

# Die Algen : Bedeutung und Formenvielfalt

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **57 (2000)**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Diese Redfield-Stöchiometrie ist eine starke Vereinfachung in Wirklichkeit viel komplexerer Komponenten und Vorgänge. Algenprotoplasma ist keine einheitliche chemische Substanz, sondern ein schwer überschaubares System von Bestandteilen, die miteinander interagieren und sich ständig wandeln. Die Photosynthese wiederum ist viel komplizierter als Gleichung (6) vermuten lässt. Und trotzdem hat sich letztere beim quantitativen Arbeiten mit Plankton-Lebensgemeinschaften als sehr nützlich erwiesen, ein Beispiel für ökologische Unschärfe, die grössere Zusammenhänge oft besser aufzeigt als zu viele Einzeldaten. Aus Bruttoformel und Gleichung (6) ergeben sich die folgenden, mehrmals verwendeten Umrechnungsfaktoren:

- Die Assimilation von 10 C-Atomen setzt 13 O<sub>2</sub>-Moleküle frei, was einem Photosynthesequotienten von 1.3 entspricht (genau: 138 : 106 = 1.3)
- Die Assimilation von 1 g C setzt 3,47 g O<sub>2</sub> frei.
- Die Assimilation von 1 g C ergibt 2.8 g Algentrockensubstanz.
- Die Produktion von 1 g Algentrockensubstanz setzt 1,25 g Sauerstoff frei.
- Der oxidative Abbau von 1 g Algentrockensubstanz verbraucht 1,25 g O<sub>2</sub>.

Im folgenden Kapitel sollen die Algen nicht als Chemikalien, sondern als Lebewesen mit all ihrer Vielfalt, Schönheit und ökologischen Bedeutung besprochen werden.

## 6. Die Algen: Bedeutung und Formenvielfalt

### 6.1 Was sind Algen und was tun sie?

Die Algen sind für den See was das Gras für die Wiese und die Bäume für den Wald: Primärproduzenten, das heisst grüne Pflanzen, welche aus anorganischen Nährstoffen mit Hilfe von Licht energiereiche organische Substanz aufbauen: Bestandteile des eigenen Körpers und Reservestoffe, wie Zucker, Stärke und Fett. Sie heissen photoautotroph, weil sie ihre Energie vom Sonnenlicht beziehen und ganz ohne organische Nahrung auskommen. Im Unterschied dazu sind Bakterien, Pilze, Tiere und Menschen von organischer Nahrung abhängig. Sie heissen heterotroph, weil sie zur Gewinnung ihrer Nahrung bzw. Energie auf andere Lebewesen angewiesen sind: als Konsumenten 1. Ordnung auf Pflanzen, als Konsumenten höherer Ordnung auf Tiere, und als Zersetzer oder Destruenten auf die organischen Abfälle sämtlicher Lebewesen (*s. Abb. 1*).

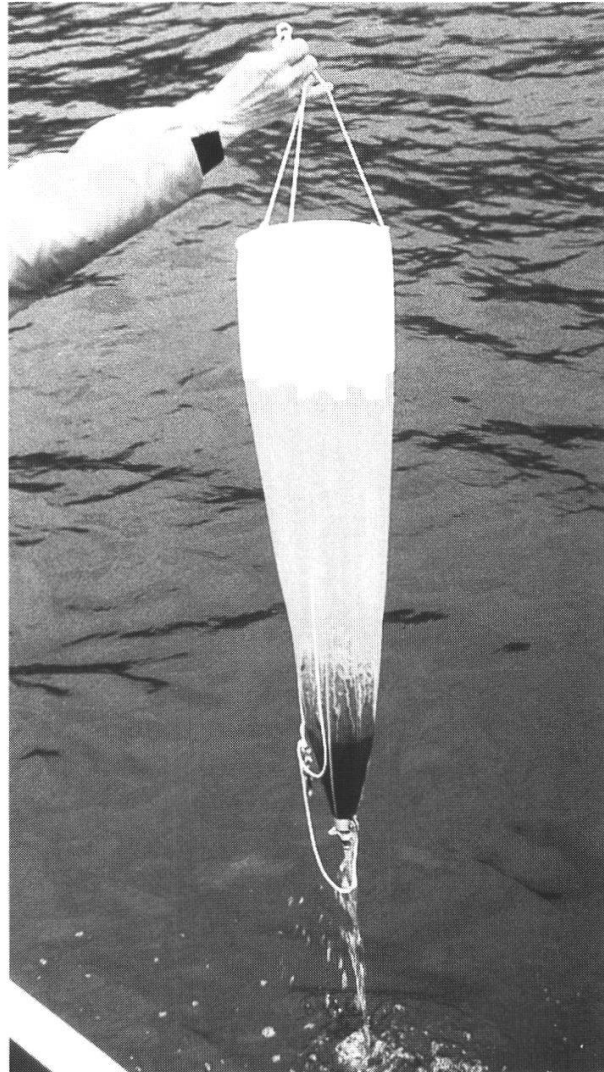
Algen sind die einfachst gebauten grünen Pflanzen, die es gibt. Viele sind einzellig, andere bilden kleinste mehrzellige Kolonien, kugelig, tellerförmig, fädig oder baumartig verzweigt. Die meisten Algen eines Sees sind mikroskopisch klein und daher von blossen Auge nicht sichtbar. Im Uferbereich bilden einige mehrzellige und fadenförmige Arten wattebauschähnliche Polster (*Cladophora*, *Spirogyra*). Im Litoral oligotropher Seen leben unter Wasser auch die grösseren, komplizierter gebauten, schachtelhalmähnlichen Armleuchteralgen (*Characeen*). Am Meeresstrand sind noch grössere Algen mit vielfältigen Formen bekannt, so zum Beispiel der bis 1/2 m grosse Meersalat (*Ulva lactuca*) oder der bis 1 1/2 m grosse, handförmig gefächerte Palmentang (*Laminaria*).

Die im Uferbereich eines Sees in oft dichten Beständen lebenden Laichkräuter sind keine Algen, sondern höhere Samenpflanzen. Auf ihnen leben freilich, als Aufwuchs, zahlreiche festsitzende Algenarten.

### 6.2 Die Algen der Freiwasserzone

Im Bielersee bestreiten sie rund 80% der Primärproduktion [73, 141]. Sie sind mikroskopisch klein und freischwebend, mit geringer oder ohne Eigenbeweglichkeit. Sie bilden das pflanzliche Plankton oder Phytoplankton.

Kegelförmige Netze mit Porenweiten von 30–60  $\mu\text{m}$  (siehe *Abbildung 17*) erlauben den Fang von grösseren Formen (Netzplankton). Das Konzentrat kann unter dem Mikroskop untersucht werden. Algen mit Durchmessern von  $<30 \mu\text{m}$  bilden das Nannoplankton («Zwergplankton», auch Nanoplankton genannt). Es wird in Netzen mit Maschenweiten von  $<30 \mu\text{m}$  zurückgehalten. Noch kleinere Algen ( $<3 \mu\text{m}$ ), die oft schwer bestimmbar sind (Picoplankton), können mit Netzen kaum gefangen werden. Sie lassen sich nur an Wasserproben untersuchen, die man zentrifugiert oder sedimentieren lässt. Trotz ihrer geringen Grösse leisten die kleinsten Algen einen gewichtigen Beitrag zur Biomasse (s. 7.2.5) und Primärproduktion von Seen und Ozeanen [130].

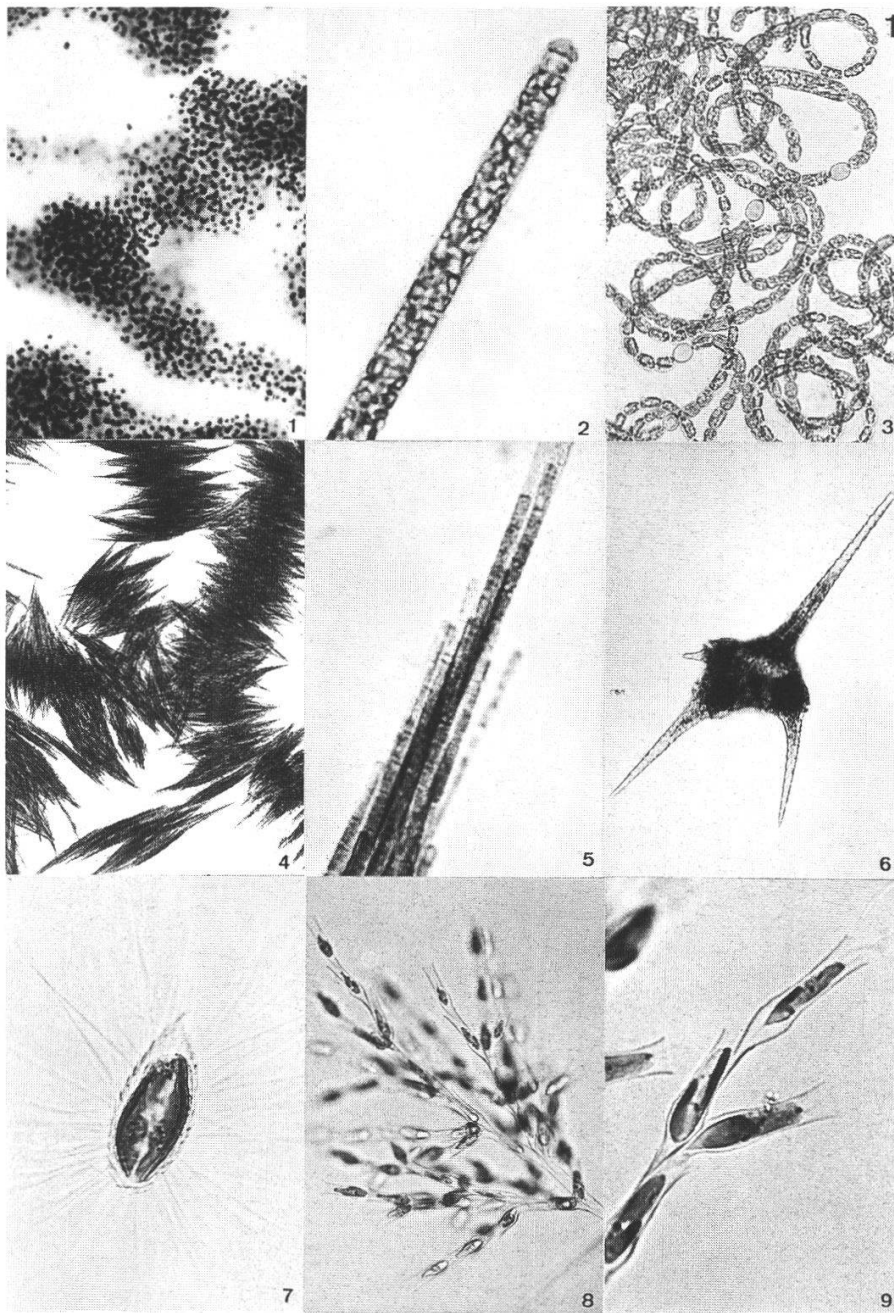


*Abbildung 17:* Ein feinmaschiges Planktonnetz zum Fang von Algen. Im See herrschte 1983 eine Massenvermehrung der Jochalge *Mougeotia*, welche im unteren Teil des Netzes einen dunklen Brei bildete.

### 6.3 Beispiele für Bielersee-Algen

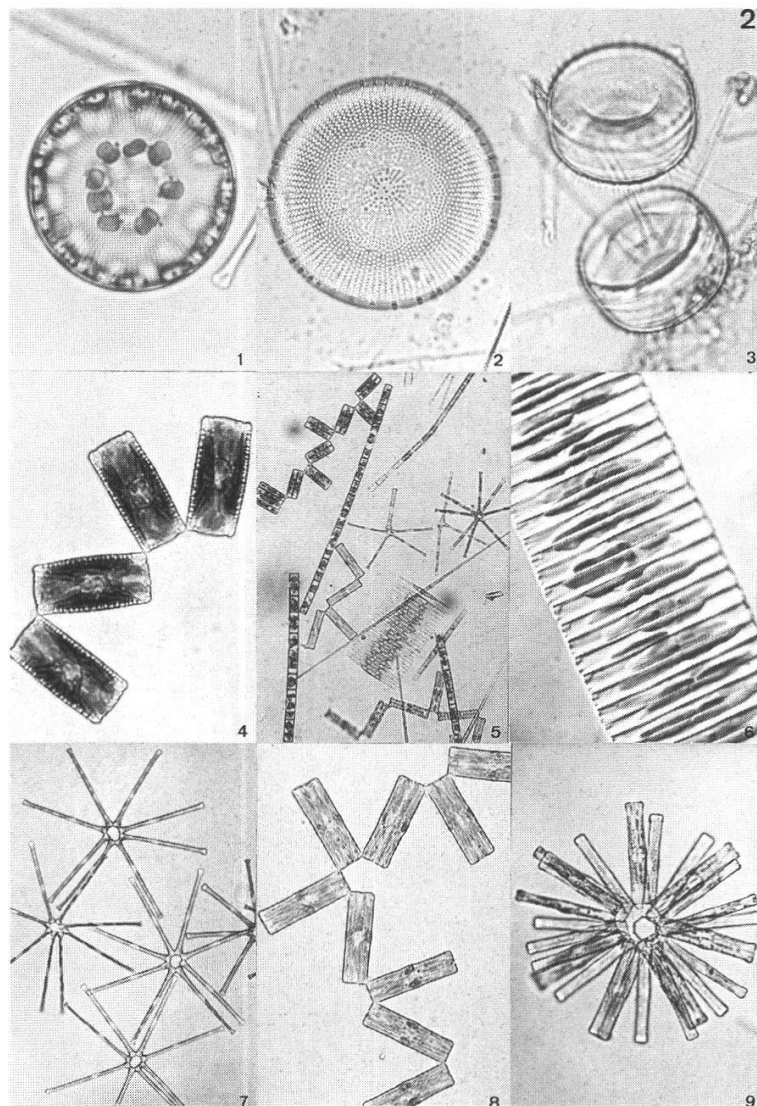
Im Bielersee haben wir über 200 Arten identifiziert. Einige typische Vertreter sind auf den Tafeln 1 bis 3 dargestellt. Folgende Gruppen waren für unsere Arbeit wichtig:

- Blaualgen, Cyanophyta: bakterienähnlich, ohne Zellkern, daher auch Cyanobakterien genannt. Sie bilden mehrzellige Fäden (Tafeln 1/2–5) oder mit Gallerte verbundene klumpenartige Kolonien (Tafel 1/1). Farbe gelbgrün, grün, blaugrün, stahlblau,



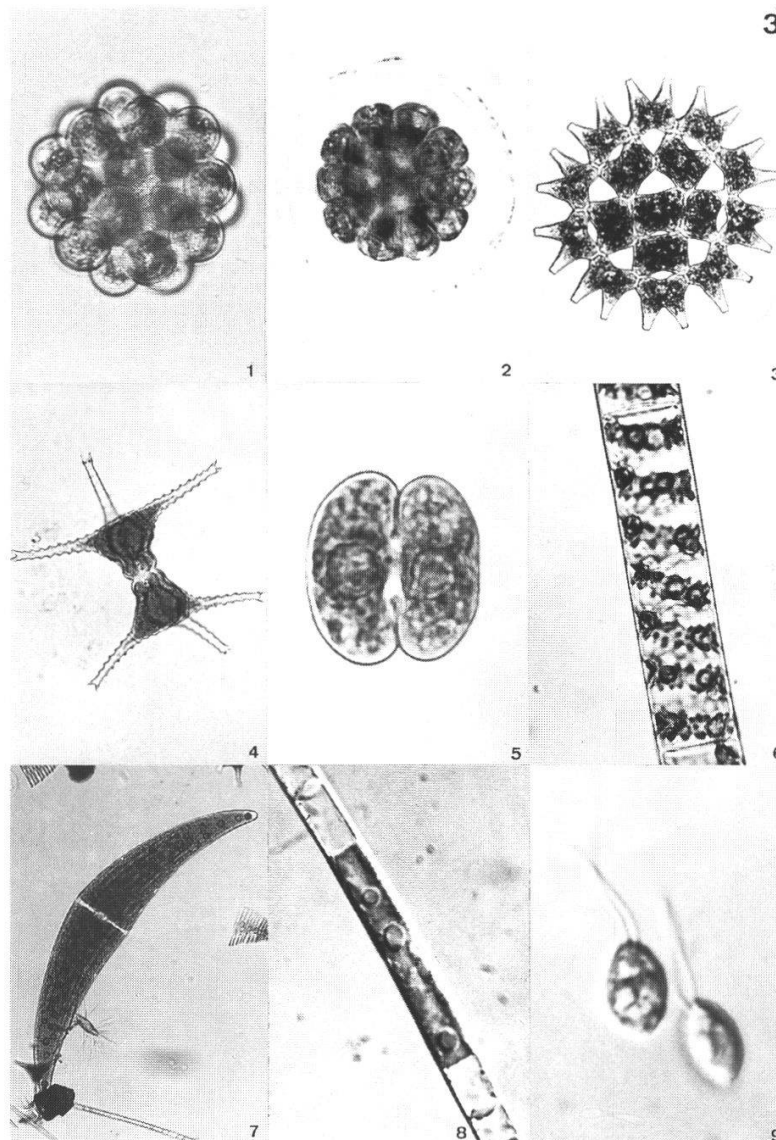
Tafel 1: Blaualgen (1–5), Feualgen oder Panzerflagellaten (6), Goldalgen (7–9)

1. *Microcystis aeruginosa*, Netzblualge. Zahlreiche rundliche Zellen (3–7 $\mu$ m) liegen in einer netzartigen Gallertmasse. Bildet oft Algenblüten.
2. *Oscillatoria rubescens*, Burgunderblutalge. Ende eines mehrzelligen Fadens, 6–8  $\mu$ m breit, 1 Zelle 2–4  $\mu$ m hoch. Erste auffallende rötliche Blüte im Murtensee 1825, s. 6.6.
3. *Anabaena flos-aquae*, Ringelalge. Die 6–8  $\mu$ m langen Zellen bilden gekräuselte, in Gallerte eingebettete Ketten. Die grösseren hellen Zellen (Heterocysten) können Luftstickstoff assimilieren.
4. *Aphanizomenon flos-aquae*, Grüne Spanalge. Dichte Bündel von Algenfäden.
5. *Aphanizomenon* bei starker Vergrösserung. Dicke eines Fadens 5–6  $\mu$ m.
6. *Ceratium hirundinella*, Hornalge. Bis 400  $\mu$ m lange Feualge.
7. *Mallomonas caudata*, geschwänzte Goldalge mit zahlreichen langen Borsten aus Kieselsäure. 50–80  $\mu$ m.
8. *Dinobryon*-Art, Becherbäumchen. Jede begeisselte Zelle liegt in einem kelchförmigen Gehäuse. Diese bilden baumartig verzweigte Kolonien. Gehäuse bis 100  $\mu$ m lang.
9. *Dinobryon* bei starker Vergrösserung



Tafel 2: Kieselalgen

1. *Cyclotella compta*, Hübsche Scheibchenkieselalge. Durchmesser 15–50  $\mu\text{m}$ . Typisch sind die randständigen Radialstreifen und kleine Höcker am Ursprung jedes zweiten Streifens. Chloroplasten am Rand und in der Mitte.
2. *Stephanodiscus astraea*, grosses Zackenscheibchen. Glühpräparat der Zellwand aus Kieselsäure, Schalenansicht, zeigt die bis zur Mitte reichenden Punktreihen und den randständigen Dornenkranz. Durchmesser 30–70  $\mu\text{m}$ .
3. *Stephanodiscus*, Glühpräparat, Schalen- und Gürtelbandansichten, zeigen Form und Dicke der Zellen sowie die randständigen Dornen.
4. *Diatoma vulgare*, Gemeine Zickzack-Kieselalge. 4 Zellen in Gürtelbandansicht. 30–60  $\mu\text{m}$  lang.
5. Mischpräparat verschiedener Kieselalgen: Links oben *Diatoma*, rechts davon *Melosira* (Fadenkieselalge), daneben *Tabellaria fenestrata* (s. 8 u. 9), in der Mitte *Asterionella* (s. 7), Darunter die lange nadelförmige *Synedra acus* (Nadelkieselalge, 100–300  $\mu\text{m}$  lang), darunter eine gartenzaunartige Kolonie von *Fragilaria crotonensis* (Kamm-Kieselalge, Zellen 40–150  $\mu\text{m}$  lang, vgl. mit 6), darunter *Tabellaria* und *Melosira*.
6. *Fragilaria virescens*, Bruchkieselalge, Kolonie rechteckiger Zellen in Gürtelbandansicht, 25–100  $\mu\text{m}$  lang (vgl. mit 5).
7. *Asterionella formosa*, Schwebesternchen, Kolonien aus 8 Zellen, 40–130  $\mu\text{m}$  lang.
8. *Tabellaria fenestrata*, Fensterkieselalge, zickzackförmige Kolonie im Winter. 30–140  $\mu\text{m}$ .
9. *Tabellaria fenestrata*, sternförmige Kolonie im Sommer und Herbst.



Tafel 3: Grünalgen (1–3), Jochalgen (4–8), Cryptophyceen (9)

1. *Coelastrum microporum*, Kugelhohlstern. Hohle Kolonie von 20–30 rundlichen Zellen. Zelldurchmesser 6–30  $\mu\text{m}$ .
2. *Pandorina morum*, Maulbeer-Grünalge. Kugelige Kolonie von 16–32 dichtstehenden begeißelten Zellen innerhalb einer Gallerthülle. Beweglich, Zellen 8–16  $\mu\text{m}$ , Kolonie bis 250  $\mu\text{m}$ .
3. *Pediastrum duplex*, Durchbrochenes Zackenrädchen. Flache Kolonie aus 16 Zellen. Randzellen mit 2 Fortsätzen. Zellen 4–80  $\mu\text{m}$ , Kolonie 30–300  $\mu\text{m}$ .
4. *Staurastrum*-Art, Sechсарmiger Dornenstern. Symmetrisch eingeschnürte Zelle mit 3 Fortsätzen pro Hälfte. 40–70  $\mu\text{m}$ .
5. *Cosmarium*-Art, eine Zieralge. Symmetrisch eingeschnürte Zelle mit 2 nierenförmigen Hälften. 30–50  $\mu\text{m}$ .
6. *Spirogyra*-Art, Schraubenalge. Eine Zelle mit spiralgig aufgewundenem Chloroplasten. Bildet in der Uferregion wattebauschähnliche Polster. Zelle etwa 100  $\mu\text{m}$  lang.
7. *Closterium ehrenbergii*, Grosse Mondalge. Symmetrisch, mit Gipskristallen an beiden Zellenden. 230–880  $\mu\text{m}$  lang.
8. *Mougeotia*-Art, Plattenalge. 1 Zelle mit plattenförmigem Chloroplasten (auf dem Bild ist die Breitseite sichtbar) und eingelagerten eiweiss- und stärkehaltigen Körnchen (Pyrenoide). Typisch sind die linsenartigen Querwände.
9. *Rhodomonas*-Art, sehr kleine Flagellaten des Nanoplanktons mit 2 Geisseln. 20–30  $\mu\text{m}$ .

- braun, rötlich, rostbraun, schwarz. Mit Gasvakuolen regulieren viele ihr spezifisches Gewicht und schichten sich in optimale Wassertiefen ein. Einige Arten können elementaren Stickstoff assimilieren, beispielsweise *Anabaena* (Tafel 1/3).
- Goldalgen, Chrysophyceen: goldgelb, grüngelb oder bräunlich. Einige Arten sind mit Geisseln beweglich (Tafel 1/8).
  - Kieselalgen, Diatomeen oder Bacillariophyceen: Sie haben starre «geometrische» Gestalt (s. Tafel 2) mit glasartigen Zellwänden aus Kieselsäure, die beim Ausglühen oder nach Behandlung mit konzentrierter Salpetersäure erhalten bleiben (Tafeln 2/2–3). Jede Zellwand besteht aus 2 Schalen, wie eine Petrischale oder Schuhschachtel. Die Zellkerne der Kieselalgen sind im Unterschied zu andern Algen diploid.
  - Feueralgen, Panzerflagellaten, Dinophyceen: Viele sind gepanzert (Tafel 1/7), die meisten bewegen sich mit Geisseln.
  - Grünalgen, Chlorophyceen: weltweit 5000–8000 Arten. Meist grün mit Chlorophyll a und b, Zellwände aus Zellulose und Pektin, wie höhere Pflanzen.
  - Jochalgen, Conjugatophyceen: ähnlich wie Grünalgen, mit bilateral symmetrischen Zellen (Tafeln 3/4–8). Bei geschlechtlicher Vermehrung bilden benachbarte Zellen eine jochartige Verbindung.
  - Armleuchteralgen, Characeen: Sie leben nur in der Uferregion oligotropher Seen und bilden schachtelhalmähnliche, 10–20 cm hohe zierliche Pflanzen.
  - Cryptophyceen: Der Name bedeutet «versteckte» Lebensweise. Man trifft sie im Netzplankton wegen ihrer geringen Grösse nicht an. Diese wichtigen Vertreter des Nanoplanktons bewegen sich mit 2 Geisseln (Tafel 3/9). Farbe veränderlich, oft rostbraun.

#### 6.4 *Wie Algen zu rasches Absinken verhindern*

Das pflanzliche Plankton hat beschränkte oder keine Eigenbeweglichkeit. Es schwebt im Wasser und wird durch Strömungen leicht verfrachtet. Da das spezifische Gewicht der Algen wenig höher ist als dasjenige von Wasser, haben sie eine Tendenz zum Absinken, aus der trophogenen Zone in die tropholytische Zone, wo sie infolge Lichtmangels absterben.

Algen verfügen über verschiedene Einrichtungen, welche die Absinkverluste vermindern und den Aufenthalt in der trophogenen Zone verlängern. Wesentlich ist die Eigenbeweglichkeit solitärer Flagellaten, wie *Cryptomonas* und *Rhodomonas* (Tafel 3/9), *Ceratium* (Tafel 1/6), sowie der Kolonien von *Pandorina* (Tafel 3/2), *Eudorina*, *Dinobryon* (Tafel 1/8–9) usw. Sie können sich damit aktiv gegen das Licht, das heisst zur Wasseroberfläche, bewegen.

Die Form der Zellen oder Kolonien vermag das Absinken wesentlich zu verlangsamen. Formwiderstand erzeugen beispielsweise die fadenförmigen Kolonien der Burgunderblutalge (Tafel 1/2), von *Aphanizomenon* (Tafel 1/4–5), der Kieselalge *Melosira* (Tafel 2/5), die gartenzaunartigen Verbände von *Fragilaria* (Tafel 2/5–6), die Schwebefortsätze von *Ceratium* (Tafel 1/6) und *Staurastrum* (Tafel 3/4), die langen und zahlrei-

chen Borsten von *Mallomonas* (*Tafel 1/7*), die Nadelform von *Synedra* (*Tafel 2/5*), die Bildung sternförmiger Kolonien bei *Asterionella* (*Tafel 2/7*) und *Tabellaria* (*Tafel 2/9*), oder noch zickzackförmiger Verbände bei *Tabellaria* und *Diatoma* (*Tafel 2/4–5, 2/8*).

Schliesslich kann auch das Übergewicht reduziert werden durch Gasvakuolen bei Blaualgen, durch Einlagerung von Öltröpfen (Assimilationsprodukt) bei Kieselalgen oder noch durch Bildung von Gallerthüllen bei *Sphaerocystis*, *Microcystis* (*Tafel 1/1*), *Pandorina* (*Tafel 3/2*) und andern Kolonien.

### 6.5 Aber sie sinken doch ab, und viele werden schon vorher zersetzt

Trotz all dieser Einrichtungen sinken ständig Algen von der trophogenen in die tropholytische Zone ab, mit einer mittleren Absinkgeschwindigkeit von <1 bis wenige Meter pro Tag [17]. Viele werden zudem schon in der trophogenen Zone zersetzt.

Am 17.8.1973 war im Bielersee die massenhaft auftretende begeisselte Art *Rhodomonas* (*Tafel 3/9*) im Oberflächenwasser zwischen 0 m und 3 m mit 1 bis 3,8 Mio. Individuen pro Liter vertreten, der grössere ähnliche Flagellat *Cryptomonas* erreichte zwischen 0 m und 5 m Tiefe Konzentrationen von 2–4 Mio. pro Liter. An dieser Häufung in Oberflächennähe war, nebst hoher Vermehrungsrate, die Eigenbeweglichkeit sicher wesentlich beteiligt. Unterhalb 10 m fanden sich keine *Rhodomonas* mehr, und von *Cryptomonas* lebten zwischen 15 m und 40 m Tiefe nur noch einige 100 Exemplare pro Liter.

Nach BLÖSCH [17] dürfte hierfür eine rasche Zersetzung der zarten Zellstrukturen schon vor dem Absinken ins Hypolimnion verantwortlich sein, wobei *Cryptomonas* etwas widerstandsfähiger zu sein scheint als *Rhodomonas*. Rund 77–79% des Phytoplanktons werden bereits im Epilimnion abgebaut und halten so mit ihren Abbauprodukten den kleinen Kreislauf (s. 2.3.7) aufrecht.

Absinkverluste und Abbau sind für die Lebensgemeinschaft wichtig: Sie verhindern bei Generationszeiten von wenigen Stunden bis Tagen [17, 37] «Übervölkerung» der trophogenen Zone durch Algen, schaffen Platz für neue Formen und erlauben damit eine Anpassung der Biozönose an veränderliche Umweltbedingungen. Das Absinken und der Abbau von Algen haben eine ähnliche Funktion wie das Altern und Sterben von Pflanzen, Tieren und Menschen an Land. Wir werden sehen (*Abbildungen 19 und 20* unter 7.2.5 und 7.3), wie sich, dank rascher Erneuerung, die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons im Verlauf eines Jahres, aber auch mehrerer Jahre, dauernd verändert.

### 6.6 Algenblüten

Unter besonders günstigen Bedingungen können sich verschiedene Algenarten so stark vermehren, dass sie zahlenmässig alle übrigen Algen übertreffen und das Wasser verfärben. Dabei können sie, besonders Blaualgen, an der Wasseroberfläche einen



dichten farbigen Belag bilden, vergleichbar mit ausgeflossener Ölfarbe. Solches Massenaufreten wird als Algen-, See- oder Wasserblüten bezeichnet. 1825 verfärbte sich das Wasser des Murtensees plötzlich schmutzig rot. Im Volksmund wurde das Phänomen als ein Wiederaufsteigen des Blutes der Burgunder gedeutet, welche, von Herzog Karl dem Kühnen angeführt, 1476 durch das Heer der Eidgenossen bei Murten geschlagen und grösstenteils in den See abgedrängt wurden. In Wirklichkeit wurde die Rotfärbung des Murtensees durch eine Blüte der (rötlichen) Blualge *Oscillatoria rubescens* (Tafel 1/2) verursacht. Dies brachte ihr den noch heute gebräuchlichen Namen Burgunderblut-Alge ein.

Wir haben anlässlich unserer Untersuchungen am Bielersee zahlreiche Algenblüten beobachtet, beispielsweise 1971 eine Massenvermehrung der Blualge *Microcystis aeruginosa* (Tafel 1/1), welche an der Wasseroberfläche einen grünen Belag bildete und nach dem Absterben der Algen und dem Zerfall ihrer Schleimhüllen weite Bereiche des Sees aufschäumen liess. In einem späteren Jahr verfärbte sich die ganze Seeoberfläche rostbraun durch eine Mischblüte von *Cryptomonas* und *Rhodomonas* (Tafel 3/9), mit Sichttiefen von 20–30 cm. 1980 «blühte» in Ufernähe die Blualge *Aphanizomenon* (Tafel 1/4–5) und bildete an der Wasseroberfläche einen grünen Belag bei einer Sichttiefe von knapp 30 cm. Auch die Kieselalge *Asterionella* (Tafel 2/7) bildete einmal eine Blüte, ohne freilich an der Wasseroberfläche «aufzurahmen».

Algenblüten bilden sich auch in Meeren. Häufig kommt es zu Massenvermehrungen von gelblich-rötlichen Panzerflagellaten. Solche Phänomene werden als «Red Tides» (Rote Fluten) bezeichnet [6]. «Red Tides» sind unbeliebt, weil verschiedene der daran beteiligten Algen toxisch sind.

## 6.7 Algengifte

Einige Blualgen-Arten, wie *Microcystis*, *Oscillatoria* und *Anabaena* (Tafel 1/1–3), aber auch gewisse Panzerflagellaten, können, ähnlich wie Bakterien, Toxine bilden und dadurch giftig werden. Ihre Toxizität tritt vor allem bei der Bildung von Algenblüten in Erscheinung. Die Algen werden dann massenhaft von Muscheln, tierischem Plankton usw. gefressen, und die fettlöslichen Gifte werden den Nahrungsketten entlang konzentriert. Dabei handelt es sich entweder um Nervengifte oder um Lebergifte, wobei etliche krebserregend sein könnten [30]. Muscheln, welche sich von Blüten toxischer Algen ernähren, können beim Menschen Bewusstseins- oder Verdauungsstörungen verursachen. Fische und andere Meerestiere können zugrunde gehen, wenn sich in ihrer Nahrung Algengifte angereichert haben. So gingen 1987 14 Buckelwale den amerikanischen Küsten entlang ein. Sie hatten Makrelen gefressen, die Kleinfische oder Zooplankton verzehrt hatten, welche sich ihrerseits von Panzerflagellaten namens *Alexandrium* ernährt hatten. Diese erzeugen ein Nervengift [30].