: mit auffallenden, ringförmig-ovalen Kalkschuppen (Coccolithen) bedeckt

Chrysochromulina: mit Haptonema; Schuppen im Lichtmikroskop nicht sichtbar

Literatur

Siehe Chrysophyceae

Cryptophyta - Schlundflagellaten

Klar charakterisierte, solitäre Flagellaten mit heterokonten Geißeln; dorsiventraler Bau und starre Gestalt. Das dorsale Ende ist vorgezogen, darunter der Schlund, dieser meist mit Trichocysten bewehrt; Zelle in Seitenansicht schief abgeschnitten. 1-2 Chloroplasten mit Chlorophyll a und c, das durch akzessorische Pigmente maskiert wird. Farbe dadurch meist olivbraun, auch rötlich, gelblich oder blau; einige Gattungen sind blaugrün; Pyrenoid vorhanden oder fehlend. Augenflecken selten, pulsierende Vakuolen meist vorhanden. Einige Arten mit stark lichtbrechenden "Ovalkörpern". Die Reservestärke ist in Form von Körnern auf den Chloroplasten insbesondere bei Lugolfixierung gut sichtbar. Fortpflanzung durch Zweiteilung.

Von den rund 200 meist planktischen Arten ist etwa die Hälfte marin, die andere Hälfte ist limnisch und ein wesentlicher Bestandteil des Planktons von Flüssen und Seen.

Die wenigen farblosen Arten sind keine obligaten Plankter; sie lassen sich gut erkennen. Bei den gefärbten Formen fällt *Chroomonas* durch die blaugrüne Farbe (Phycocyanin maskiert das Chlorophyll) auf; die Gattungen *Rhodomonas* und *Cryptomonas* sind nicht scharf von einander getrennt. Differenzialmerkmal auf Artebene ist meist die Zellform, daneben die Zellgröße. Die Unterscheidung auf Grund dieser Kennzeichen ist oft nicht ausreichend für eine sichere Bestimmung. Einige Arten sind durch Stigma, Pyrenoide oder Farbe eindeutiger charakterisiert. Basis für die Bestimmung und letzte zusammenfassende Bearbeitung der Gruppe ist HUBER-PESTALOZZI (1950, 1968). SKUJA (1948, 1956, 1964 - Zitat S. 19) hat den Cryptophyta besondere Beachtung geschenkt und zahlreiche Arten erstbeschrieben. Der Rückgriff auf die Originalbeschreibungen ist nützlich, zumal die beiden späteren Werke von HUBER-PESTALOZZI nicht mehr berücksichtigt wurden. Die Arbeiten von JAVORNICKÝ (1976) und von ANTON & DUTHIE (1981) können ergänzend herangezogen werden, haben die taxonomischen und determinatorischen Probleme aber auch nicht befriedigend gelöst.

Im Phytoplankton vertreten sind:

***Chilomonas*:** farblose Parallele zu *Cryptomonas*, selten

***Chroomonas*:** blaugrün, klein

***Cryptomonas*:** sehr stetig in Flüssen und Seen

***Cyathomonas*:** farblos, klein

***Katablepharis*:** farblos, klein, bohnenförmig

***Rhodomonas*:** kleiner, sonst ähnlich wie *Cryptomonas*, oft dominant

Literatur

ANTON, A. & H. C. DUTHIE (1981): Use of cluster analysis in the systematics of the algal genus *Cryptomonas*. - Can. J. Bot. 59: 992-1002, Ottawa.

Schlüssel für 16 häufige Arten aus Stehgewässern in Kanada. Prüfung des systematischen Werts einiger Merkmale und der Verwandtschaft zwischen den Arten mittels Cluster-Analyse.

HUBER-PESTALOZZI, G. (1950,1968): Das Phytoplankton des Süßwassers. 3. Teil Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer **16,3**, 2. Aufl., IX, 322 S., (Schweizerbart) Stuttgart.
Standardwerk, bisher nicht ersetzt.

JAVORNICKÝ, P (1976): Minute species of the genus *Rhodomonas* Karsten (Cryptophyceae).- Arch. Protistenkde. **118**: 98-106, Jena.
Zwei neue Arten.

Dinophyta - Feualgalen

Überwiegend einzellige Flagellaten, daneben wenige kokkale Formen. Zellgröße von unter 10 μm bis über 400 μm , rundlich-oval, z. T. mit kräftigen Zellfortsätzen. Nackt oder mit Zellulosepanzer aus polygonalen Platten. Kennzeichnend sind eine Quer- (cingulum) und eine Längsfurche (sulcus), in denen je eine Geißel liegt; ihr Ursprung an der Kreuzung beider Furchen markiert die Ventralseite. Die kürzere Quergeißel erreicht keinen vollen Umgang, die Längsgeißel ragt über das Zellende hinaus. Die Querfurchung teilt den Panzer in die Epivalva (Epicone) und die Hypovalva (Hypocone). Da akzessorische Pigmente das Chlorophyll a und c überdecken, ist die Farbe der meist linsenförmigen Chloroplasten bräunlich. Die blaugrüne oder andere abweichende Farben einiger Arten beruhen auf endosymbiontischen Algen (Dinophyceae können selbst wieder endosymbiontisch in Korallen auftreten). Assimilationsprodukt ist Stärke in Form von Körnern außerhalb der Chloroplasten. Zahlreiche Arten sind farblos. Kontraktile Vakuolen und Stigma fehlen fast immer. Namensgebende Eigenheit ist der große Kern, das Dinokaryon, der auch in der Interphase mit sichtbaren Chromosomen angefüllt ist. Viele Arten bilden Zysten. Vermehrung durch Zellteilung; auch sexuelle Phasen wurden beobachtet.

Neben rund 2000 marinen Arten sind knapp 200 limnische Arten bekannt. Es werden mehrere Ordnungen unterschieden; die meisten Süßwasserarten gehören zu den Gymnodiniaceae und den Peridiniaceae. Dinophyta sind überwiegend planktisch; sie kommen in fast allen Typen der Binnengewässer vor, einige Arten sind kryophil.

Während die Unterscheidung der Gattungen meist gelingt, ist die Artbestimmung bei den ungepanzerten Formen (einschließlich *Woloszynskia*) schwieriger. Wichtige Kennzeichen sind die Farbe der Chromatophoren sowie Gestaltverhältnisse (Form, Epi- und Hypocone, Sulcus, Cingulum) und Größe der Zelle. Bei den gepanzerten Formen, insbesondere *Peridinium* und *Peridiniopsis*, richtet sich die Bestimmung allein nach dem Plattenmuster; in der unten angeführten Literatur wird hierauf ausführlich eingegangen. Die Täfelung ist meist nur an leeren Zellen deutlich zu erkennen, wobei der Bestimmungsschlüssel Apikal-, Antapikal-, Dorsal- und Ventralansicht verlangt. Dies läßt sich nur bei sehr reichlichem Material mit vielen Zellen realisieren. Ist die Dichte dieser Arten in einer Probe nur gering und finden sich keine leeren Hüllen, ist eine Bestimmung in den meisten Fällen nur bis zur Gattung möglich.

Mehr oder weniger häufig im Plankton von Stehgewässern und Flüssen sind die folgenden Gattungen.

Gymnodiniaceae

Gestalt oval, zum Teil apikal zugespitzt, mit deutlichen Furchen, klein bis mittelgroß, nackt; einige Arten ohne Chloroplasten

Amphidinium: Querfurche apikal verschoben

Gymnodinium: Querfurche äquatorial; einige Arten häufig

Gyrodinium: Querfurche spiralig

Katodinium: Querfurche antapikal verschoben

Übrige Familien

Zellen gepanzert.

Ceratium: Platten in Hörner ausgezogen; sehr große, auffällige Form

Cystodinium und ähnliche Gattungen: im vegetativen Normalzustand eine ellipsoidische bis halbmondförmige, unbewegliche Zyste, monadaler Schwärmerzustand nur kurzzeitig; meist übersehene Formen.

Gonyaulax: apikaler Pol schwach hornartig ausgezogen

Peridinium, Peridiniopsis: feste Plattenhülle, Platten auf jeder Valve in zwei Kreisen mit arttypischen Variationen. Zu deren Bezeichnung sind in der taxonomischen Literatur verschiedene Systeme in Gebrauch. Einige Arten häufig im Plankton, gelegentlich auch dominant.

Woloszynskia: Plattenhülle an der lebenden Zelle nicht erkennbar; früher *Gymnodinium partim*

Literatur

HUBER-PESTALOZZI, G. (1950,1968): Das Phytoplankton des Süßwassers. 3. Teil Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer **16,3**, 2. Aufl., IX, 322 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Ausführliche, grundlegende Bearbeitung.

POPOVSKÝ, J. & L. A. PFIESTER (1990): Dinophyceae (Dinoflagellida).- In: Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **6**, 272 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Aktuelle Bearbeitung; enthält viele taxonomische und nomenklatorische Änderungen und Ergänzungen gegenüber HUBER-PESTALOZZI.

Euglenophyta - Augenflagellaten

Fast ausschließlich einzellige Flagellaten. Zellen ziemlich groß, oft gedreht, biegsam bis metabol oder starr mit gestreifter oder ornamentierter Pellicula. Bei manchen Gattungen scheidet der Protoplast ein Gehäuse aus, das oft durch Fe- oder Mn-Einlagerungen braun gefärbt ist. Die beiden Geißeln entspringen apikal in einer schlundartigen Ampulle, in der das Stigma liegt; die pulsierende Vakuole mündet in die Ampulle. Bei vielen Formen ist die Geißel stark verkürzt.

Meist sind mehrere scheibenförmige Chloroplasten mit Chlorophyll a und b vorhanden, ohne akzessorische Pigmente wie bei den Chlorophyta, daher die sattgrüne Färbung. Pyrenoid vorhanden oder fehlend; Assimilationsprodukt ist Paramylum, z.T. in Form großer Körper. Die Geißeln erscheinen oft etwas dicklich, etwa im Gegensatz zur dünnen Volvocales-Geißel. Innerhalb der Euglenophyta besteht eine starke Tendenz zur Heterotrophie. Rund zwei Drittel der Arten sind farblos, weitere Arten sind fakultativ farblos. Die Ernährung ist daher auto-, mixo-, hetero-, und auch phagotroph (dann mit Pharyngealorgan - z.B. Staborgan). Vermehrung durch Längsteilung; sexuelle Vorgänge sind nicht bekannt.

Die rund 800 Arten leben vorwiegend im Süßwasser und hier in allen Gewässertypen, viele bevorzugt in Kleingewässern. Ettl (1980 Zitat S. 16) unterscheidet 2 Ordnungen - Euglenales und Peranemales mit 5 bzw. 2 Familien; bei den Euglenales gibt es gefärbte bzw. farblose Parallel-Gattungen. Auf Grund der unterschiedlichen Ernährungsweisen von der Autotrophie bis zur Saprotrophie sind eine Reihe von Arten gute Indikatoren des Saprobiensystems. Euglenophyta sind regelmäßig im Plankton anzutreffen; die überwiegende Mehrzahl der Arten ist tychoplanktisch oder fakultativ planktisch, nur wenige gelten als obligate Plankter.

Basis für die Bestimmung ist Huber-Pestalozzi (1955); eine neuere Bearbeitung der ganzen Gruppe liegt nicht vor. Leedale (1967) gibt eine hilfreiche Einführung in die Taxonomie und Morphologie mit einem Gattungsschlüssel.

Die Einteilung in Huber-Pestalozzi (1955) entspricht wohl kaum dem natürlichen System der Euglenophyta, ist aber in der praktischen Arbeit gut nachvollziehbar. Unterschieden werden zunächst die Chlorophyll-führenden und die farblosen Formen. Die Gattungen sind meist gut charakterisiert über die Geißeln, die Zellform und die Zellsymmetrie, über Metabolie bzw. Starrheit der Zellen, das Fehlen oder Vorhandensein von Gehäusen und deren Ausbildung sowie einigen weiteren Merkmalen wie dem Stigma oder dem Staborgan bei *Peranema*. Schwieriger ist die Artbestimmung innerhalb der z.T. sehr umfangreichen Gattungen. Hilfreich ist hier die klare Gliederung der Schlüssel, die Artgruppen erkennen lassen, soweit nicht ohnehin subgenerische Einheiten unterschieden werden. Hauptmerkmale auch auf Arniveau sind die Zellform bzw. die Form und Textur der Gehäuse. Bei den morphologisch stärker differenzierten Gattungen schreitet die Reihung der Arten und die Logik des Schlüssels von den einfachen zu den besonders ausgebildeten Formen, bei der Gattung *Trachelomonas* z.B. von "kugelig-glatt" zu "flaschenförmig mit Stacheln". Wenn der Untersucher dieses Konzept nachvollzieht, wird die Bestimmung wesentlich erleichtert, wobei das auf S. 13 beschriebene "Nährungsverfahren" anwendbar ist. Dennoch ist das Ergebnis oft unbefriedigend, da der Benutzer des Bestimmungswerks bei der Fülle der kompilierten Arten nur schwer die sicheren von den zweifelhaften und seit der Erstbeschreibung nicht mehr bestätigten Arten unterscheiden kann. Man wird weit verbreiteten und öfter gemeldeten Arten gefühls-

mäßig eher vertrauen als dem Einzelfund "in einer Regentonnen in Tsingtau" Eine taxonomische Revision der Euglenophyta auf allen Ebenen wäre dringlich; einen Versuch für die Gattung *Euglena* macht PRINGSHEIM (1956).

Arten der folgenden Gattungen finden sich - z.T. häufig - im Plankton.

Grüne Formen, 1 Geißel

Euglena: spindel- bis stabförmig, starr bis metabol, Periplast meist spiralig gestreift, bis über 500 µm

Colacium: gestielt, ohne Geißel; epiök auf planktischen Crustacea

Lepocinclis: rundlich bis eiförmig, starr, sonst wie *Euglena*

Phacus: starre, abgeplattete, ovale Zellen mit zugespitztem Hinterende, oft tordiert, gestreifter Periplast

Trachelomonas*, *Strombomonas: mit gelbem bis braunem, kugeligem bis flaschenförmigem Gehäuse, das meist skulpturiert ist

Farblose Formen, 1 Geißel

Khawkinia: farblose Form der *Euglena*

Astasia: farblose Form der *Euglena*, ohne Stigma, metabol bis starr

Menoidium: starr, gebogen, seitlich abgeflacht

Petalomonas: starr, abgeplattet, oft gekielt, Geißel starr nach vorn gerichtet

Urceolus: krugförmig mit trichterförmigem Vorderende

Farblose Formen, 2 Geißeln

Anisonema: oval mit Längsfurche, Schwimmgeißel oft kürzer als die kräftige Schleppgeißel

Entosiphon: oval, abgeplattet; röhrenförmiger Pharyngealapparat, der den ganzen Körper durchdringt

Heteronema: spindel- bis walzenförmig, Schwimmgeißel dick, Schleppgeißel dünn

Notosolenus: Schwimmgeißel länger als Schleppgeißel

Peranema: spindelförmig, metabol, apikal mit Staborgan, Schwimmgeißel nach vorn gerichtet, Schleppgeißel anliegend, schlecht sichtbar

Sphenomonas: starr, mit Längskiel

Literatur

HUBER-PESTALOZZI, G. (1955): Das Phytoplankton des Süßwassers. 4. Teil.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer 16,4, IX, 606 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Ausführlich und grundlegend, noch nicht ersetzt. Letzte Bearbeitung der gesamten Euglenophyta.

LEEDALE, G. F. (1967): Euglenoid Flagellates.- XIII, 242 S., (Prentice-Hall Int.) London.

Gründliche Einführung in Taxonomie, Morphologie und Zellbiologie der Euglenophyta mit ausführlich beschrifteten Abbildungen; angefügt ist ein Gattungsschlüssel.

PRINGSHEIM, E. G. (1956): Contributions towards a Monograph of the Genus *Euglena*. - Nova Acta Leopoldina N. F. **18**, 125, 168 S., Leipzig.

Unterscheidung von 6 Gruppen innerhalb des Genus auf Grund von Kulturen. Beschreibung und taxonomische Diskussion einer Reihe von Arten mit Erstbeschreibungen. Kritische Liste mit 203 Arten. Keine abschließende Revision.

Chlorophyta: Prasinophyceae

Planktische Monaden mit 1-8, meist 4 Geißeln, Körper mit submikroskopischen Schuppen bedeckt. Chloroplasten grün bis gelbgrün. Die Gruppe war früher bei den Volvocales und damit bei den Chlorophyceae eingeordnet.

Nephroselmis: abgeplattet, queroval bis herzförmig, 2 Geißeln; schwimmt mit der kürzeren Geißel voran

Pedinomonas: 1 Geißel, an der Seite inserierend

Pyramimonas: 4 Geißeln, im Querschnitt vierkantig

Scourfieldia: 2 Geißeln, abgeplattet

Tetraselmis: 4 Geißeln, kurz und dick

Literatur

Siehe Volvocales

Chlorophyta, Chlorophyceae: Volvocales

Im vegetativen Zustand solitäre oder koloniale Monaden. Die 2 oder 4 Geißeln sind isomorph, isokont und isodynamisch und dünner als die der Euglenophyta. Mit pulsierender Vakuole und oft großem Stigma. Chloroplast in Einzahl, meist becherförmig mit großem Pyrenoid, wie Chlorophyta mit Chlorophyll a und b ohne weitere Pigmente, daher lebhaft-grün; neben den Chlorophyll-führenden zahlreiche farblose Arten. Nur eine kleine Gruppe ist unbehäutet, die Mehrzahl hat eine feste Zellwand, z.T. als Gehäuse ausgebildet. Die Zellen sind primär radiärsymmetrisch, z.T. auch abgeflacht und leicht unsymmetrisch. Fortpflanzung durch Zoosporen, auch sexuelle Phasen bekannt.

Die Volvocales i.w.S. umfassen etwa 1000 Arten, die ganz überwiegend im Süßwasser leben, einige auch auf Schnee und im Boden. Volvocales besiedeln alle Typen von Binnengewässern, insbesondere kleine Stehgewässer. Ihr Anteil am Plankton ist schwankend. In der Neubearbeitung von Ettl (1983) wurde die alte Einheit der Volvocales aufgegeben und das Taxon auf die koloniebildenden Formen reduziert; die nähere Begründung und das neue Konzept der Chlorophyta findet sich dort S. 29-32. Bei Hoek & al. (1993) wurden nur die Prasinophyceae von den Volvocales abgetrennt und in eine eigene Klasse gestellt.

Während die meisten Gattungen der Volvocales gut ansprechbar sind, ist die Artbestimmung bei den großen Gattungen, insbesondere bei *Chlamydomonas* schwierig. Sie setzt genügend Material und ausdauernde Lebendbeobachtung voraus. Eine Hilfe bei der über 400 Arten umfassenden Gattung *Chlamydomo-*

nas sind die neun subgenerischen Einheiten, die nach der Gestalt des Chloroplasten und der Pyrenoide unterschieden werden; allerdings sind die Zellen oft wenig durchsichtig und diese Merkmale dann verdeckt.

Regelmäßig im Plankton bei sehr unterschiedlicher Abundanz sind Arten der folgenden Gattungen anzutreffen.

Monadale Formen, 2 oder 4 Geißeln, Zellen behäutet

Carteria: 4 Geißeln, sonst wie *Chlamydomonas*

Chlamydomonas: entspricht dem Typus der Volvocales; Artenbestand (Ettl: 421 Arten) umfaßt fast die Hälfte der gesamten Ordnung; praktisch in jeder Planktonprobe vertreten

Chlorogonium: 2 Geißeln, spindel- bis stabförmig

Chloromonas: ohne Pyrenoid, sonst wie *Chlamydomonas*; bei Ettl 139 Arten

Phacotus: 2 Geißeln, abgeflacht, Gehäuse mit kielförmigen Rändern

Polytoma: farblose Parallele zu *Chlamydomonas*

Pteromonas: 2 Geißeln, abgeflacht, hyalines Gehäuse mit flügelartigen Rändern

Monadale Formen, unbehäutet (bei Ettl Dunaliellales)

Aulacomonyx: 2 Geißeln, farblos

Collodictyon: 4 Geißeln, farblos, metabol

Koloniale Formen, chromatisch (bei Ettl Volvocales)

Eudorina, *Pandorina*: kugelige Kolonie aus wenigen Zellen

Gonium: Kolonie flächig

Volvox: große Kolonie mit vielen Einzelzellen, bildet endogen Tochterkolonien

Literatur

HUBER-PESTALOZZI, G. (1955): Das Phytoplankton des Süßwassers. 5. Teil.- In: THIENEMANN, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer **16,5**, XII, 744 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Sehr ausführliche Darstellung und deswegen noch ergänzend neben Ettl (1983) zu benutzen.

ETTL, H. (1983): Chlorophyta I Phytomonadina.- In: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **9**, XIV, 807 S., (G. Fischer) Stuttgart.

Aktuelle Bearbeitung auf der Basis einer neuen taxonomischen Einteilung der Chlorophyta; zahlreiche neue Arten gegenüber Huber-Pestalozzi.

Chlorophyta, Chlorophyceae: Tetrasporales

Die Gruppe vermittelt zwischen den Volvocales und den Chlorococcales. Zellen unbeweglich, zu mehreren in Gallerte; Augenfleck und pulsierende Vakuole wie bei Monaden. Zeitweise werden in der Gallerte Geißeln ausgebildet, und es entstehen Zoosporen.

Die Tetrasporales kommen mit über 100 Arten im Süßwasser vor. Bei den wenigen Planktonformen fällt die intensiv-grüne Farbe auf. Der Umfang der Tetrasporales wird von FOTT (1972) etwas anders definiert als von Ettl & GÄRT-

NER (1988), was jedoch nicht die planktischen Arten betrifft; HOEK & al. (1993) rechnet die Tetrasporales zu den Volvocales.

Im Plankton sind anzutreffen:

Gloeococcus: Gallertkugeln; Einzelzellen oft mit beweglichen Geißeln

Pseudosphaerocystis: Gallertkugeln mit 4-16 Zellen in Gruppen

Literatur

FOTT, B. (1972): Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Tetrasporales.- In: HUBER-PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers. 6. Teil.- In: ELSTER, H.-J. & W. OHLE (Hrsg.): Die Binnengewässer 16,6, X, 116 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Grundlegende Bearbeitung.

ETTL, H. & G. GÄRTNER (1988): Chlorophyta II. Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales.- In: ETTL, H., J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 10, XII, 436 S. (G. Fischer) Stuttgart.

Aktuelle Bearbeitung.

Chlorophyta, Chlorophyceae: Chlorococcales

Die vegetativen Stadien sind kokkal, solitär oder kolonial in Zönobien, frei oder festsitzend; wenige Formen auch höher organisiert. Es fehlen die Monaden-Organellen (Geißeln, Stigma, Vakuolen). Die feste Zellwand ist z. T. skulpturiert, mit oder ohne Gallerte. Die Chloroplasten liegen meist in Einzahl vor, sie sind becher- oder mantelförmig, das Zellumen meist ausfüllend, mit Chlorophyll a und b ohne weitere Pigmente, daher grün gefärbt; wenige apochlorotische Formen. Das Pyrenoid liegt, soweit nicht fehlend (diakritisches Merkmal), auf dem Chloroplasten und ist mit einer Stärkehülle umgeben. Es gibt keine direkte Zellteilung; sexuelle Fortpflanzung ist selten. Etwa ein Drittel der Chlorococcales vermehrt sich vegetativ über Zoosporen, dies sind Monaden vom Volvocales-Typ. Diese kurzfristig auftretenden Zustände können nicht zur Bestimmung genutzt werden. Anders bei den Arten aus den übrigen Familien; ihre Vermehrung erfolgt über Autosporen: innerhalb der Mutterzelle entstehen mit dieser identische, unbewegliche Vermehrungszellen. Bei vielen Chlorococcales bleiben die Zellen nach der Zellteilung in charakteristischer Weise miteinander verbunden; die Schwesterzellen aus einer Mutterzelle bilden Zönobien. Kolonien entstehen aus losen, nicht konstant angeordneten Zellen oder Zönobien aus mehreren Generationen.

Die Chlorococcales im bisherigen Sinn – so KOMÁREK & FOTT (1983) aber auch HOEK & al. (1993) – umfassen rund 1000 Arten aus etwa 215 Gattungen. Sie kommen zum größten Teil im Süßwasser vor, die meisten planktisch, viele auch sessil. Einige Arten leben subaerisch, einige epöök, einige endosymbiontisch, z. B. in *Hydra* oder in Ciliophora sowie in Lichenen. Die Chlorococcales wurden von ETTL & GÄRTNER (1988) viel enger gefaßt und auf die überwiegend

terrestrischen, um *Chlorococcum* gruppierten Arten beschränkt, darunter keine planktischen Arten.

Die Bestimmung der Chlorococcales im Plankton stützt sich auf die gründliche und umfassende Bearbeitung von KOMÁREK & FOTT (1983). Ergänzend können Fundmeldungen mit Beschreibungen und Abbildungen herangezogen werden, z.B. Arbeiten von HEYNIG und KRIENITZ oder allgemeine Werke (Zitate S. 16 und 17). Angesichts der Fülle der Chlorococcales dürfte die "Bilderbuchmethode" und die Orientierung mit einführenden Werken der erste Zugang sein. KOMÁREK & FOTT gliedern die Gruppe in 15 Familien, die auch in der praktischen Arbeit nachvollziehbar sind; sehr hilfreich ist die diesbezügliche Übersicht am Anfang des Werks. Dennoch sind Verwechslungen ähnlicher Formen zwischen den Familien möglich, das gilt z.B. für das Problem der "grünen Kugeln" (lockere Kolonien in Gallerte) oder für einige spindelförmige Taxa. Allgemeine Merkmale sind die Form der Einzelzellen und die Ausbildung von Zönobien und Kolonien. Wichtig ist das Fehlen oder Vorhandensein eines Pyrenoids auf den Chloroplasten sowie die Form der Chloroplasten, ferner die Skulptur der Zellwände und Zellwandbildungen wie Warzen, Dornen, Haare und schließlich die Verbindungselemente der Zellen untereinander und ggf. die Einbettung der Zellen in Gallerte.

Eine Reihe von Gattungen ist leicht kenntlich, andere z.B. innerhalb der Radiococcaceae sind schwer unterscheidbar. Bei vielen Gattungen gelingt die Artbestimmung recht gut, bei anderen ist sie schwierig, etwa dann, wenn statt typisch ausgebildeter Zönobien nur Einzelzellen vorliegen (z.B. *Oocystis*). Nützlich bei KOMÁREK & FOTT ist die Kennzeichnung nicht ausreichend gesicherter Arten durch einen vorgesetzten Stern "*"; sie sind jeweils an die ähnlichen "guten" Arten angeschlossen. Bei *Scenedesmus*, der mit rund 100 Arten größten Gattung, ist es günstig, wenn sich der Untersucher vertraut macht mit den 6 subgenerischen Gruppen und der Anordnung der Arten innerhalb der Gruppen nach aufsteigendem Differenzierungsgrad. Im übrigen empfiehlt sich das schon beschriebene Wechselspiel: Abbildung Schlüssel Artbeschreibung Abbildung. Wesentliche Merkmale der *Scenedesmus*-Arten sind die Gestalt der Zellen und ihre "Bewaffnung", sowie die Ausbildung der Zönobien. Erschwerend ist die hohe Variabilität der Arten, so daß immer eine möglichst große Zahl von Individuen betrachtet werden muß. Verfügt der Untersucher erst einmal über einen Grundstock an Standardarten, wird die Zuordnung leichter.

Es folgt unter Verzicht auf eine Kennzeichnung eine Aufzählung von Gattungen, deren Arten regelmäßig im Plankton angetroffen werden.

Actinastrum, Ankistrodesmus, Ankyra, Chlorella, Coelastrum, Crucigenia, Crucigeniella, Dictyosphaerium, Didymocystis, Eutetramorus, Golenkinia, Hydrodictyon, Kirchneriella, Lagerheimia, Micractinium, Monoraphidium, Neodesmus, Nephrocytium, Oocystis, Pediastrum, Planctosphaeria, Pseudoquadrigula, Schroederia, Scenedesmus, Siderocelis, Tetrachlorella, Tetradron, Tetrastrum, Treubaria, Willea

Literatur

KOMÁREK, J. & B. FOTT (1983): Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales.- In: HUBER-PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers. 7. Teil, 1. Hälfte.- In: ELSTER, J. & H. OHLE (Hrsg.): Die Binnengewässer 16,7,1, X, 1044 S., (Schweizerbart) Stuttgart.
Umfassende und aktuelle Gesamtdarstellung der Chlorococcales i.w.S.

Chlorophyta: Oedogoniales - Kappenalgen

Einfache oder verzweigte Fäden mit besonderem Zellbau; bilden in Stehgewässern Algenwatten

Oedogonium: viele Arten, Bruchstücke tychoplanktisch

Chlorophyta, Chlorophyceae: Chaetophorales - Faden-Grünalgen

Fäden verzweigt, oft in Borsten auslaufend, Chloroplast (Chlorophyll a und b) randständig.

Stigeoclonium: oft tychoplanktisch in Flüssen

Literatur

Siehe Codiolales

Chlorophyta, Ulvophyceae: Codiolales - Faden-Grünalgen

Einfache Fäden; der wandständige Chloroplast ist ring- oder bandförmig. Die Gruppe wurde von den Chaetophorales i.w.S. abgetrennt (HOEK & al. 1993). Die letzte Bearbeitung der gesamten Chaetophorales i.w.S. ist die von PRINTZ (1964), die aber gerade hinsichtlich der planktischen Arten durch einzelne Arbeiten ergänzt werden muß; vgl. die Literaturangaben unten.

Die Arten der folgenden Gattungen sind echte Plankter.

Elakatothrix: Ähnlich *Pseudoquadrigula* (Chlorococcales)

Gloeotila: kurze Fäden, gestreckt oder spiralig

Koliella: Doppelzelle, Enden lang ausgezogen

Planctonema: Kette von Einzelzellen in hyaliner Hülle

Stichococcus: sehr kleine, 1-2-zellige, zylindrische Formen

***Ulothrix*:** lange Fäden, z. T. mit verdickter Zellwand, tritt tychoplanktisch in Flüssen auf

Literatur

- PRINTZ, H. (1964): Die Chaetophorales der Binnengewässer.- *Hydrobiologia* **24**: 1-376, Den Haag.
Ausführlich, enthält aber nicht alle Gattungen. Fehlendes siehe bei BOURRELLY (Zitat S. 15).
- HINDÁK, F. (1963): Systematik der Gattungen *Koliella* gen. nov. und *Raphidonema* LAGERH.-
Nova Hedwigia **6**: 95-125, Weinheim.
- Begründung der im Plankton weit verbreiteten Gattung *Koliella* mit Bestimmungsschlüssel.
- HEYNIG, H. (1980): Einige Bemerkungen zu den Gattungen *Marvania* HINDAK 1976 und *Hortobagyiella* HAJDU 1975 (Ulotrichales).- *Arch. Protistenkde.* **123**: 450-454, Jena
Sehr kleine Formen ähnlich *Stichococcus*.
- HEYNIG, H. (1988): Beobachtungen an einer fädigen ulotrichalen Planktonalge (Chlorophyceae, Ulotrichales).- *Arch. Protistenkde.* **135**: 327-335, Jena.
Beobachtungen an *Planctonema* mit taxonomischer Diskussion.

Chlorophyta, Cladophorophyceae: Cladophorales - Astalgen

Einige cm bis mehrere m lange, verzweigte Fäden mit großen, vielkernigen Zellen; netzförmiger Chloroplast. Bruchstücke regelmäßig tychoplanktisch in Flüssen.

Cladophora

Chlorophyta, Zygnematophyceae (Conjugatae): Zygnematales - Faden-Jochalgen

Lange, z. T. makroskopische Fäden. Chloroplast band-, stern- oder plattenförmig; weitere Merkmale vgl. Desmidiales

Mougeotia, *Spirogyra*, *Zygnema*: tychoplanktisch in Flüssen

Chlorophyta, Zygnematophyceae (Conjugatae): Desmidiales

Zellen einzeln, selten in fädigen oder gallertigen Kolonien. Mit Ausnahme weniger Gattungen durch einen Isthmus in zwei gleiche Halbzellen geteilt. Zellwand häufig ornamentiert. Zellkern in der Mitte. Chloroplasten symmetrisch auf die beiden Zellhälften verteilt. Keine begeißelten Stadien, Fortpflanzung durch Konjugation (alter Name!).

Desmidiales kommen mit rund 5000 Arten nur im Süßwasser vor; die meisten Arten sind acidophil und besiedeln Moorgewässer. Im Plankton von Flüssen und elektrolytreichen Seen findet sich nur eine begrenzte Zahl von Arten, diese jedoch z.T. recht stetig. Als Euplankter gelten dabei nur wenige Arten, die aber gelegentlich in hoher Abundanz auftreten. Zur Bestimmung der plankti-

schen Desmidiales ist FÖRSTER (1982) gut geeignet, doch fehlt die Gattung *Staurostrum*, von der sich Vertreter nahezu in jeder Planktonprobe finden. Zahlreiche Abbildungen und Beschreibungen planktischer Desmidiales enthalten auch die Tafelwerke von SKUJA (insbesondere 1964; Zitate S. 19). Schwierig ist die Artbestimmung bei *Cosmarium* und noch mehr bei *Closterium*, wo immer auch mit Arten aus dem Benthon zu rechnen ist. Die wenigen Merkmale bei *Closterium* beziehen sich überwiegend auf die Gestalt der Zellen, insbesondere die Ausbildung der Zellenden, und auf die Struktur der Zellwand sowie auf die Größenverhältnisse. Die Gattungen *Staurostrum* und *Staurodesmus* sind sehr formenreich, was zur Aufstellung vieler, oft schlecht unterscheidbarer Arten Anlaß gab. Wesentliche Merkmale sind die Form der Halbzellen in Apikal- und Seitenansicht, die Ausprägung des Mitteleinschnitts (Isthmus), die Anzahl und Ausbildung der Ecken (Fortsätze, Arme) und die Skulptur der Zellwände (glatt, Warzen, Stacheln). Eine subgenerische Einteilung von *Staurostrum* gibt BOURRELLY (S. 15). LENZENWEGER (1997) unterscheidet bei *Staurostrum* vier Gruppen. Welche Hilfen sein bis zur Subspecies gehender Schlüssel bei der Bestimmung von Phytoplankton bietet, ist noch zu erproben. Auf jeden Fall müssen bei den Desmidiales mehrere Zellen für die Beobachtung zur Verfügung stehen, um die Merkmale und ihre Variabilität innerhalb der Probe abschätzen zu können.

Regelmäßig im Plankton der Flüsse und Seen kommen Arten der folgenden Gattungen vor; die übrigen, nicht genannten Gattungen sind vorwiegend auf saure Stehgewässer bzw. auf Moore beschränkt.

***Closterium*:** sichelförmige bis länglich Zellen ohne Isthmus; artenreiche Gattung

***Cosmarium*:** Zellen abgeflacht mit deutlichem Isthmus; mit weltweit über 1000 Arten artenreichste Gattung der Desmidiales

***Staurostrum*:** Zellen in Frontalansicht drei- oder mehrkantig, Enden oft in Fortsätzen auslaufend. Nach *Cosmarium* artenreichste Gattung der Desmidiales

***Staurodesmus*:** Ähnlich *Staurostrum*

Literatur

FÖRSTER, K. (1982): Conjugatophyceae. Zygnematales und Desmidiales (excl. Zygnemataceae).- In: HUBER-PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers. 8. Teil, 1. Hälfte.- In: ELSTER, J. & W. OHLE (Hrsg.): Die Binnengewässer 16,8,1, VIII, 553 S., (Schweizerbart) Stuttgart.

Enthält in erster Linie die planktischen Arten, die ausführlich dargestellt werden. Xanthidieae; Staurastreae und Hyalothecae fehlen, da Teil 2 nicht erschienen ist.

RŮŽIČKA, J. (1977): Die Desmidiaceen Mitteleuropas.- Band 1,1 und 2, IX, 736 S., (Schweizerbart) Stuttgart

Ausführliche und umfassende Bearbeitung, enthält jedoch nur die Closteriinae und Desmidiinae; für diese Gruppen (und damit für die Gattung *Closterium*) derzeit das Standardwerk.

LENZENWEGER, R. (1996): Desmidiaceenflora von Österreich Teil 1.- Bibliotheca Phycologica **101**: 1-162, Berlin.

LENZENWEGER, R. (1997): Desmidiaceenflora von Österreich Teil 2.- Bibliotheca Phycologica **102**: 1-216, Berlin.

Enthält die Arten Österreichs; nur wenige Fundangaben beziehen sich auf Plankton. Vorangestellt sind Bestimmungsschlüssel, deren Eignung über die Moorstandorte hinaus noch zu erproben ist.

LIND, E. M. (1980): Desmids of the English Lake District.- Freshwater Biol. Ass. Sci. Publ. **42**, 123 S., Ambleside

Begrenzte Artenauswahl.

Spermatophyta

Zeitweise finden sich Pollen im Plankton, auffällig die von Nadelbäumen.

Dank

Für Durchsicht des Manuskripts, Auskünfte und Literaturhinweise danke ich vielmals Herrn Dr. Kümmerlin, Langenargen, Herrn Dr. Schaumburg samt Mitarbeitern, München, und Herrn Prof. Glenk, Nürnberg. Ganz besonders danke ich Frau Dr. Lenhart, Weilheim, für zahlreiche Beiträge aus ihrer Praxis und für Angaben zur Literatur.

Anschrift des Verfassers: Dr. E. Mauch, Mühlangerstraße 11, D-86424 Dinkelscherben

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lauterbornia](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [1997_29](#)

Autor(en)/Author(s): Mauch Erik

Artikel/Article: [Die Bestimmung des Phytoplanktons in Flüssen und Seen. 1-41](#)