

# Aufwuchsalgen im Donaustrom bei Klosterneuburg (Österreich)

Michael SCHAGERL und Karl DONABAUM

Am rechten Ufer des Donaustromes wurden zwischen Stromkilometer 1943,2 und 1938,9 Untersuchungen zur Zusammensetzung des Mikrophytobenthos und Donauplanktons durchgeführt. Zusätzlich zur taxonomischen Bearbeitung mit Abundanzschätzungen wurde versucht, mit Hilfe von klassenspezifischen Pigmentmarkern die prozentuellen Anteile wichtiger Algenklassen zu ermitteln. Während im Donauplankton Kieselalgen vorherrschten, dominierten im Benthos Blaualgen. Kieselalgen und Grünalgen wurden im Phyto­benthos in geringerem Umfang festgestellt. Auf kleinen Steinen ging der Blaualgenanteil zugunsten der Kieselalgen zurück, was auf häufigere Umlagerungen zurückzuführen war. Zwischen den Standorten konnten keine bedeutenden Unterschiede des Aufwuchses festgestellt werden.

An vier Terminen wurden künstliche Substrate ausgebracht und über eine Dauer von 10 bis 14 Tagen exponiert (Fliesenunterseiten und gereinigte, sterile Donasteine). Es wurden nur sehr geringe Blaualgenmengen beobachtet, im mikroskopischen Bild herrschten Kiesel- und Grünalgen vor. Innerhalb der kurzen Expositions­dauer, die aufgrund der starken Donaupegelamplituden gewählt wurde, konnten sich die langsam wachsenden Cyanobakterien nicht etablieren.

SCHAGERL M. & DONABAUM K., 1998: Periphyton in the Danube River near Klosterneuburg (Austria).

Investigations of the microphytobenthos and phytoplankton were carried out at the right bank of the Danube between river kilometer 1943.2 and 1938.9. In addition to standard taxonomic procedures, predominating algal classes were determined by means of class-specific pigment markers. While diatoms prevailed in the Danube plankton, the phyto­benthos consisted mainly of blue-greens. Diatoms and greens were of minor importance in the periphyton. Compared with their abundance on large gravel, blue greens decreased on small pebbles and diatoms increased; this attributed to a more frequent relocation.

On four occasions, artificial substrates were exposed 10 to 14 days (sterile gravel and tiles). In contrast to the natural phyto­benthos, greens and diatoms prevailed. Blue-greens were observed only in small quantities. Blue-greens which only increase slowly, could not establish within the short exposure time, which was chosen on account of the strong water level fluctuations.

Keywords: algae, phyto­benthos, phytoplankton, pigments, taxonomy, Danube.

## Einleitung

Aufwuchsalgen sind eine bedeutende Komponente limnischer Ökosysteme. Besonders in seichten Gewässern kann Periphyton den tragenden Teil der autochthonen Primärproduktion übernehmen (WETZEL 1983). In Rhithral-

bereichen von Fließgewässern stellen epilithische Algen und Wassermoose den Hauptanteil der Primärproduzenten. Kronenschluß der Ufervegetation und häufige Umlagerungen der Bachsedimente infolge von Hochwasserereignissen sind nicht selten wachstumslimitierende Faktoren. In Fließgewässern mit Flußordnungszahlen zwischen 3 und 6 nach STRAHLER (1964) sind benthische Algen häufig die Hauptquelle der autochthonen Produktion (VANNOTE et al. 1980). In diesen Bereichen erreichen auch Makrophyten ihre größte Verbreitung (LAMBERTI 1996), für sie herrschen hier optimale Lichtbedingungen und Fließgeschwindigkeiten. Die Höheren Wasserpflanzen werden dabei von epiphytischen Lebensgemeinschaften überzogen, wobei Algen eine tragende Rolle zukommt. Nach dem „river continuum concept“ dominieren in Flüssen mit Flußordnungszahlen  $> 6$  Phytoplankter als Primärproduzenten (VANNOTE et al. 1980). Dabei ist die pelagische Algen-gemeinschaft aufgrund der hohen anorganischen Trübe häufig lichtlimitiert.

Der österreichische Donauabschnitt ist durch eine Flußordnungszahl von 9 gekennzeichnet (WIMMER & MOOG 1994). In Abhängigkeit von der Hydrologie und der Jahreszeit können beträchtliche Phytoplanktonmengen beobachtet werden (bis  $67 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  Chlorophyll a [Chl-a]; RIEDLER & SCHAGERL 1998). Obwohl es sich beim Donaustrom um einen Fluß mit großer Ordnungszahl handelt und Phytoplankton die Hauptquelle des autochthon fixierten Kohlenstoffes ist, darf das Phytobenthos nicht vernachlässigt werden. Durch die Errichtung der österreichischen Staustufen wurde die Umlagerung der Donausohle drastisch reduziert, wodurch benthische Algen verstärkt Fuß fassen konnten. Vor allem in Ufernähe sind dicke Algenüberzüge auf dem Donauschotter vorhanden, die sich bereits makroskopisch als glitschig-braune Beläge bemerkbar machen.

Obwohl benthische Algen eine wichtige Organismengruppe des Donaustromes darstellen, wurden sie im österreichischen Abschnitt bisher von der Literatur nur spärlich berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der bisher gefundenen Algenarten geben HUMPESCH & MOOG (1994). Erste Phytobenthosuntersuchungen wurden im Raum von Linz von HANDMANN (1914 in SZEMES 1967a, b) durchgeführt. Unter den 107 aufgefundenen Kieselalgen-taxa kamen die Gattungen *Ceratoneis*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Gomphonema* und *Surirella* sehr häufig vor. WEBER (1960) studierte die benthischen Kieselalgen im österreichischen Donauabschnitt an zehn Probestellen. Der Autor beschrieb im Längsverlauf insgesamt 95 Kieselalgentaxa, wobei in der Artenzusammensetzung keine bedeutenden Unterschiede verzeichnet wurden. In Nußdorf (Strom-km 1934,1) wurden 35 Taxa gefunden, an diesem Standort dominierten *Achnanthes minutissima* KÜTZ., *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (EHR). GRUNOW, *Gomphonema olivaceum* (HORNEMANN) BREB.,

*Navicula viridula* (KÜTZ.) EHR. und *Nitzschia dissipata* (KÜTZ.) GRUNOW. BURSİK-HEGER (1973) bearbeitete Aufwuchsalgen auf Pontons im Wiener Raum, ging jedoch nicht auf die Algen im Benthal ein. Auf den Pontons, die eine konstante Wasseranschlaglinie aufweisen, konnte in der Frühjahrsperiode eine deutliche Zonierung festgestellt werden. Im Wasser bildeten zahlreiche Büschel von *Cladophora glomerata* (L.) KÜTZ. mit epiphytischen Kieselalgen dichte Überzüge. An der Wasseranschlaglinie trat *Ulothrix zonata* KÜTZ. gemeinsam mit Diatomeen stark in den Vordergrund. In der Spritzwasserzone wurde *Chlorococcum botryoides* RABENHORST als grüner Anflug beobachtet, das in der aktuellen Bestimmungsliteratur als unsichere und zu streichende Art angeführt wird (ETTL & GÄRTNER 1988). KANN (1983) untersuchte den benthischen Algenaufwuchs im österreichischen Donauabschnitt, wobei die dominierende Klasse der Kieselalgen nicht weiter behandelt wurde. Die Autorin hielt fest, daß der Algenbewuchs häufig durch die starke Sedimentation der anorganischen Trübe limitiert ist. Nach KANN (1983) sind die häufigsten Arten unter den Blaualgen *Chamaesiphon polymorphus* GEITLER, *Homoeothrix varians* GEITLER, *Phormidium autumnale* (AG.) GOMONT, *P. subfuscum* KÜTZ. und *Pleurocapsa minor* (HANSGIRG) GEITLER. Unter den Rotalgen wurden lediglich *Chantransia*-Vorkeime gefunden, als häufiger Vertreter der Xanthophyceen war *Tribonema* zu beobachten. Als dominante Grünalgenarten führt KANN (1983) *Cladophora glomerata*, *Sporotetras pyriformis* BUTCHER und *Ulothrix zonata* an. In neueren Publikationen, die den östlichen österreichischen Donauabschnitt behandeln, wurde das Mikrophythobenthos nicht mehr berücksichtigt (ISD 1989, JUNGWIRTH & REHAHN 1986, LÖFFLER 1986).

Die vorliegende Studie wurde vor Errichtung des Kraftwerkes Freudenu durchgeföhrt und stellt eine Status-quo-Erhebung der benthischen Algen dar. Dieser ehemals freifließende Donauabschnitt liegt heute im Stauwurzelbereich der Staustufe Wiens. Die nunmehr letzte freie Fließstrecke der österreichischen Donau befindet sich unterhalb Wiens und reicht bis zur ungarisch-slowakischen Grenze.

Neben der taxonomischen Einordnung der Algen wurde versucht, den Aufwuchs mittels HPLC zu quantifizieren (SCHAGERL & DONABAUM 1998). Zur Abschätzung der Klassenanteile über die Berechnung von klassenspezifischen Pigmentracern stellt diese Methode ein sehr effektives und zeitsparendes Hilfsmittel dar und wird bereits bei Phytoplanktonuntersuchungen eingesetzt (BIANCHI et al. 1993, DOWNES et al. 1993, GIESKES & KRAAY 1983, 1986, LATASA et al. 1992, LEHMAN 1981, MILLIE et al. 1993a, b, RIEDLER & SCHAGERL 1998, ROY 1989, SCHAGERL et al. 1996, SCHAGERL & DONABAUM, in prep., SCHAGERL & RIEDLER, in press).

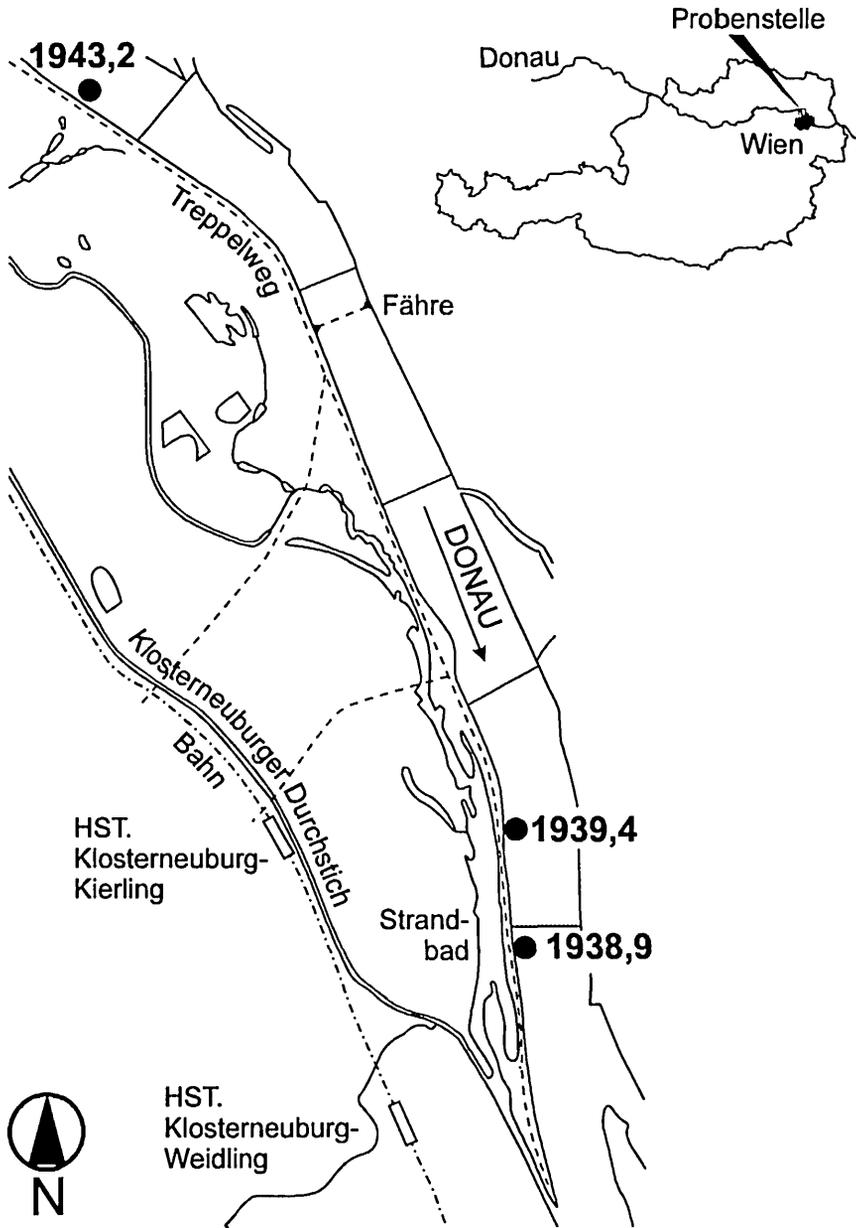


Abb. 1: Untersuchungsgebiet bei Klosterneuburg, Lage der Probenpunkte. — Investigation area and sampling points near Klosterneuburg.

Um Informationen über den Biomassezuwachs und die Primärsukzession der benthischen Algen zu bekommen, wurden zusätzlich künstliche Substrate exponiert und analysiert.

## Material und Methoden

Am rechten Ufer des Donaustromes wurde 1994 an acht Terminen (18.7., 31.7., 22.8., 2.9., 17.11., 30.11., 8.12., 20.12.) an drei Standorten (Strom-km: 1938,9; 1939,4; 1943,2; Abb. 1) Grottschotter aus 0,4 m Wassertiefe entnommen und der Algenbewuchs abgeschabt. Eine kurze Charakterisierung des Donaustromes in Österreich ist in Tabelle 1 zu finden. Für die quantitative epilithische Probenahme fand ein modifizierter Probensammler nach DOUGLAS (1958) Verwendung. Für die Kieselalgentaxonomie wurden Glühpräparate angefertigt (KRAMMER 1986). Frischmaterial und Dauerpräparate wurden im Labor analysiert (Polyvar, Fa. Reichert).

Am 18.7., 22.8., 17.11. und 8.12. wurden an den Probepunkten künstliche Substrate exponiert und nach 10 bis 14 Tagen quantitativ und qualitativ beprobt (31.7., 2.9., 30.11., 20.12.; Abb. 2). Als Substrate dienten gereinigter und sterilisierter Donauschotter unterschiedlicher Größe sowie Fliesenunterseiten.

Qualitative Planktonproben wurden mittels Netzplanktonnetz gezogen (37 µm Maschenweite). Folgende Bestimmungsliteratur wurde berücksichtigt: Blaualgen: BOURRELLY (1970), GEITLER & PASCHER (1925), KANN (1978); Chlorococcales: KOMAREK & FOTT (1983); Ulotrichales: BOURRELLY (1972),

Tab. 1: Hydrologische und chemische Daten der Donau in Österreich (Hydrographisches Zentralbüro des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft 1995, KREITNER 1997, WIMMER & MOOG 1994). – Hydrological and hydrochemical data of the Danube River in Austria (Hydrographisches Zentralbüro des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft 1995, KREITNER 1997, WIMMER & MOOG 1994).

---

Einzugsgebiet: 101 700 km<sup>2</sup>

mittlerer jährlicher Abfluß (1992): 1906 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

Pegelschwankungen: um 6 m

Flußordnungszahl: 9

mittlere Wassertemperatur (1992): 10,8 °C (Min: 1,8°C, Max: 22,4°C)

Leitfähigkeit (1993 bis 1995): 295 - 498 µS.cm<sup>-1</sup>

Nitrat-N (1993 bis 1995): 1100 - 3600 µg.l<sup>-1</sup>

SRP (soluble reactive phosphorus; 1993 bis 1995): 2 - 90 µg.l<sup>-1</sup>

---

HEERING (1914), KANN (1978); Bacillariophyceae: KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, b). Zusätzlich zur systematischen Einordnung wurden auch Abundanzschätzungen nach einer fünfstufigen Skala vorgenommen (1 - vereinzelt; 2 - selten; 3 - häufig; 4 - sehr häufig; 5 - massenhaft).

Mit Subsamples der quantitativen Proben wurde eine Trockengewichts- und Aschegewichtsbestimmung durchgeführt (Filter: Whatman GF/F, LEGLER 1988). Die Differenz aus Trockengewicht und Aschegewicht ergibt den Glühverlust ( $\approx$  organischer Anteil).

Für Pigmentbestimmungen wurden Subsamples gefiltert (Whatman GF/C) und bei  $-30^{\circ}\text{C}$  gelagert. Anschließend wurden die Filter in 90 % Aceton zerrieben und 12 Stunden bei  $+2^{\circ}\text{C}$  extrahiert. Die Suspension wurde zentrifugiert, der Überstand dekantiert und spektralphotometrisch vermessen (Berechnung nach JEFFREY & HUMPHREY 1975). Ein Teil des Pigmentextraktes wurde in Anlehnung an WRIGHT et al. (1991) mittels HPLC aufgetrennt und quantifiziert (Merck-Hitachi System; ternärer Lösungsmittelgradient mit Aqua dest., Aceton p. a. und Acetonitril p. a.; Vorderderivatisierung mit Tetrabutylammoniumhydroxid; Säule: Merck-Superspher RP-18 250/4, Vorsäule: Merck-Lichrospher RP-8 endcapped). Die Peakdetektion und Integration erfolgten bei 440 nm (SCHAGERL 1993). Die Ermittlung der prozentuellen Anteile wichtiger Algenklassen wurde mit Hilfe klassenspezi-

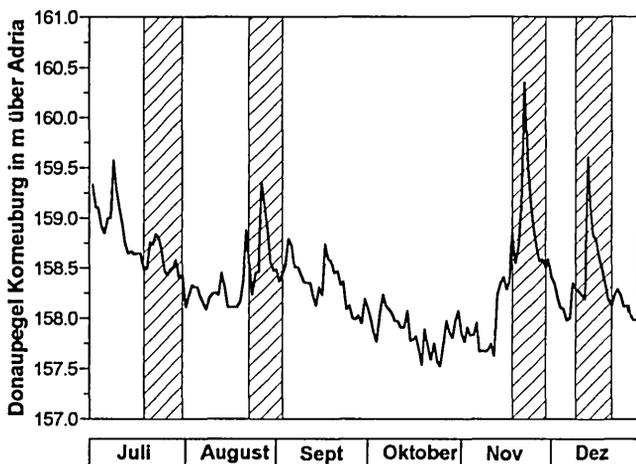


Abb. 2: Donaupegel Korneuburg von Juli bis Dezember 1994. Die Probestermine sowie die Expositionsdauer der künstlichen Substrate sind schraffiert hinterlegt. – Water level at Korneuburg from July to December 1994. Sampling dates and exposition times of artificial substrata are hatched.

fischer „pigment ratios“ durchgeführt (Bacillariophyceae: Fucoxanthin; Cyanobacteria: Echinenone; Chlorophyta: Lutein; SCHAGERL & DONABAUM, in prep., SOMA et al. 1993, WILHELM et al. 1991).

## Ergebnisse

### Algenzusammensetzung auf natürlichen Substraten

Die Gesamtartenliste des Phytobenthos und Phytoplanktons wurde in Tabelle 2 zusammengestellt. Insgesamt wurden 152 Taxa dokumentiert, Kieselalgen waren am stärksten vertreten (Tab. 3). Interessant erscheint das Auftreten zart gebauter Chrysoflagellaten im Donauplankton, das immerhin starken Turbulenzen ausgesetzt ist. *Dinobryon divergens* konnte an zwei Terminen, *Synura petersenii* gar an sechs Terminen beobachtet werden.

Die Strom-km-Punkte 1938,9, 1939,4 und 1943,2 zeigten sehr ähnliche Algenassoziationen, standortspezifische Unterschiede waren nur teilweise in den Abundanzschätzungen festzustellen. Mit Ausnahme der Probenstermine 31.7. und 2.9. (Standort 1939,4 km) trat die fädige Blaualge *Lyngbya martsiana* mit großen relativen Häufigkeiten auf. Als zweite bedeutende Blaualge konnte *Phormidium* sp. beobachtet werden (Trichombreite etwa 1-2 µm). Diese beiden Cyanobakterien stellten die gesamte Untersuchungsperiode hindurch einen gleichmäßig hohen Algenbiomasseanteil (Abb. 3). Die von KANN (1983) häufig gefundene Blaualgengattung *Chamaesiphon* konnte nicht beobachtet werden.

An den Sommerterminen 18.7., 31.7. und 2.9. wurde gehäuft die fädige Grünalge *Cladophora glomerata* beobachtet. Die höchsten relativen Häufigkeiten waren am km-Punkt 1938,9 zu verzeichnen. *C. glomerata* zeigte eine gedrungene Wuchsform mit bis zu 1 cm langen Fadenbüscheln. Die Gattung *Cladophora* ist ein typischer Vertreter nährstoffreicher Gewässer und besonders in der wärmeren Jahreszeit anzutreffen. *Stigeoclonium tenue*, eine weitere fädige Grünalge (Chaetophorales), zeigte kein regelmäßiges zeitliches und räumliches Verbreitungsmuster (gehäuftes Auftreten am 31.7., km-Punkt 1943,2; 20.12., km-Punkt 1938,9). Während der Sommerperiode wurden im Aufwuchs vermehrt kokkale Grünalgen festgestellt, deren Vorkommen teilweise durch Sinkverluste des Donauplanktons erklärbar ist (Tab. 2). Aus den Pigmentanalysen war nur in der Sommerperiode ein 10%iger Grünalgenanteil am Phytoplankton ersichtlich, ansonsten dominierten Kieselalgen (Abb. 3). Aus den relativen Häufigkeiten ist abzuleiten, daß die planktonischen Grünalgen *Coelastrum microporum*, *Pediastrum boryanum*

Tab. 2: Artenliste mit Abundanzen (1 - vereinzelt; 2 - selten; 3 - häufig; 4 - sehr häufig; 5 - massenhaft; Plankton/Benthos). — Algal species and relative frequencies (1 - sporadic; 2 - rare; 3 - frequent; 4 - very frequent; 5 - large quantities).

Arten	18.7.	31.7.	22.8.	2.9.	17.11.	30.11.	8.12.	20.12.
<b>CYANOPHYCEAE</b>								
<i>Aphanocapsa cf. fonticola</i> HANSGIRG	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) NÄG.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-
<i>Gomphosphaeria</i> sp. KÖTZ.	-/-	-/1	-/1	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-
<i>Lyngbya kützingii</i> KIRCHNER	-/-	-/-	-/-	-/3	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Lyngbya martensiana</i> MENEGH.	-/3	-/1	-/5	-/3	-/3	-/3	-/5	1/3
<i>Merismopedia</i> sp. MEYEN	-/-	-/1	-/1	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Oscillatoria limosa</i> AG.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Oscillatoria tenuis</i> AG.	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Oscillatoria</i> sp. VAUCHER	-/1	-/-	-/-	-/1	-/-	1/1	-/-	-/-
<i>Phormidium</i> sp. KÖTZ.	-/4	-/3	-/3	-/3	-/3	-/2	-/4	-/2
<i>Pleurocapsa minor</i> (HANSGIRG) GEITLER	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/1
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Chroomonas nordstedtii</i> SKUJA	-/-	-/-	-/1	-/-	1/-	-/-	1/1	-/-
<i>Cryptomonas erosa</i> EHR.	-/-	-/1	-/-	-/1	-/-	-/-	1/1	-/-
<i>Cryptomonas marssonii</i> SKUJA	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-
<i>Cryptomonas</i> sp. EHR.	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Rhodomonas</i> sp. KARSTEN	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
<i>Dinobryon divergens</i> IMHOF	1/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Hymenomonas roseola</i> STEIN	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-
<i>Mallomonas</i> sp. PERTY	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-
<i>Symura petersenii</i> KORS.	-/-	1/-	-/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
<b>DINOPHYCEAE</b>								
<i>Ceratium hirundinella</i> (MÜLLER) SCHRANK	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Gymnodinium</i> sp. STEIN EMEND. KOFOID ET SWEZY	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Peridinium</i> sp. EHR.	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-	-/-	-/-
<b>CHLOROPHYTA</b>								
<i>Actinastrum hantzschii</i> LAGERHEIM	1/-	3/-	-/-	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i> (REINSCH) KORS.	-/-	1/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Ankistrodesmus cf. falcatus</i> (CORDA) RALFS	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Ankistrodesmus</i> sp. CORDA	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Chlamydomonas</i> spp. EHR.	1/-	1/1	-/-	1/-	-/-	-/1	-/1	-/-
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) KÖTZ.	-/2	-/2	-/-	-/2	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Closterium acerosum</i> (SCHR.) EHR. EX RALFS	-/-	1/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Closterium moniliferum</i> (BORY) EHR. EX RALFS	-/-	-/1	-/-	-/2	-/-	-/1	-/-	1/1
<i>Closterium pronum</i> BREB.	-/-	-/1	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Closterium cf. tumidulum</i> GAY	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Closterium</i> sp. NITZSCH	1/1	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Coelastrum astroideum</i> DE NOT.	1/-	-/2	-/-	2/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Coelastrum microporum</i> NÄG.	1/-	3/3	-/1	1/1	1/-	-/-	-/-	-/-

CHLOROPHYTA (Fortsetzung)	18.7.	31.7.	22.8.	2.9.	17.11.	30.11.	8.12.	20.12.
<i>Coelastrum polychordum</i> (KORS.) HIND.	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> KORS.	-/-	-/1	-/1	1/-	-/-	-/-	1/-	-/-
<i>Coelastrum reticulatum</i> (DANG) SENN SENSU TEIL.	-/-	-/1	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Cosmarium botrytis</i> MENEGH.	-/-	-/1	-/1	½	-/-	-/-	-/-	-/1
<i>Cosmarium wembaerense</i> SCHMIDLE	-/1	-/-	-/1	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Cosmarium</i> spp. CORDA	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (KIRCHNER) W. & G.S.WEST	-/-	-/1	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> WOOD	4/-	3/1	-/-	3/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Dictyosph. ehrenbergianum</i> NÄG. SENSU SKUJA	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> VAN GOOR	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Euastrum cf. insulare</i> (WITTR.) ROY	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Eudorina elegans</i> EHR. SENSU CONRAD	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Lagerheimia</i> sp. CHOD.	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Micractinium pusillum</i> FRES.	1/-	5/1	-/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Monoraphidium contortum</i> (THUR.) KOM.-LEGN.	-/-	-/3	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Oedogonium</i> sp. LINK IN NEES	-/-	-/1	-/-	-/1	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Oocystis marsonii</i> LEMM.	-/-	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Oocystis</i> sp. A.BRAUN	1/-	-/1	-/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Pandorina morum</i> (MÜLLER) BORY	1/-	3/1	-/-	1/-	1/-	-/-	-/-	-/-
<i>Pediastrum biradiatum</i> MEYEN	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-
<i>Pediastrum boryanum</i> (TURP.) MENEGH.	1/-	2/2	-/1	2/1	2/-	2/-	1/-	1/-
<i>Pediastrum duplex</i> MEYEN	3/1	4/2	-/1	3/1	1/-	2/-	-/-	-/-
<i>Pediastrum simplex</i> MEYEN	-/-	1/-	-/-	2/-	-/-	-/-	1/-	1/-
<i>Pediastrum tetras</i> (EHR.) RALFS	-/-	-/1	-/1	3/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Phacotus lenticularis</i> (STEIN) EHR.	-/-	1/1	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (LAGERHEIM) CHOD.	4/1	3/3	-/1	1/-	1/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus acutus</i> MEYEN	1/-	-/2	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (TURP.) KÖTZ.	-/-	-/1	-/1	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus disciformis</i> (CHOD.) FOTT.-KOM.	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus opoliense</i> P. RICHT.	-/-	½	-/1	2/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus longispina</i> CHOD.	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURP.) BREB.	-/-	-/2	-/1	3/1	1/-	1/-	1/-	1/-
<i>Scenedesmus smithii</i> TEIL.	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Scenedesmus</i> spp. MEYEN	1/-	1/1	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-
<i>Sporotetras pyriformis</i> BUTCHER	-/-	-/-	-/-	-/3	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Staurastrum</i> sp. MEYEN	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Stigeoclonium tenue</i> KÖTZ.	-/2	-/2	-/-	-/1	-/-	-/1	-/1	-/3
<i>Tetraedron caudatum</i> (CORDA) HANSGIRG	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Tetraedron minimum</i> (A. BRAUN) HANSGIRG	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Ulothrix</i> sp. KÖTZ.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	1/1
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Achnanthes lanceolata</i> (BREB.) GRUN.	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/1	-/-	-/1
<i>Achnanthes minutissima</i> KÖTZ.	-/3	-/2	-/1	-/3	-/1	-/1	-/-	-/-
<i>Achnanthes</i> spp. BORY	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Actinocyclus normanii</i> (GREGORY) HUSTEDT	-/-	1/-	-/1	2/-	2/-	1/1	-/-	-/-

BACILLARIOPHYCEAE (Fortsetzung)	18.7.	31.7.	22.8.	2.9.	17.11.	30.11.	8.12.	20.12.
<i>Amphora libyca</i> EHR.	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Amphora ovalis</i> (KÖTZ.) KÖTZ.	-/1	-/1	-/2	-/2	1/1	1/1	-/1	1/1
<i>Amphora pediculus</i> (KÖTZ.) GRUN.	-/3	-/1	-/1	-/3	-/1	1/1	½	-/1
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL	1/-	2/-	-/-	1/-	3/-	2/-	3/-	2/-
<i>Acanthoceras zachariasii</i> (BRUN) SIMONSEN	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Aulacoseira granulata</i> (EHR.) SIMONSEN	3/-	3/-	-/1	1/1	1/-	2/-	1/-	1/-
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (MÜLLER) SIMONSEN	-/-	3/-	-/-	3/-	-/-	1/-	2/-	-/-
<i>A. granulata</i> <i>Morphotyp curvata</i> (MÜLLER) SIMONSEN	1/-	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-
<i>Aulacoseira italica</i> (EHR.) SIMONSEN	-/-	-/-	-/-	1/1	2/-	1/1	1/-	-/-
<i>Caloneis amphibaena</i> (BORY) CLEVE	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Caloneis silicula</i> (EHR.) CLEVE	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Cocconeis pediculus</i> EHR.	-/-	-/-	-/-	2/1	1/1	1/1	1/1	-/1
<i>Cocconeis placentula</i> EHR.	-/3	-/4	-/3	1/3	2/1	2/2	-/1	½
<i>Cyclostephanos dubius</i> (FRICKE) ROUND	2/-	1/-	-/1	2/1	1/-	-/1	1/-	-/1
<i>Cyclotella comensis</i> GRUN.	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/1
<i>Cyclotella comta</i> (EHR.) KÖTZ.	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> KÖTZ.	3/-	1/-	-/1	3/1	2/-	2/-	1/1	1/1
<i>Cyclotella ocellata</i> PANTOCSEK	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Cyclotella stelligera</i> CLEVE & GRUN.	2/-	-/-	-/-	1/1	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Cyclotella</i> spp. (KÖTZ.) BREB.	1/-	1/-	-/-	1/-	2/1	1/1	1/1	1/1
<i>Cymatopleura elliptica</i> (BREB.) SMITH	-/-	-/1	-/1	-/1	1/1	-/-	-/1	-/1
<i>Cymatopleura solea</i> (BREB.) SMITH	-/1	-/1	-/1	-/1	1/-	1/1	-/1	-/1
<i>Cymbella caespitosa</i> (KÖTZ.) BRUN	-/1	-/3	-/3	-/3	-/1	-/1	-/1	-/1
<i>Cymbella cistula</i> (EHR.) KIRCHNER	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Cymbella lanceolata</i> (EHR.) KIRCHNER	-/1	-/1	-/1	-/1	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Cymbella minuta</i> HILSE	-/1	-/-	-/-	-/2	-/1	2/1	1/1	½
<i>Cymbella sinuata</i> GREGORY	-/1	-/-	-/-	-/1	-/-	-/1	-/-	-/-
<i>Cymbella tumida</i> (BREB.) VAN HEURCK	-/-	-/-	-/-	-/2	-/-	-/-	-/1	-/1
<i>Diatoma hyemalis</i> (ROTH) HEIBERG	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/1	-/-	-/2
<i>Diatoma tenuis</i> AG.	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-	1/1	1/1	-/1
<i>Diatoma vulgare</i> BORY (inkl. <i>Versch. Morphotypen</i> )	-/2	2/3	-/2	1/3	1/1	2/2	½	1/3
<i>Eunotia</i> sp. EHR.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1
<i>Fragilaria arcus</i> (EHR.) CLEVE	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	1/1	1/1	-/-
<i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON	-/-	2/-	-/-	1/1	1/-	3/1	2/1	1/-
<i>Fragilaria ulna</i> (NITZSCH) LANGE-BERTALOT	2/2	2/2	-/1	½	1/1	2/2	½	-/2
<i>Fragilaria</i> spp. LYNGBYE	-/-	-/-	-/1	1/1	2/-	2/1	2/1	2/1
<i>Gomphonema minutum</i> (AG.) AG.	-/1	-/-	-/-	-/2	-/1	-/-	-/-	-/-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (HORNEMANN) BREB.	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	1/1	-/1	-/2
<i>Gomphonema parvulum</i> (KÖTZ.) KÖTZ.	-/2	-/3	-/2	-/4	-/1	-/1	-/1	-/1
<i>Gomphonema tergestinum</i> FRICKE	-/2	-/2	-/1	-/3	-/1	-/1	-/1	1/1
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (KÖTZ.) RABENHORST	-/1	-/1	-/1	-/1	1/1	1/1	1/1	1/1
<i>Melosira varians</i> AG.	½	2/2	-/1	½	2/1	2/2	2/2	2/1
<i>Navicula capitatoradiata</i> GERMAIN	-/2	-/4	-/5	-/5	-/2	½	-/2	1/1
<i>Navicula lanceolata</i> (AG.) EHR.	-/2	-/3	-/1	-/3	1/1	½	-/2	2/2
<i>Navicula menisculus</i> SCHUHMANN	-/2	-/3	-/2	-/4	2/1	½	-/2	1/3
<i>Navicula</i> spp. BORY	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/1

BACILLARIOPHYCEAE (Fortsetzung)	18.7.	31.7.	22.8.	2.9.	17.11.	30.11.	8.12.	20.12.
<i>Nitzschia acicularis</i> (KÖTZ.) SMITH	-/1	2/1	-/-	1/-	1/-	-/-	1/1	-/-
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i> (KÖTZ.) GRUN.	-/1	-/3	-/2	-/3	2/1	1/1	-/2	1/2
<i>Nitzschia fruticosa</i> HUSTEDT	2/-	3/-	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Nitzschia pura</i> HUSTEDT	-/3	-/3	-/2	-/3	-/1	-/1	-/2	-/2
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (NITZSCH) SMITH	-/1	-/1	-/-	-/1	2/1	2/1	1/1	-/1
<i>Nitzschia</i> spp. HASSALL	-/-	-/-	-/-	-/-	2/-	-/-	-/-	-/1
<i>Pinnularia</i> sp. EHR.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (AG.) LANGE-BERTALOT	-/2	-/2	-/1	-/1	1/1	-/1	-/1	1/1
<i>Skeletonema potamos</i> (WEBER) HASLE	-/-	4/-	-/-	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> GRUN. (inkl. f. <i>tenuis</i> )	2/-	1/-	-/-	3/-	4/-	2/1	2/1	1/-
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> HAKANSSON & HICKEL	2/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-
<i>Stephanodiscus</i> spp. EHR.	1/-	1/-	-/2	-/-	3/1	1/1	1/-	1/-
<i>Surirella brebissonii</i> KRAMMER & LANGE-BERTALOT	-/1	-/1	-/1	-/1	1/1	3/1	1/3	2/2
<i>Tabellaria flocculosa</i> (ROTH) KÖTZ.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	2/1	2/-	1/1
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>								
<i>Euglena acus</i> EHR.	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-
<i>Euglena stellata</i> MAINX	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-
<i>Euglena tripteris</i> (DUI.) KLEBS	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-
<i>Lepocinclis salina</i> FRITSCH	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	1/-	-/-
<i>Trachelomonas hispida</i> (PERTY) STEIN EM. DEFL.	-/-	-/-	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-	-/-

sowie *P. duplex* quantitative Bedeutung hatten. Metaphytisch-benthische Formen wurden mit *Cosmarium botrytis* und *Closterium moniliferum* (Zygnematophyceae, Desmidiiales) festgestellt.

An den Herbstterminen (17.11., 30.11., 8.12., 20.12.) wurde der detektierte Artenumfang der Chlorococcales bedeutend geringer. Die oben genannten planktischen und benthischen Arten wurden von meist nicht näher bestimm- baren Grünalgen abgelöst. Der Habitus dieser epilithischen, zumeist wenig- zelligen Lager wies Ähnlichkeiten mit Jugendstadien der Gattung *Gongrosia* auf. Am 2.9. konnte an den Probepunkten 1939,4 und 1943,2 km *Sporote- tras pyriformis* beobachtet werden (Chlorococcales). Diese Art hat ihren Verbreitungsschwerpunkt im Benthos von Fließgewässern mit höheren Nähr- stoffgehalten und dringt bis in die polysaprobe Zone vor (KOMAREK & FOTT 1983). Das Vorkommen von *S. pyriformis* in der Donau ist bereits dokumen- tiert (BACKHAUS 1968, KANN 1983).

An allen Beprobungsterminen wurden Kieselalgen in großer Artenzahl, jedoch mit unterschiedlichen Abundanzen festgestellt. Die häufigsten Arten waren bereits von WEBER (1960) in großer Anzahl vorgefunden worden (Tab. 3). Sie gelten meist als Differentialarten der Saprobienstufe  $\beta$ -meso- saprob (LANGE-BERTALOT 1978). Die zentrischen Formen, die im Donau- plankton vorherrschten, spielten im Benthos nur eine untergeordnete Rolle.

Tab. 3: Taxa-Gesamtanzahl absolut und in % sowie Liste der am häufigsten angetroffenen Algenarten. – Total numbers of taxa and algal species observed frequently.

<b>Klasse/Taxon</b>	<b>absolut</b>	<b>%-Anteil</b>
<b>Bacillariophyceae</b>	<b>70</b>	<b>46</b>
<i>Achnanthes minutissima</i>		
<i>Amphora ovalis</i>		
<i>A. pediculus</i>		
<i>Cocconeis placentula</i>		
<i>Cymbella caespitosa</i>		
<i>Diatoma vulgare</i>		
<i>Fragilaria ulna</i>		
<i>Melosira varians</i>		
<i>Navicula capitatoradiata</i>		
<i>N. lanceolata</i>		
<i>N. menisculus</i>		
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>dissipata</i>		
<i>N. pura</i>		
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		
<i>Surirella brebissonii</i>		
<b>Chlorophyta s.l.</b>	<b>54</b>	<b>36</b>
<i>Cladophora glomerata</i>		
<i>Stigeoclonium tenue</i>		
<b>Cyanobacteria</b>	<b>11</b>	<b>7</b>
<i>Lyngbya martensiana</i>		
<i>Phormidium</i> sp.		
<b>Cryptophyta</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Euglenophyta</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Chrysophyceae</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Dinophyta</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Summe</b>	<b>152</b>	<b>100</b>

Mit großen relativen Abundanzen konnte unter den Centrales lediglich *Melosira varians* beobachtet werden, die als euryöker Vertreter des Benthals und Pelagials zu charakterisieren ist (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991a).

### Pigmentgehalt auf natürlichen Substraten

Die maximale Chl-a-Konzentration wurde am 18.7. mit rund  $40 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  bei km-Punkt 1939,4 festgestellt. Mit  $20 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  wurde an diesem Probenstermin auch der größte Median berechnet (Abb. 4). Für den 17.11. ergaben sich mit

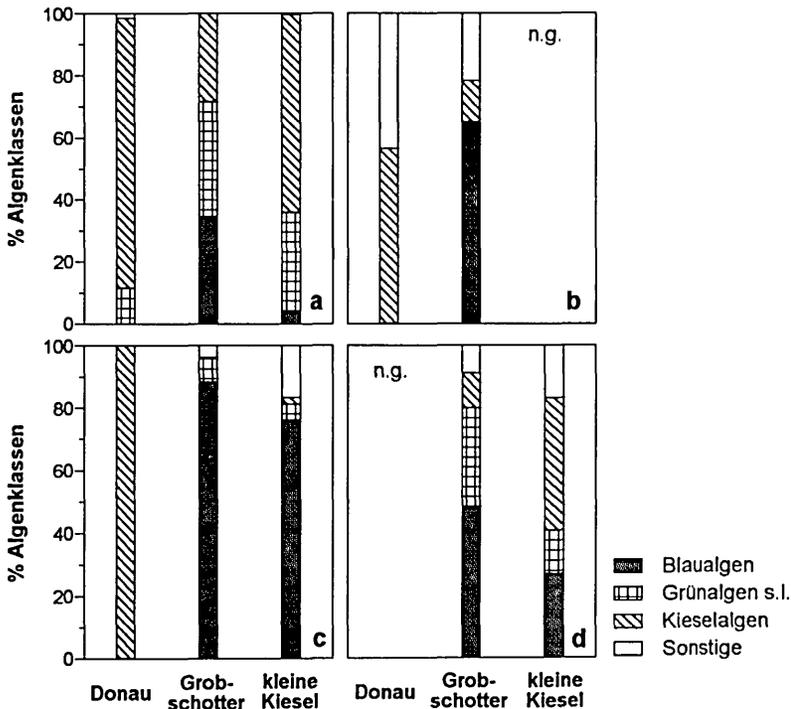


Abb. 3: Verteilung der Algenklassen auf Donauschotter (alle Punkte miteinbezogen) und im Phytoplankton auf der Basis der HPLC-Analyse: (a) 18.7., (b) 22.8., (c) 17.11., (d) 8.12. Abk.: n.g. = nicht gemessen. — Algal class-composition on gravel (all sampling points are considered) and in phytoplankton of the Danube River analyzed by means of HPLC: (a) July 18<sup>th</sup>, (b) August 22<sup>nd</sup>, (c) November 17<sup>th</sup>, (d) December 8<sup>th</sup>. Abbreviation: n.g. = not measured).

rund  $4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  Chl-a die geringsten Konzentrationen. Ein generelles Schema der Chl-a-Werte wie etwa eine Zunahme im Längsverlauf konnte im untersuchten Abschnitt nicht festgestellt werden.

An drei Terminen (18.7., 17.11. und 8.12.) wurden zusätzlich kleine Steine beprobt. Am 18.7. und 8.12. wurden im Vergleich zu den größeren Steinen deutlich geringere Chlorophyllkonzentrationen beobachtet (Abb. 4).

Die Pigmentanalysen zeigten, daß drei Algenklassen quantitativ im Epilithon vertreten waren: Kieselalgen, Grünalgen und Blaualgae (SCHAGERL & DONABAUM 1998; Abb. 3). Die Standorte zeigten an den jeweiligen Beprobungsterminen ähnliche Muster. Am 18.7. traten Grün-, Blau- und Kieselalgen zu gleichen Teilen auf. Am 22.8., 17.11. und 8.12. dominierten Blaualgae, während Kieselalgen in vergleichsweise geringen Mengen gefunden wurden.

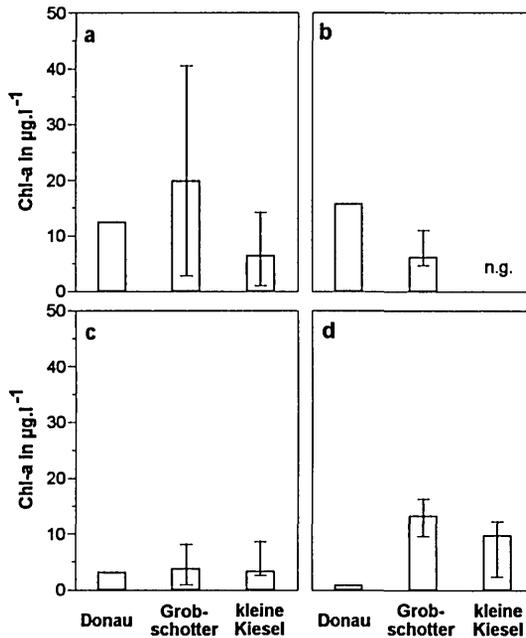


Abb. 4: Mediane/Extremwerte von Chl-a auf natürlichem Substrat und im Pelagial, alle Punkte miteinbezogen. Chl-a in  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  (Donau) bzw.  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  (Benthos): (a) 18.7., (b) 22.8., (c) 17.11., (d) 8.12. Abk.: n.g = nicht gemessen. – Medians/extremes of Chl-a on natural substrate and in the pelagial; all sampling locations are considered: (a) July 18<sup>th</sup>, (b) August 22<sup>nd</sup>, (c) November 17<sup>th</sup>, (d) December 8<sup>th</sup>). Abbreviation: n.g. = not measured).

### Algenzusammensetzung auf künstlichen Substraten

Am 31.7. wurden verschiedene Materialien auf ihre Eignung als künstliches Substrat hin untersucht (gereinigter und sterilisierter Donauschotter, Fliesenunterseiten, Objektträger, Folien für die Dünnschichtchromatographie, Glasfaserfilter). Auf allen getesteten Materialien stimmte die Artenassoziation weitgehend überein. Unterschiede waren jedoch in den Abundanzen zu erkennen. So wurden auf Fliesen gehäuft Cyanobakterien beobachtet (*Phormidium*), während auf Glas einzelne Bacillariophyceen mit größeren relativen Häufigkeiten festgestellt wurden (*Cocconeis placentula*). Unter Berücksichtigung der Pigmentanalysen wurden schließlich Fliesen und sterilisierter Grobschotter für die nachfolgenden Untersuchungen verwendet.

Ein Vergleich zwischen der Artenassoziation auf natürlichem Donauschotter und künstlichen Substraten zeigte eine hohe Übereinstimmung im Artenspektrum der Grün- und Kieselalgen. Unterschiede wurden hauptsächlich in

den relativen Häufigkeiten verzeichnet. Im Herbst traten Blaualgen auf den künstlichen Substraten stark zurück.

### Pigmentgehalt auf künstlichen Substraten

An den Hochsommerterminen 31.7. und 2.9. konnten bedeutend höhere Biomassezunahmen ermittelt werden als an den Spätherbsterminen (Abb. 5). Hohe Durchflußraten, schlechte Lichtverhältnisse und niedrige Temperaturen waren für den geringen Biomassezuwachs in der Herbstperiode verantwortlich. Der Algenbewuchs auf Fliesen lag an allen Terminen über den bei Grobschotter analysierten Werten. Der Bewuchs bestand fast ausschließlich aus Kiesel- und Grünalgen, wobei die Kieselalgen auf Fliesen einen größeren Anteil als auf Grobschotter aufwiesen.

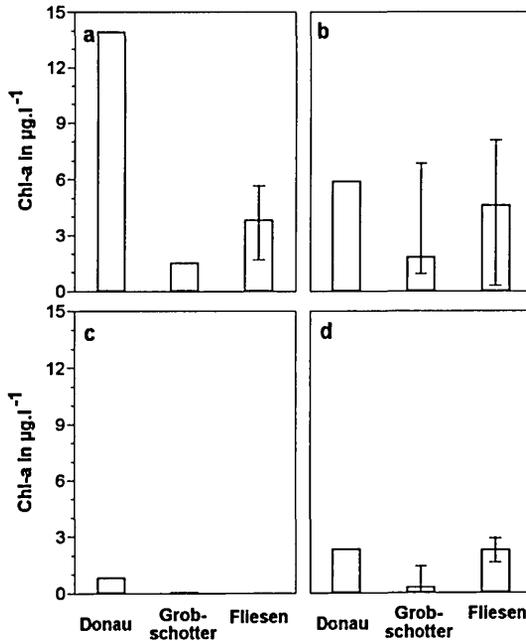


Abb. 5: Mediane/Extremwerte von Chl-a auf künstlichen Substraten und im Pelagial, alle Punkte miteinbezogen. Chl-a in  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  (Donau) bzw.  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  (Benthos): (a) 31.7., (b) 2.9., (c) 30.11., (d) 20.12. Abk.: n.g. = nicht gemessen. – Medians/extremes of Chl-a on artificial substrates and in the pelagial; all sampling locations are considered: (a) July 31<sup>st</sup>, (b) September 2<sup>nd</sup>, (c) November 30<sup>th</sup>, (d) December 20<sup>th</sup>). Abbreviation: n.g. = not measured).

## Diskussion

Für die Periphytonprobenahme kommen im wesentlichen drei Techniken zum Einsatz: Schaben, Bürsten und direkte Extraktion. Zu etwa 80 % werden Probensammelgeräte mit Bürsten oder Schabern angewandt, rund 20 % der Autoren verwenden die direkte Extraktion (Review von 50 Arbeiten, CATTANEO & ROBERGE 1991). Für Trockengewichtsbestimmungen finden ausschließlich Schaber oder Bürsten Verwendung. In der vorliegenden Untersuchung kam ein Probensammelgerät nach DOUGLAS (1958) in modifizierter Form zum Einsatz. Für Periphytonanalysen im Donaustrom, dessen Sohle aus Grobschotter von teils beträchtlicher Größe besteht, ist aus praktischen Gründen nur eine Beprobung mit Feldsammelgeräten möglich (bis 4 kg schwere Steine), wenngleich Untersuchungen gezeigt haben, daß der Chl-a-Gehalt mit zunehmender Strömung bei Verwendung von Bürsten im Vergleich zur direkten Extraktion unterschätzt wird (CATTANEO & ROBERGE 1991). Die zu geringe Schätzung ist auf drei Fehler zurückzuführen: (a) das Material wird trotz des Neopren-Dichtringes weggeschwemmt; (b) der Aufwuchs an den Steinflanken wird nicht berücksichtigt; (c) in starker Strömung haften Organismen stärker am Substrat und können nicht quantitativ besammelt werden. DAVIES & GEE (1993) beschrieben ein Periphytonsammelgerät, mit dem fünf- bis zehnfach höhere Chlorophyll-Werte analysiert wurden als mit herkömmlichen Kratz- und Bürstmethoden. Dabei wird mit einem Stück Scheuerlappen Algenaufwuchs abgeschliffen und zugleich aufgesaugt. Anschließend wird der Lappen samt Algen extrahiert. Es wird mittels chromatographischer Methoden nachzuprüfen sein, inwieweit bei dieser Prozedur auch Farbstoffe aus dem Scheuerlappen herausgelöst wurden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie müssen dahin gehend interpretiert werden, daß die tatsächlichen Chl-a-Mengen auf den natürlichen Substraten höher anzusetzen sind. Einen Hinweis darauf geben auch die Vergleiche der exponierten Substrate (Steine und Fliesen). Die weichere Fliesenunterseite läßt effizienteres Abbürsten zu als der eingebrachte sterile Grobschotter, deshalb wurden auf Fliesen höhere Chl-a-Mengen beobachtet.

In einschlägigen limnologischen Untersuchungen wird der Chl-a-Gehalt oft als einfach zu ermittelnder Surrogatparameter für die Algenbiomasse herangezogen. Bei dieser Überlegung wird davon ausgegangen, daß das Verhältnis Chl-a zu Biomasse stabil ist. In Laboruntersuchungen konnte jedoch anhand von Algenreinkulturen nachgewiesen werden, daß Chl-a zu rund 0,3 bis 2,0 % am Frischgewicht von Phytoplanktern beteiligt ist (Literaturüber-

sicht in DONABAUM 1992). Je nach Alter, Nährstoffversorgung und physiologischen Adaptationen kann die Chl-a-Menge pro Biomasseeinheit Unterschiede von mehr als einer Zehnerpotenz aufweisen. Chl-a und dessen Abbauprodukte sind als ökophysiologische Indikatoren aufzufassen, die gemeinsam mit anderen Parametern zu interpretieren sind (CARPENTER & BERGQUIST 1985, MCMANUS & EDERINGTON-CANTRELL 1992, MILLIE et al. 1993a, b).

Bis heute gibt es keine geeignete Methode zur exakten Phytobenthosquantifizierung. Für Schätzungen der Algenklassenanteile mit Hilfe klassenspezifischer Tracer erscheint die HPLC-Analyse äußerst sinnvoll. Mit vergleichsweise geringem Arbeitsaufwand werden wichtige Informationen über die Klassenzusammensetzung des Aufwuchses gewonnen. Mit wesentlich größerem Zeitaufwand liefert die Zählmethode nach UTERMÖHL (1958) im Phytoplankton zusätzliche Angaben zum Artenmuster und zu Größenklassen. Aufgrund der heterogenen Verteilung der benthischen Algen, ihrer Zusammensetzung und der hohen anorganischen Partikelmengen ist die UTERMÖHL-Methode auf Phytobenthosproben nicht anwendbar. Die Ergebnisse der HPLC-Pigmentanalyse müssen jedoch mit dem Hintergrund betrachtet werden, daß die Klassenanteile aus physiologischen Parametern hergeleitet wurden und nicht aus tatsächlichen Biomassebestimmungen resultieren.

Die Pegelgänge kurz vor der Probenahme hatten großen Einfluß auf die Bewuchsdichte. Nach starkem Ansteigen des Wasserstandes wurde geringerer Algenaufwuchs beobachtet als nach Abfallen des Donaupegels. Eine mögliche Erklärung dieser Ergebnisse ist mit der Verbesserung des Lichtklimas bei niedriger Wasserführung gegeben. Der Algenbewuchs auf länger überströmten Bereichen ist dichter als in den nur kurzzeitig unter Wasser stehenden Randbereichen. In den tieferen Zonen des Litorals hingegen liegt durch die verschlechterte Lichtsituation wiederum eine Abnahme der Algenesellschaften vor. Zwischen den beiden Extremen ist eine Zone ausgeprägt, deren Lichtsituation und Hydrologie den benthischen Algengesellschaften eine optimale Entwicklung ermöglicht.

Kleine Steine werden durch häufige Umlagerungen verstärkt abgerieben. Dadurch ist der Aufwuchs insgesamt schwächer ausgebildet. Es findet immer wieder eine Neubesiedlung des Substrates statt. In ständig überfluteten Bereichen verloren Blaualgen auf kleinen Steinen an Bedeutung, Kieselalgen hingegen waren wesentlich stärker vertreten. Grund dafür ist die im Vergleich zu Kieselalgen langsamere Entwicklung der Blaualgen. Liegen Hochwasserereignisse bereits länger zurück, vermehrt sich der Blaualgenanteil (Wachstumsvorteil bei geringen Lichtintensitäten, größere Toleranz

gegenüber Austrocknung). Die geringe Bedeutung der vorwiegend fädigen Cyanobakterien auf künstlichen Substraten ist ebenfalls auf die Expositionsdauer zurückzuführen, schnellwüchsige Kiesel- und Grünalgen dominierten am Ende der 14tägigen Expositionsdauer.

In dieser Untersuchung wurde für die Ermittlung des Biomassezuwachses eine Expositionsdauer der künstlichen Substrate von 10 bis 14 Tagen gewählt. In der einschlägigen Fachliteratur sind typische Expositionsperioden zwischen zwei und vier Wochen zu finden (ALOI 1990). Um künstliche Materialien als leicht beprobaren Ersatz für natürliche Substrate heranziehen zu können, muß der Aufwuchsgesellschaft genügend Zeit gegeben werden, sich in Richtung steady-state zu entwickeln. In einschlägigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß bei eutrophen Systemen eine Expositionsperiode von einem Monat angebracht erscheint (BACKHAUS 1967 und 1969, SLADECKOVA 1962), in oligotrophen Gewässern benötigt der Aufwuchs für die volle Entwicklung entsprechend länger. Die kurze Expositionsdauer in der Untersuchungsperiode 1994 wurde unter Berücksichtigung der großen Pegelamplituden im Hauptstrom gewählt (Abb. 2).

Ein Problem bei der taxonomischen Bearbeitung der Blaualgen ist die völlig veraltete, aber noch gültige Bestimmungsliteratur GEITLER & PASCHER (1925). Unzureichende Abgrenzungen von Gattungs- und Artmerkmalen sowie ungenaue Abbildungen führen oft zu Unsicherheiten bei der Bestimmung. Als Beispiel sei *Lyngbya martensiana* genannt, die mit einigen Arten aus der Gattung *Phormidium* verwechselt werden kann. Unter Berücksichtigung aller Merkmale, einschließlich einer Farbreaktion mit Chlorzinkjod, wurde die fädige Blaualge mit Vorbehalt als *Lyngbya martensiana* bestimmt.

Ähnlich schwierig gestaltet sich die Arteinordnung fädiger Grünalgengattungen wie etwa von *Stigeoclonium*, *Cladophora*, *Spirogyra* und *Ulothrix*. Eine eindeutige Bestimmung ist nur im fruchtenden Zustand oder anhand der Zoosporen möglich. Dafür ist neben intensiven Freilandstudien meist eine Kultivierung der Algen notwendig. Unter den genannten Gattungen ist die Art *Stigeoclonium tenue* am besten abgesichert. So konnten neben differentialdiagnostischen Merkmalen wie verkürzten Zellen der Hauptäste und der Verzweigungsmorphologie auch die typischen zweigeißeligen Zoosporen beobachtet werden.

Auch bei den Kieselalgen ist die eindeutige Zuordnung zu einer Art nicht immer einfach. In einigen Fällen sind elektronenmikroskopische Untersuchungen unerlässlich. Als Beispiel sei *Achnanthes minutissima* genannt, die sich von *A. biasolettiana* GRUNOW nur durch die Form der Terminalspalten

Tab. 4: Aufwuchsalgen in vergleichbaren Flußsystemen (Daten aus der Literatur). Abk.: aFTG = aschefreies Trockengewicht. – Microphytobenthos found in other streams (data from literature). Abbreviation: aFTG = ash-free dry mass.

Chl-a $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$	aFTG $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$	Land	Zitat
-	0,01 - 11	Deutschland (Folien)	BACKHAUS (1969)
0,0 - 56,6	0,0 - 4,7	Neuseeland	BIGGS & GERBEAUX (1993)
1,0 - 2,5	2 - 5	Neuseeland	BIGGS & HICKEY (1994)
2,3 - 86	-	Tennessee	BOSTON & HILL (1991)
0,1 - 1,2 (max: 12,3)	-	Kanada	CATTANEO & ROBERGE (1991)
0,1 - 13,8	-	Wales	DAVIES & GEE (1993)
-	< 0,4	Österreich	PFISTER (1994)
0,9 - 2,3	0,3 - 0,6	Tennessee	ROSEMOND (1994)
0,2 - 41,5		Southampton	SHAMSUDIN & SLEIGH (1994)
<b>0,1 - 40,6</b>	<b>0,1 - 7,1</b>	<b>Österreich</b>	<b>diese Studie</b>

der Raphen unterscheidet. Dieses Merkmal ist selbst bei bestkorrigierten und hochauflösenden Objektiven nicht eindeutig zu erkennen. Ähnliche Schwierigkeiten ergaben sich in unserer Studie bei der Unterscheidung von *Nitzschia sublinearis* HUSTEDT und *Nitzschia pura*. Insgesamt deuteten die Merkmale jedoch mehr auf die letztgenannte Art. Auch in diesem Fall weisen beide Arten ähnliche ökologische Ansprüche auf.

BACKHAUS (1967, 1969) untersuchte benthische Algengesellschaften im obersten Abschnitt der Donau. Nach einer Besiedlungsperiode von drei bis vier Wochen wurden zwischen künstlichen Materialien (Plastikfolien) und natürlichen Substraten keine nennenswerten qualitativen und quantitativen Unterschiede festgestellt (BACKHAUS 1967). Einen Monat lang exponierte Folien wiesen im Vergleich zu drei Monate ausgesetzten Folien gleiche Artenzusammensetzungen und Mengen auf. In reinsten Abschnitten der Donau traten im März bis Mai Periphytonmaxima auf, im Frühherbst wurden Minima beobachtet. Mit zunehmender Eutrophierung wurden die Extreme verwischt. BIGGS & HICKEY (1994) untersuchten benthische Algen in einem oligotrophen, regulierten Fluß in Neuseeland. Die Algenassoziation wurde von Kieselalgen dominiert, mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit wurden größere organische Gehalte des Periphytons ermittelt. In einem Kalkfluß (Southampton) wurden von SHAMSUDIN & SLEIGH (1994) epilithische Chl-a-Werte zwischen  $11,5 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  und  $41,5 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  festgestellt. Zählungen ergaben, daß die epilithische Flora die gesamte Untersuchungsperiode hindurch von Bacillariophyceen dominiert wurde, Chlorophyta traten verstärkt im Sommer, Cyanobakterien im Herbst auf. Untersuchungen zur

Besiedlungsdynamik von künstlichen Substraten (sandgestrahlte Objektträger) im ungarischen Abschnitt des Donaustromes führten ACS & KISS (1993) durch. Die Aufwuchsgesellschaft bestand zum Großteil aus pennaten Bacillariophyceen.

Mit organischen Gehalten zwischen  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  und  $7,1 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  (zumeist unter  $5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) bzw. Chl-a-Werten von  $0,1 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  bis  $40,6 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  (zumeist unter  $15 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) und einem durchschnittlichen 0,38%igen Chl-a-Anteil an der organischen Substanz liegen die Ergebnisse unserer Untersuchung im Bereich anderer Studien (Tab. 4). Nach 10 bis 14 Tagen wurden auf den ausgebrachten Fliesen im Sommer rund  $5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  Chl-a (bis  $1,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  organische Substanz), am 20.12. etwa  $2 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  Chl-a detektiert (bis  $0,7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  organische Substanz). Die Werte entsprechen dabei dem Nettozuwachs des Periphytons einschließlich sedimentierter Donauplankter. Im lichtmikroskopischen Bild präsentierten sich auf den künstlichen Materialien hauptsächlich intakte, frische Zellen. Im Gegensatz dazu wurden auf natürlichem Grobschotter auch viele abgestorbene Algen beobachtet.

## Dank

Diese Untersuchung war Teil der Studie „Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der benthischen Lebensgemeinschaften und Fischbiozosen im Projektbereich des Kraftwerkes Freudenu – Limnologische Beweissicherung“ und wurde teilweise von der Obersten Wasserrechtsbehörde finanziert. Wir danken den Herrn Prof. G. BRETSCHKO und Doz. H. WAIDBACHER für die Beauftragung sowie Mag. K. JURKOWITSCH, Dr. R. MUTSCHLECHNER, B. PRITZ und Dr. H. MOSER für ihre Hilfeleistungen in Feld und Labor.

## Literatur

- ACS E. & KISS K. T., 1993: Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary). *Hydrobiologia* 269/270, 307-315.
- ALOI J. E., 1990: A critical review of recent freshwater periphyton field methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 656-670.
- BACKHAUS D., 1967: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. I. Voruntersuchungen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 30, 364-399.

- BACKHAUS D., 1968: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. IV. Systematisch-autökologischer Teil. Arch. Hydrobiol. Suppl. 34 (Donauforschung 3), 251-320.
- BACKHAUS D., 1969: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. V. Biomassebestimmungen und Driftmessungen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 36, 1-26.
- BIANCHI T. S., FINDLAY S. & DAWSON R., 1993: Organic matter sources in the water column and sediments of the Hudson River Estuary: the use of plant pigments as tracers. Estuarine, Coastal and Shelf Sci. 36, 359-376.
- BIGGS B. J. F., GERBEAUX P., 1993: Periphyton development in relation to macro-scale (geology) and micro-scale (velocity) limiters in two gravel-bed rivers, New Zealand. New Zealand J. Mar. Freshw. Res. 27, 39-53.
- BIGGS B. J. F. & HICKEY C. W., 1994: Periphyton responses to a hydraulic gradient in a regulated river in New Zealand. Freshw. Biol. 32, 49-59.
- BOSTON H. L., HILL W. R., 1991: Photosynthesis-light relations of stream periphyton communities. Limnol. Oceanogr. 36, 644-656.
- BOURRELLY P., 1970: Les algues d'eau douce. Tome III: Les algues bleues et rouges, Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. 512 pp. Ed. Boubée, Paris.
- BOURRELLY P., 1972: Les algues d'eau douce. Tome I: Les algues vertes. 572 pp. Ed. Boubée, Paris.
- BURSIK-HEGER H., 1973: Aufwuchsbiozönosen auf Pontons in der Donau bei Wien. 203 pp. Inaug.-Diss. Univ. Wien.
- CARPENTER S. R. & BERGQUIST A. M., 1985: Experimental tests of grazing indicators based on chlorophyll-a degradation products. Arch. Hydrobiol. 102, 303-307.
- CATTANEO A. & ROBERGE G., 1991: Efficiency of a brush sampler to measure periphyton in streams and lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 1877-1881.
- DAVIES A. L. & GEE J. H. R., 1993: A simple periphyton sampler for algal biomass estimates in streams. Freshw. Biol. 30, 47-51.
- DONABAUM K., 1992: Der Chlorophyll-a-Gehalt von Planktonalgen. 264 pp. Inaug.-Diss. Univ. Wien.

- DOUGLAS B., 1958: The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46, 295-322.
- DOWNES M. T., HRSTICH L. & VINCENT W. F., 1993: Extraction of chlorophyll and carotenoid pigments from Antarctic benthic mats for analysis by HPLC. *J. Appl. Phycol.* 5, 623-628.
- ETTL H. & GÄRTNER G., 1988: Chlorophyta II. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (Ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Bd. 10, 436 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- GEITLER L. & PASCHER A., 1925: Cyanophyceae. In: Pascher A. (Ed.), *Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Heft 12, 481 pp. G. Fischer Verlag, Jena.
- GIESKES W. W. & KRAAY G. W., 1983: Dominance of cryptophyceae during the phytoplankton spring bloom in the central North Sea detected by HPLC analysis of pigments. *Mar. Biol.* 75, 179-185.
- GIESKES W. W. & KRAAY G. W., 1986: Analysis of phytoplankton pigments by HPLC before, during and after mass occurrence of the microflagellate *Corymbellus aureus* during the spring bloom in the open Northern Sea in 1983. *Mar. Biol.* 92, 45-52.
- HEERING W., 1914: Chlorophyceae III. In: Pascher A. (Ed.), *Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Heft 6, 250 pp. G. Fischer Verlag, Jena.
- HUMPESCH U. H. & MOOG O., 1994: Flora und Fauna der österreichischen Donau. In: Kinzelbach R. (Ed.), *Biologie der Donau*, p. 81-107. Reihe: *Limnologie aktuell*, Bd. 2. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- Hydrographisches Zentralbüro des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, 1995: *Hydrologisches Jahrbuch von Österreich 1992*. Bd. 100, 743 pp. Styria, Graz.
- ISD, 1989: *Interdisziplinäre Studie Donau*. 362 pp. Studie im Auftrag des österreichischen Wasserwirtschaftverbandes. Wien.
- JEFFREY S. W. & HUMPHREY G. F., 1975: New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 167, 191-194.

- JUNGWIRTH M. & REHAHN T., 1986: Untersuchungen über die limnologischen und fischereibiologischen Verhältnisse im Stauwurzelbereich des künftigen Kraftwerkes Wien. Studie im Auftrag der MA 18 (Wien). 243 pp. Eigenverlag der Abt. Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur des Institutes für Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur, Wien.
- KANN E., 1978: Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche. Arch. Hydrobiol. Suppl. 53, 405-643.
- KANN E., 1983: Die benthischen Algen der Donau im Raum von Wien. Arch. Hydrobiol. Suppl. 86, 15-36.
- KOMAREK J. & FOTT B., 1983: Chlorophyceae (Grünalgen); Ordnung: Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI G. (Ed.), Das Phytoplankton des Süßwassers, Heft 7/1, 1044 pp. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- KRAMMER K., 1986: Kieselalgen. Biologie, Baupläne der Zellwand, Untersuchungsmethoden. 140 pp. Kosmos, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1986: Bacillariophyceae, Teil 1: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollehnauer D. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/1, 876 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1988: Bacillariophyceae, Teil 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollehnauer D. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/2, 596 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991a: Bacillariophyceae, Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollehnauer D. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/3, 576 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1991b: Bacillariophyceae, Teil 4: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. In: Ettl H., Gärtner G., Gerloff J., Heynig H. & Mollehnauer D. (Ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 2/4, 437 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

- KREITNER P., 1997: Die Entwicklung der physikalisch-chemischen Wasserbeschaffenheit der österreichischen Donau. In: Schriftenreihe Bundesamt Wasserwirtschaft 4 (Güteentwicklung der Donau – Rückblick und Perspektiven), p. 83-92.
- LAMBERTI G. A., 1996: The niche of benthic algae in freshwater ecosystems. In: STEVENSON R. J., BOTHWELL M. L., LOWE R. L. (Eds.), *Algal ecology – Freshwater benthic ecosystems*, p. 533-572. Academic Press, San Diego.
- LANGE-BERTALOT H., 1978: Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: Ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 51, 393-427.
- LATASA M., ESTRADA M. & DELGADO M., 1992: Plankton-pigment relationships in the Northwestern Mediterranean during stratification. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 88, 61-73.
- LEGLER C., 1988: *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Bd. 1: Chemische, physikalisch-chemische und physikalische Methoden.* 517 pp. G. Fischer Verlag, Jena.
- LEHMAN P. W., 1981: Comparison of chlorophyll-a and carotenoid pigments as predictors of phytoplankton biomass. *Mar. Biol.* 65, 237-244.
- LÖFFLER H., 1986: *Limnologische Erhebungen im Bereich der geplanten Staustufe Wien. Studie im Auftrag der MA 18 (Wien).* 146 pp. Eigenverlag der Abt. Limnologie am Zoologischen Institut der Universität Wien.
- MCMANUS B. & EDERINGTON-CANTRELL M. C., 1992: Phytoplankton pigments and growth rates, and microzooplankton grazing in a large temperate estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87, 77-85.
- MILLIE D. F., PAERL H. W. & HURLEY J. P., 1993a: Microalgal pigment assessments using High-Performance Liquid Chromatography: a synopsis of organismal and ecological applications. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 2513-2527.
- MILLIE D. F., PAERL H. W., HURLEY J. P. & KIRKPATRICK G. J., 1993b: Algal pigment determinations in aquatic ecosystems: analytical evaluations, application, and recommendations. *Curr. Topics Bot. Res.* 1, 1-13.
- PFISTER P., 1994: Seasonality of macroalgal distribution patterns within the reach of a gravel stream (Isar, Tyrol, Austria). *Arch. Hydrobiol.* 129, 89-107.

- RIEDLER P. & SCHAGERL M., 1998: Pelagic primary production and related parameters in the river Danube nearby Vienna (Austria). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115 (2) (Large Rivers 11 [2]), 139-151.
- ROSEMOND A. D., 1994: Multiple factors limit seasonal variation in periphyton in a forest stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 13, 333-344.
- ROY S., 1989: HPLC-measured chlorophyll-type pigments during a phytoplankton spring bloom in Bedford Basin (Canada). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 55, 279-290.
- SCHAGERL M., 1993: Ausgewählte Untersuchungen an Algen aus den Gebieten der Systematik, Physiologie und Ökologie. 336 pp. Inaug.-Diss. Univ. Wien.
- SCHAGERL M., KRBEK H., NAIRZ S. & WIELTSCHNIG C., 1996: Pelagische Primärproduktion in einem Donaualtarm bei Regelsbrunn (Niederösterreich). *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 133, 201-216.
- SCHAGERL M. & DONABAUM K., 1998: Epilithic algal communities on natural and artificial substrata in River Danube near Vienna (Austria). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115 (2) (Large Rivers 11 [2]), 153-165.
- SCHAGERL M. & DONABAUM K., in prep.: Phytoplankton quantification by means of class specific pigment markers in algae.
- SCHAGERL M. & RIEDLER P., in press: Phytoplanktonentwicklung und Primärproduktion im Donauauensystem Regelsbrunn (Österreich). Tagungsband Dtsch. Ges. Limnol. Frankfurt 1997.
- SHAMSUDIN L. & SLEIGH M. A., 1994: Seasonal changes in composition and biomass of epilithic algal floras of a chalk stream and a soft water stream with estimates of production. *Hydrobiologia* 273, 131-146.
- SLADECKOVA A., 1962: Limnological investigation methods for the Periphyton ("Aufwuchs") community. *Bot. Rev.* 28, 287-350.
- SOMA Y., IMAIZUMI T., YAGI K. & KASUGA S., 1993: Estimation of algal succession in lake water using HPLC analysis of pigments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1142-1146.
- STRAHLER A. N., 1964: Section 4.2 Geology, Part II. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW V. T. (Ed.), *Handbook of applied hydrology*, p. 4-39 to 4-76. McGraw-Hill, New York.

- SZEMES G., 1967a: Das Phyto­benthos der Donau. In: LIEPOLT R. (Ed.), *Limnologie der Donau*. Liefg. 3, p. 225-241. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- SZEMES G., 1967b: Systematisches Verzeichnis der Pflanzenwelt der Donau mit einer zusammenfassenden Erläuterung. In: LIEPOLT R. (Ed.), *Limnologie der Donau*. Liefg. 3, p. 70-131. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- UTERMÖHL H., 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 9, 1-38.
- VANNOTE R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R., CUSHING C. E., 1980: The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130-137.
- WEBER E., 1960: Über die Diatomeen im lithoralen Benthos der österreichischen Donau. *Wasser & Abwasser* 2, 133-150.
- WETZEL R. G., 1983: *Limnology*. 2<sup>nd</sup> Ed. 767 pp. Saunders College Publishing.
- WILHELM C., RUDOLPH I. & RENNER W., 1991: A quantitative method based on HPLC-aided pigment analysis to monitor structure and dynamics of the phytoplankton assemblage – A study from Lake Meerfelder Maar (Eifel, Germany). *Arch. Hydrobiol.* 123, 21-35.
- WIMMER R. & MOOG O., 1994: *Flußordnungszahlen österreichischer Fließgewässer*. Umweltbundesamt, Monographien, Bd. 51, 581 pp. Wien.
- WRIGHT S. W., JEFFREY S. W., MANTOURA R. F. C., LLEWELLYN C. A., BJORN­LAND T., REPETA D. & WELSCHMEYER N. A., 1991: Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77, 183-196.

Manuskript eingelangt: 1998 04 22

Anschrift der Verfasser: Mag. Dr. Michael SCHAGERL, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien (e-mail: [michael.schagerl@univie.ac.at](mailto:michael.schagerl@univie.ac.at)); Dr. Karl DONABAUM, Arge Ökologie OEG, Zentagasse 47/3, A-1050 Wien (e-mail: [charlie.donabaum@netway.at](mailto:charlie.donabaum@netway.at)).