

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 80	S. 39 – 51	Innsbruck, Okt. 1993
---------------------------------	---------	------------	----------------------

Die Entwicklung des Phytoplanktons im Sommer im Piburger See (Ötztal, Tirol)

von

Karl PRADER *)

The Development of Phytoplankton in the Summer in Piburger See (Ötztal, Tyrol)

Synopsis: The development of phytoplankton in summer and its temporal variation are described on the basis of weekly sampling series. The typical phytoplankton situation is compared with the results of ten years' investigation (ROTT 1983) to detect possible shifts in species composition and phytoplankton biovolume as a consequence of reoligotrophication. The recently occurring species and the spatial-temporal pattern of phytoplankton assemblages are described.

1. Einleitung:

Die Phytoplanktonsituation des Piburger Sees (sowohl die Artenzusammensetzung als auch die Phytoplanktonentwicklung) wurde von der zweiten Hälfte der 60er Jahre an bis Anfang der 80er Jahre eingehend untersucht (u. a. FINDENEGG 1968, PECHLANER 1968, ROTT 1983). Diese Untersuchungen wurden gegen Ende der 80er Jahre fortgesetzt (ZIMMERMANN 1989), jedoch liegt eine genaue Beschreibung der Phytoplanktonentwicklung für den Sommer erstmals wieder mit dieser Arbeit vor. Aufgrund der wöchentlichen Probennahmen läßt sich die zeitliche und räumliche Abfolge der verschiedenen Taxa genau verfolgen; diese Abfolge wird mit den Ergebnissen aus früheren Jahren (ROTT 1983) verglichen.

2. Charakterisierung der Sommersituation des untersuchten Sees:

Der Piburger See, ein landschaftliches Kleinod im äußeren Ötztal (Tirol, Österreich; für Kennzahlen vgl. PECHLANER 1979), ist seit knapp 20 Jahren Untersuchungsobjekt intensiver ökosystemarer Forschungen an der Universität Innsbruck (zusammenfassende Darstellung vgl. PECHLANER et al. 1989). Die Gestalt des Sebeckens bedingt eine natürliche Meromixis mit einem Monimolimnion unterhalb von 19 m Tiefe. Eine stabile Temperaturschichtung ist bereits wenige Tage nach Eisbruch (zwischen Ende März und Anfang Mai) festzustellen. Aufgrund der Kessellage (Windschutz) und der geringen Wassererneuerungsrate (GATTERMAYR 1981) nimmt die Stabilität der Schichtung bis zum Hochsommer stetig zu. Die höchsten Wassertemperaturen werden im Juli und August erreicht (sie liegen zwischen 21° und 24° C; für die Jahre 1990 und 1991 reichte das Epilimnion zu dieser Zeit bis in rund 4,5 m Tiefe). Mit der dann folgenden Abkühlung der Wassersäule nimmt die Mächtigkeit der durchmischten Oberflächenschicht zu. Die herbstliche Durchmischung erfolgt im November bis Dezember, der Zeitpunkt der Eislegung liegt zwischen Anfang und Mitte Dezember. Der Piburger See ist ein Weichwassersee mit einer Alkalinität von ca. 0.450 meq/l, wobei in den oberen Wasserschichten die niedrigsten Werte gemessen werden. Die elektrolytische Leitfähigkeit beträgt rund 70 $\mu\text{S}_{20}/\text{cm}$ und wie bei der Alkalinität steigen die Werte mit zunehmender Tiefe an. Der Verlauf der Sauerstoffkonzentration während des vorliegenden Untersuchungs-

*) Anschrift des Verfassers: Mag. K. Prader, Pfeffersbergerstraße 10/a, I-39042 Brixen, Italien.

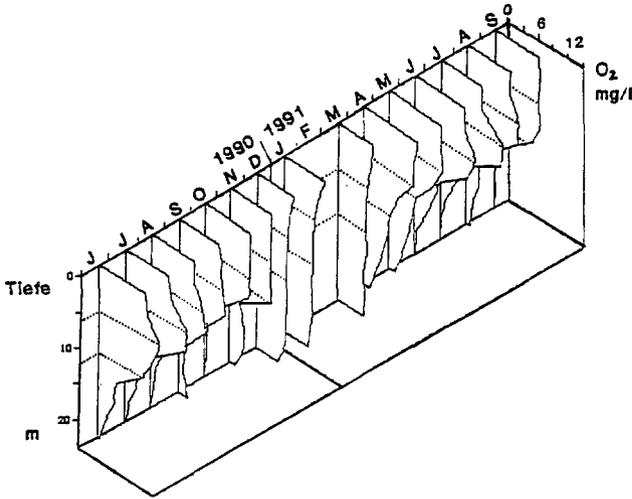


Abb. 1: Sauerstoffprofile (angegeben in mg/l O₂) im Piburger See von Juni 1990 bis September 1991 (nach R. PSENNER, unveröffentlicht).

zeitraums ist in Abb. 1 dargestellt. Zur Zeit der Sommerstagnation ist gelöster Sauerstoff unterhalb von 15 m nur noch in geringen Konzentrationen nachzuweisen (unter 3 mg/l O₂). Die höchsten Sauerstoffkonzentrationen werden zwischen April und August von der Oberfläche bis in 9 m Tiefe erreicht (Höchstwert: 14 mg/l O₂ im Juni in 6 m Tiefe). Die Gesamtphosphorkonzentration zeigt seit dem Einbau der Tiefenwasserableitung (1970, Olszewski-Rohr) eine leichte Abnahme (ca. 15 µg/l vor 1970, etwa 11 µg/l zwischen 1975 und 1985, 9,3 µg/l 1990/91; vgl. PECHLANER et al. 1989). Der pH Wert schwankt zwischen 6,4 (in 24 m Tiefe) und 8,0 (in 6 m Tiefe). Im Sommer werden die höchsten pH Werte in mittleren Tiefen gemessen. Die Sichttiefen liegen zwischen 5,0 und 10,2 m.

3. Methodik:

Die Proben wurden an der tiefsten Stelle des Sees entnommen. Die Probenentnahme erfolgte von Juli 1990 bis September 1991 in 14-tägigen bzw. in monatlichen Abständen; im Sommer 1991 erfolgte sie wöchentlich. In dieser Arbeit wird die Phytoplanktonsituation für den Sommer 1991 beschrieben. Die Sichttiefe wurde mit einer weißen, runden Secchi-Scheibe gemessen. Für die quantitative Bestimmung des Phytoplanktons wurden Wasserproben mit einem abgedunkelten 5 l Schindler-Schöpfer entnommen, in 100 ml Glasflaschen gegeben und mit Lugol'scher Lösung fixiert. Die Auswertung erfolgte nach dem Sedimentationsverfahren (KOLKWITZ 1911) unter dem Umkehrmikroskop nach der Methode von UTERMÖHL (1958). Für die Biovolumbestimmung wurden die Arten auf leicht berechenbare geometrische Körper reduziert und deren Volumen daraus bestimmt (vgl. ROTT 1981, 1983). Für die qualitative Untersuchung des Phytoplanktons dienten Netzzüge mit einem Planktonnetz (Maschenweite 5 µm). Die Nicht-Kieselalgen wurden mit 630 bis 1000facher Vergrößerung unter dem Lichtmikroskop bearbeitet. Die Präparation der Kieselalgen für die lichtmikroskopische Untersuchung erfolgte nach KRAMMER-LANGE BERTALOT (1986) und MAIER (1988). Von *Cyclotella radiosa* wurden rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen angefertigt; diese Präparation erfolgte nach KLEE & STEINBERG (1987).

4. Ergebnisse:

Im Piburger See wurden rund 80 Arten gefunden (Tab. 1); 15 Arten sind Neufunde, davon waren 9 Formen selten (Neufunde sind in Tab. 1 mit "n" gekennzeichnet). Die meisten Formen gehören der Klasse der Grünalgen (31 Taxa) und Chrysophyceen (16 Taxa) an.

Tab. 1: Regelmäßig vorkommende Algenarten im Piburger See in den Jahren 1990 - 1991 und deren Häufigkeiten (HK): r = selten, v = verbreitet, f = häufig, d = dominierend; neue, im Piburger See bisher noch nicht beobachtete Formen sind mit "n" gekennzeichnet, umbenannte Formen mit "u".

	neu	HK
Cyanophyceae (7)		
<i>Anabaena</i> sp. BORY		r
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. WEST		r
<i>Chroococcus limneticus</i> LEMMERMANN		v
<i>Cyanodictyon reticulatum</i> (LEMM.) GEITLER		r
<i>Microcystis aeruginosa</i> KUTZING		v
<i>Oscillatoria limosa</i> AGARDH		r
<i>Snowella</i> sp. ad <i>S. litoralis</i> (HÄYREN) KOMAREK & HINDAK	u	f
Cryptophyceae (4)		
<i>Cryptomonas marsoni</i> SKUJA		f
<i>Cryptomonas</i> sp. ad <i>C. obovata</i> SKUJA		f
<i>Cryptomonas</i> sp. ad <i>C. ovata</i> EHRENBERG		v
<i>Rhodomonas minuta</i> SKUJA		f
Dinophyceae (6)		
<i>Ceratium hirundinella fa austriacum</i> (ZEDERBAUER) BACHMANN		v
<i>Gymnodinium helveticum</i> PENARD		d
<i>Gymnodinium uberrimum</i> (ALLM.) KOFOID et SWEZY		v
<i>Peridinium cinctum</i> EHRENBERG		v
<i>Peridinium inconspicuum</i> LEMMERMANN		f
<i>Peridinium willei</i> HUITFELS-KAAS		v
Chrysophyceae (16)		
<i>Bitrichia phasolus</i> (FOTT) BOURRELLY		r
<i>Chromulina</i> sp. CIENKOWSKI		v
<i>Chrysamoeba</i> sp. <i>C. gelatinosa</i> BOURRELLY		r
<i>Chrysocapsa</i> sp. ad <i>C. planctonica</i> PASCHER		v
<i>Chrysococcus rufescens</i> KLEBS		v
<i>Chrysolykos skujae</i> (NAUWERCK) BOURRELLY		v
<i>Dinobryon divergens</i> IMHOF		v
<i>Erkenia subaequiciliata</i> SKUJA		f
<i>Kephyrion ovum</i> PASCHER	n	v
<i>Mallomonas akrokomos</i> RUTTNER		v
<i>Mallomonas tonsurata</i> TEILING var. <i>alpina</i> (PASCHER et ruttner7 kriegler		v
<i>Ochromonas</i> sp. WYSSOTZKI		r
<i>Pseudokephyrion</i> sp. ad <i>P. entzi</i> CONRAD		r
<i>Phaeaster aphanaster</i> (SKUJA) BOURRELLY		f
<i>Stichogloea doederleini</i> (SCHMIDLE) WILLE	n	d
<i>Uroglena</i> sp. ad <i>U. nygaardi</i> BOURRELLY		f
Haptophyceae (1)		
<i>Chrysochromulina parva</i> LACKEY	n	f

	neu	HK
Bacillariophyceae (7)		
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL		r
<i>Cyclotella pseudostelligera</i> HUSTEDT		v
<i>Cyclotella radiosa</i> (GRUNOW) LEMMERMANN	u	d
<i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON		v
<i>Fragilaria ulna</i> (NITZSCH) LANGE-BERTALOT		v
<i>Fragilaria ulna</i> (KUTZING) LANGE-BERTALOT		v
<i>Tabellaria flocculosa</i> KUTZING		v
Chlorophyceae (31)		
<i>Ankistrodesmus</i> sp. <i>A. falcatus</i> (CORDA) RALFS		v
<i>Botryococcus brauni</i> KUTZING		f
<i>Chlamydomonas passiva</i> SKUJA		v
<i>Closteriopsis</i> sp. ad <i>C. acicularis</i> (SMITH) BELCHER et SWALE		v
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (KIRCHN.) W. et G.S. WEST		f
<i>Crucigeniella apiculata</i> (LEMM.) KOMAREK		r
<i>Crucigeniella pulchra</i> (W. et G.S. WEST) KOMAREK		r
<i>Didymocystis</i> sp. ad <i>D. bicellularis</i> (CHOD.) KOMAREK		r
<i>Elakathotrix gelatinosa</i> WILLE		f
<i>Elakathotrix genevensis</i> (REV.) HINDAK		f
<i>Korshikoviella limnetica</i> (LEMM.) SILVS	n	r
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i> SCHRÖD.	n	r
<i>Micractinium quadrisetum</i> (LEMM.) G.M. SMITH	n	r
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (KORS.) HINDAK	n	r
<i>Monoraphidium</i> sp. ad <i>M. dybowski</i> (WOLOSZ.) HINDAK et KOM.-LEGN.		f
<i>Monoraphidium minutum</i> (NÄG.) KOM.-LEGN.	n	v
<i>Neohrocycium agardhianum</i> NÄG.	n	v
<i>Oocystis lacustris</i> CHODAT		v
<i>Oocystis parva</i> W. et G.S. WEST		v
<i>Pediastrum privum</i> (PRITZ) HEGEWALD	n	r
<i>Pediastrum tetras</i> (EHRENB.) RALFS		r
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. SMITH	n	r
<i>Pseudoquadrigula</i> sp. LACOSTE de DIAZ	n	r
<i>Quadrigula pfitzeri</i> (SCHRÖDER) G.M. SMITH		r
<i>Scenedesmus</i> sp. ad <i>S. pseudodenticulatus</i> HEGEWALD		r
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURB.) BREB. sensu CHODAT	n	r
<i>Tetraedron caudatum</i> (CORDA) HANSG.		r
<i>Tetraedron minimum</i> (BREB.) HANSG.		v
<i>Tetrastrum komareki</i> HINDAK		r
<i>Thorakochloris nygaardi</i> KOMAREK		f
<i>Willea irregularis</i> (WILLE) SCHMIDLE		f
Zygnemaphyceae (7)		
<i>Cosmarium asterosporum</i> COESEL	n	v
<i>Cosmarium botrytis</i> MENEGH.	n	r
<i>Cosmarium depressum</i> LUNDELL var. <i>planctonicum</i> REVERDIN		v
<i>Micrasterias americana</i> (EHRENB.) RALFS	n	r

	neu	HK
<i>Staurastrum subcruciatum</i> COOK et WILLS.		r
<i>Stauroidesmus convergens</i> (EHRENB.) TEILING		v
<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> (BREB.) TEILING		v
Euglenophyceae (1)		
<i>Euglena</i> sp. ad <i>E. acus</i> EHRENBERG		r

4.1. Taxonomische Bemerkungen:

Cyanophyceae:

Snowella sp. ad *S. litoralis* (HAYREN) KOMAREK & HINDAK (Abb. 2,3).

Der *Gomphospheria*-Komplex (Unterfamilie Gomphosphaeriodeae) wird nach KOMAREK & HINDAK (1988) auf 4 Gattungen aufgegliedert. Die Gattung *Snowella* bildet im Querschnitt mehr oder weniger kreisrunde oder ovale Kolonien. Die Zellen, die in einer farblosen Gallerte eingebettet sind, hängen an dünnen, sich manchmal in der Mitte verbreiternden Gallertsträngen. Die Zellen sind kugelig oder leicht länglich und sitzen einzeln am Ende eines Stranges. Die Kolonien von *S. litoralis* sind mehr oder weniger kugelig (außer im Teilungsstadium, vgl. Abb. 2). Die Dimensionen der verschiedenen Formen sind unterschiedlich, durchschnittlich zwischen 50 - 70 µm. Die Zellgröße beträgt 3*2*2 µm. Die bisher im Piburger See als *Gomphospheria lacustris* CHODAT bezeichnete Blaualge (ROTT 1983) dürfte identisch mit *Snowella litoralis* sein. Sehr große morphologische Ähnlichkeiten bestehen mit der nahe verwandten Form *S. lacustris* KOMAREK & HINDAK. Diese hat ellipsoidische Zellen. Nach den Darstellungen von KOMAREK & HINDAK (1988) bestehen zwischen den beiden Formen fließende Übergänge; die im Piburger See gefundene Form läßt sich nicht eindeutig zuordnen.

Chrysophyceae:

Stichogloea doederleini (SCHMIDLE) WILLE (Abb. 4)

Die Zellen sind ellipsoidisch, oft zu mehreren genähert; oft sind die Zellen mittels einer konsistenten Gallerte verklebt. Im Piburger See werden selten größere Kolonien (über 30 Zellen/Kolonie) gebildet. Die Zellen haben einen wandständigen, muldenförmigen, gelbgrünen Chromatophor. Diese Form (Neufund) kommt im Plankton stehender Gewässer in Mittel- und Nordeuropa vor (STARMACH 1985). Zelldimensionen: 8*5*4 µm.

Bacillariophyceae:

Cyclotella radiosa (GRUNOW) LEMMERMANN (Abb. 5, 14 - 16).

Die Schalen sind kreisrund und konzentrisch gewellt. Das Mittelfeld ist radial punktiert, im Zentrum liegen oft einige, unregelmäßig angeordnete Punkte; es ist von einem hyalinem Ring umgeben. Die Randzone ist gleichmäßig gestreift (13 - 16 Streifen/10 µm). Jeder 3. bis 4. Radialstreifen ist verdickt und als Schattenlinie verstärkt sichtbar (Abb. 5; vgl. auch HAKANSSON & CARTER, 1990). Der *C. radiosa* Komplex erfordert aufgrund fließender Übergänge zu nahverwandten Formen eine Überarbeitung; daher lassen sich die ökologischen Ansprüche dieser Alge nicht angeben. Zelldurchmesser: ca. 10 - 20 µm.

Chlorophyceae:

Elakathothrix gelatinosa WILLE (Abb. 6).

Die Zellen sind spindelförmig, an den Enden verjüngt und zugespitzt. Nach der Teilung ver-

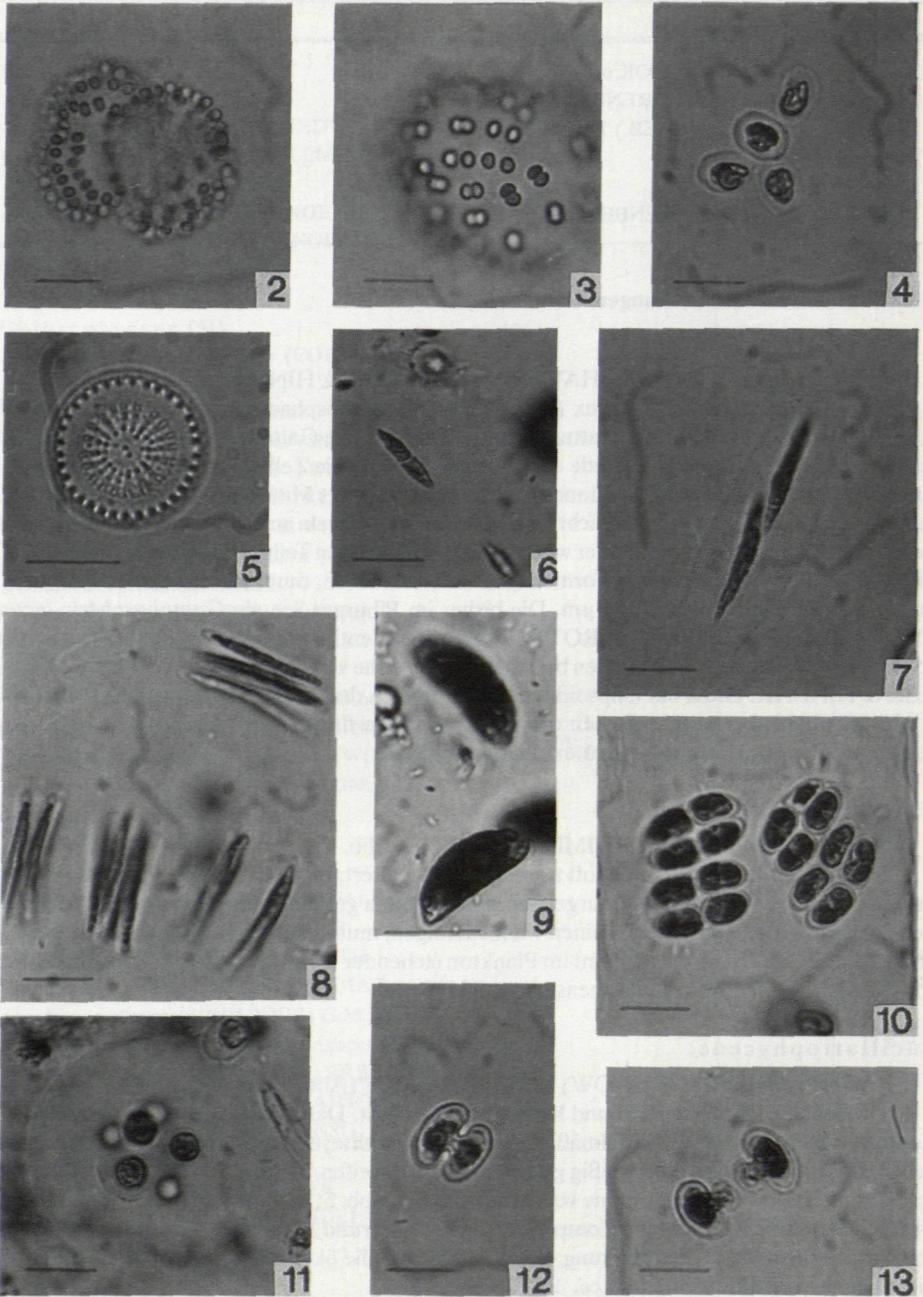


Abb. 2 - 13: Algen aus dem Piburger See (lichtmikroskopische Aufnahmen): *Snowella* sp. ad *S. litoralis* (2-3); *Stichogloea doederleini* (4); *Cyclotella radiosa* (5); *Elakathothrix gelatinosa* (6); *Elakathothrix genevensis* (7); *Quadrigula pfitzeri* (8); *Nephrocytium agardhianum* (9); *Willea irregularis* (10); *Thorakochloris nygaardii* (11); *Cosmarium depressum* var. *planctonicum* (12 - 13). Maßstab: 10 µm.

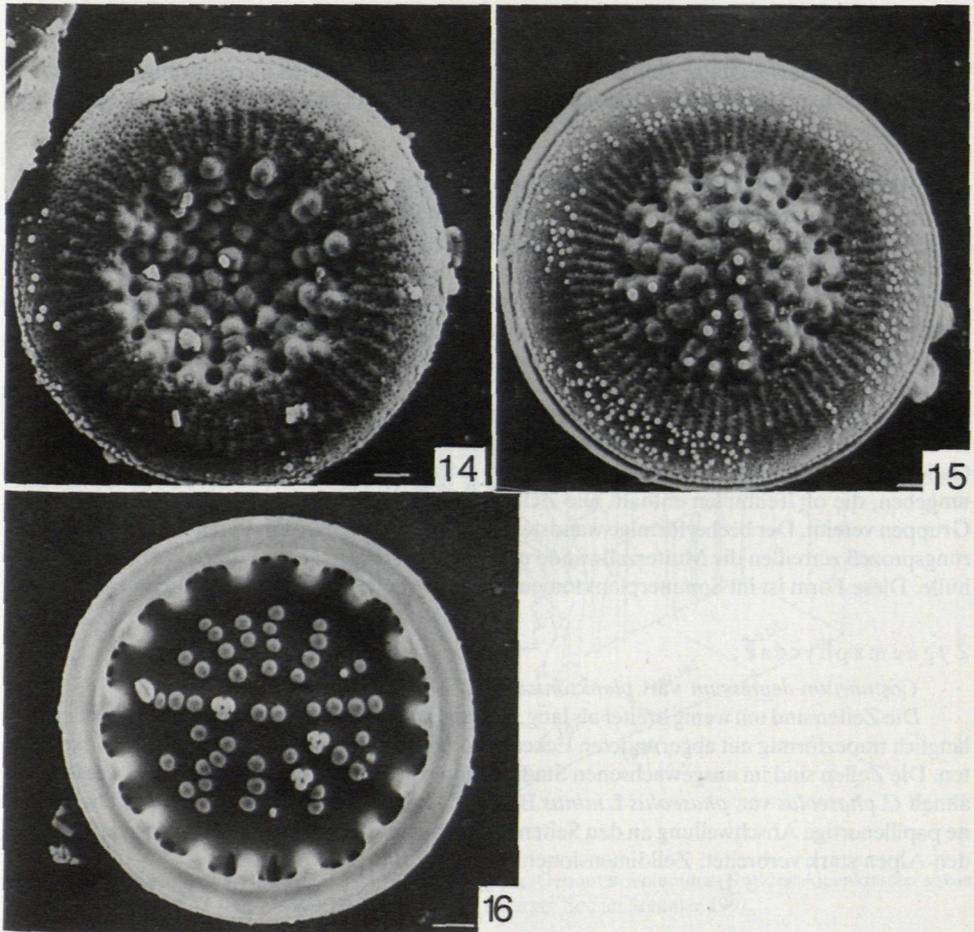


Abb. 14 - 16: *Cyclotella radiosa* (rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen): Außenansicht der Schalen (14 - 15); Innenansicht (16). Maßstab 1 μm .

bleiben die Tochterzellen für eine gewisse Zeit an den abgestumpften Enden verbunden. Der wandständige plattenförmige Chromatophor trägt ein Pyrenoid. Zelldimensionen: $12 \times 3 \times 3 \mu\text{m}$.

Elakathothrix genevensis (REV.) HINDAK (Abb. 7).

Die Gallerte einer Kolonie ist spindelförmig, die Zellen sind allmählich eingengt und zugespitzt. Die Tochterzellen trennen sich nach der Teilung. 1 Pyrenoid. Diese Form ist allgemein verbreitet und kommt sowohl in Seen als auch in Fließgewässern vor (hier als Aufwuchs). Zelldimensionen: $21 \times 3 \times 3 \mu\text{m}$.

Quadrigula pfitzeri (SCHRÖD.) G.M. SMITH (Abb. 8).

Die Kolonien sind 4 - 16 zellig, mit geraden, parallelen Zellen, die in Vierergruppen angeordnet sind. Die Zellen sind spindelförmig, die Zellenden leicht verjüngt und abgerundet, kein Pyrenoid. Diese Form entwickelt sich im Litoral, seltener im Plankton von reinen Seen. Zelldimensionen: $20 \times 4 \times 4 \mu\text{m}$.

Nephrocytium agardhianum NÄG. (Abb. 9).

Die Kolonien sind 4 - 8 und mehrzellig, oval bis nierenförmig und von einer begrenzten Gallert-hülle zusammengehalten. Zellen sind zylindrisch bis oval, deutlich nierenförmig gebogen, mit breit abgerundeten Enden. Der wandständige Chloroplast füllt fast den gesamten Zellinhalt aus; Pyrenoid vorhanden. Zelldimensionen: 16*6*6 µm.

Willea irregularis (WILLE) SCHMIDLE (Abb. 10).

Die Zönobien sind zu großen, flachen, vielzelligen Synzönobien vereinigt; sie weisen eine unregelmäßige Umgrenzung auf. Die Zellen sind länglich oval oder ellipsoidisch und berühren sich. HINDAK (1977) vereinigte diese Form mit der nahestehenden *W. wilhelmi* (FOTT) KOM., da beide Formen "may not be reliable differentiated by any feature". KOMAREK & FOTT (1983) unterscheiden drei Formen dieser Gattung, "deren Identität noch nicht geprüft wurde". Zelldimensionen: 6*4*3 µm.

Thorakochloris nygaardi KOMAREK (Abb. 11).

Bei dieser Gattung verbleiben die Mutterzellwandreste auf der Oberfläche der neu gebildeten Gallerte. Die Kolonien sind freischwimmend, 4 - 64 zellig und sind von einer farblosen Gallerte umgeben, die oft Teilhüllen enthält. Die Zellen sind kugelig und einzeln oder zu tetraedrischen Gruppen vereint. Der becherförmige wandständige Chloroplast trägt ein Pyrenoid. Beim Vermehrungsprozeß zerreißen die Mutterzellwände und bleiben wenigstens für kurze Zeit in der Gallert-hülle. Diese Form ist im Sommerplankton europäischer Seen verbreitet. Zelldurchmesser: 5 µm.

Zygnemaphyceae:

Cosmarium depressum var. *planktonicum* REVERDIN (Abb. 12, 13).

Die Zellen sind um wenig breiter als lang, mit am Ende erweitertem Sinus. Die Halbzellen sind länglich trapezförmig mit abgerundeten Ecken, flach gestutztem Scheitel und leicht konvexen Seiten. Die Zellen sind im ausgewachsenen Stadium von einer dicken Gallerte umgeben. Diese Form ähnelt *C. phaseolus* var. *phaseolus* f. *minus* BOLDT., doch *C. depressum* hat in Apicalansicht keine papillenartige Anschwellung an den Seiten. In Europa und Nordamerika schwach verbreitet, in den Alpen stark verbreitet. Zelldimensionen: 12*12*4 µm.

4.2. Die Entwicklung des Phytoplanktons:

Abb. 17 zeigt die Tiefenverteilung und die gewichteten Mittelwerte der Biovolumina der Algenklassen. Im Juni und Juli werden die höchsten Gesamtbiovolumina erreicht (über 700 mm³/m³), die wesentlich von den Gold- und Kieselalgen (Chrysophyceae und Bacillariophyceae) geprägt sind; Mitte August sinkt das Gesamtbiovolumen auf ein Minimum von rund 230 mm³/m³ ab und steigt Ende August bis Mitte September nochmals an. Auch dieses Maximum wird besonders durch die Gold- und Kieselalgen geprägt. Der Verlauf des Gesamtbiovolumens folgt also weitgehend den beiden obengenannten Algenklassen. Das Biovolumen der Chloro- und Cryptophyceen nimmt im Laufe des Sommers ab, Dinoflagellaten zeigen keine ausgeprägte Tendenz und Blaualgen erscheinen erst im Spätsommer mit geringen Biovolumenwerten. Die Vertikalverteilung zeigt, daß der Schwerpunkt des Algenbiovolumens im Juni zwischen 6 und 10 m Tiefe liegt; im Juli verteilt sich das Algenbiovolumen mehr oder weniger gleichmäßig über die gesamte euphotische Zone. Das Herbstmaximum entwickelt sich wieder in den obersten Wasserschichten.

Der Verlauf der Sichttiefe gibt ebenfalls Aufschluß auf die Entwicklung des Gesamtbiovolumens. Im Juni und Juli reicht die Sichttiefe nur bis 5 m Tiefe, im August wird das Jahresmaximum von 10.2 m gemessen; in der ersten Septemberhälfte nimmt sie nochmals ab.

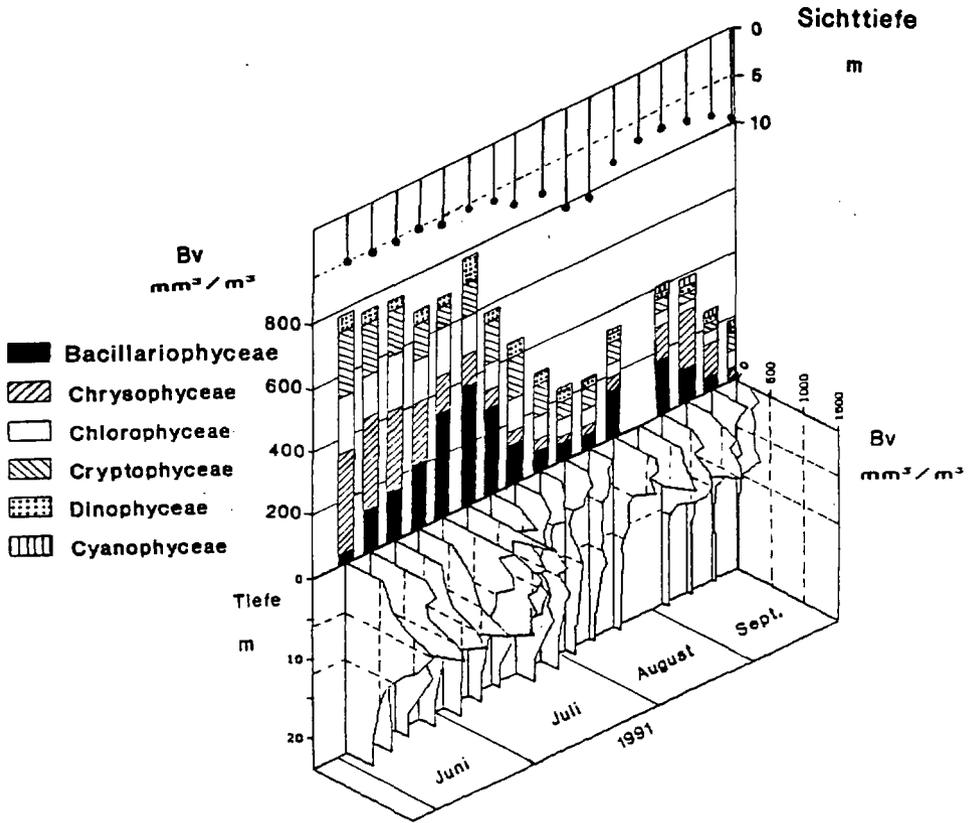


Abb. 17: Tiefenprofile und jahreszeitliche Entwicklung der Gesamtbiovolumina (Bv) der Algenklassen sowie der Verlauf der Sichttiefe im Piburger See im Sommer 1991.

In Abb. 18 ist die räumliche-zeitliche Verteilung der Algenbiovolumina der verschiedenen Algenklassen dargestellt. Chrysophyceen entwickeln sich bevorzugt, sowohl während des Frühlings- als auch des Spätsommermaximums, in rund 6 m Tiefe; den größten Anteil am Frühlingsmaximum hat dabei *Stichogloea doederleini*; *Erkenia subaequiciliata* und die Haptophyceae *Chrysochromulina parva* haben ebenso im Juni und Juli ihren Verbreitungsschwerpunkt. Das Septembermaximum der Chrysophyceen wird von der Entwicklung von *Uroglena* sp. ad *U. nygaardi* bestimmt. Kieselalgen erreichen ihre größte Verbreitung im Juli, rund einen Monat nach den Chrysophyceen, und zwar in den obersten 6 Metern; beim Maximum im Spätsommer entwickeln sie sich wenige Wochen vor den Goldalgen. Die zentrische Kieselalge *Cyclotella radiosa* bestimmt beide Maxima; sie erreicht die höchsten Biovolumenwerte und ist somit die bedeutendste Form des Sees. Die gleichmäßige Biovolumenverteilung im Juli (oben erwähnt) beruht im wesentlichen auf der Verteilung von drei Algenklassen: in den oberen Wasserschichten entwickeln sich Kieselalgen, in den mittleren klingen die Formen der Chrysophyceen aus und im unteren Teil der euphotischen Zone gedeihen kleine chlorococcale Grünalgen. Cryptophyceen und Dinophyceen entwickeln sich bevorzugt dort, wo andere Algengruppen ein Minimum erreichen. Blaualgen treten hauptsächlich im Herbst auf und zwar mit den Gattungen *Snowella* und *Microcystis*.

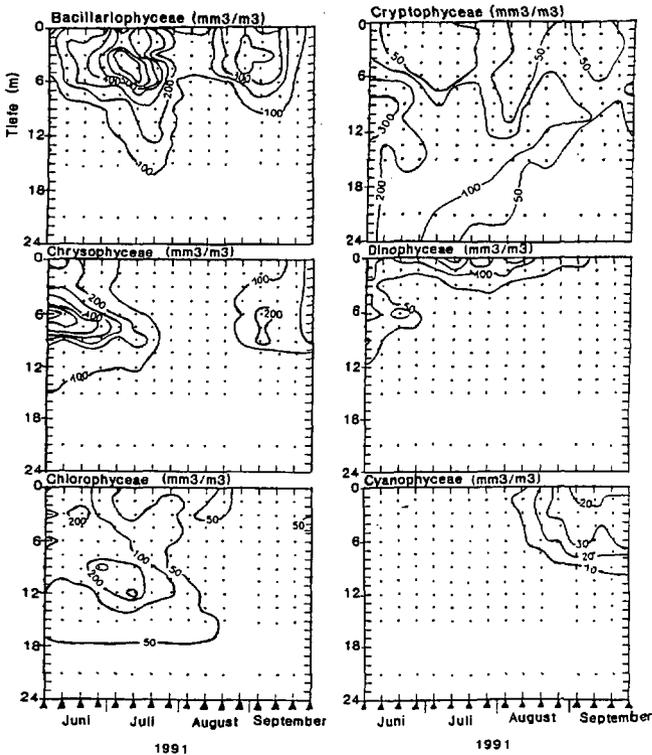


Abb. 18: Isoplethen des Algenbiovolumens im Sommer 1991, getrennt nach Algenklassen.

5. Diskussion:

Aufgrund der wöchentlichen Probenentnahme im Sommer 1991 läßt sich die Streuung der einzelnen Biovolumswerte eines Monats berechnen. Der Varianzkoeffizient für das Gesamtbiovolumen liegt zwischen 34,1 % im September und 5,5 % im Juni (Tab. 2). Die niederen Werte im Juni werden durch die geringen Biovolumsschwankungen und den gleichzeitig hohen Biovolumswerten bestimmt. Dagegen ist die Entwicklung des Zooplanktons (sowohl der Verlauf der Individuenanzahl als auch des Biovolumens) nach ZIMMERMANN (1989) innerhalb kurzen Zeitabständen sehr großen Schwankungen unterworfen; trotzdem stellt ZIMMERMANN (ebenso wie auch diese Untersuchung) eine gleichförmige Entwicklung des Phytoplanktonvolumens fest. Das Phytoplanktonvolumen folgt also nicht dem Zooplanktonvolumen.

Tab. 2: Mittelwert (\bar{x}), Standardabweichung (S.D.), Varianzkoeffizient (C.V.) und Maximal- und Minimalwerte des Algenvolumens im Piburger See berechnet für den Zeitraum von Juni bis September 1991.

	\bar{x}	S.D.	C.V.	Max./Min.
Gesamtvolumen:				
Juni	750	41	5.5	786/691
Juli	624	149	23.8	781/440
August	271	63	23.3	344/232
September	310	105	34.1	405/189

Der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit den langjährigen Untersuchungen von ROTT (1983) am Piburger See zeigt, daß sich die Phytoplanktonstruktur heute wesentlich von damals unterscheidet. Blaualgen, die in früheren Jahren dominierten, sind nun fast ganz verschwunden bzw. haben nur noch eine geringe Bedeutung. Am auffälligsten ist dies bei der Blaualge *Oscillatoria limosa*, die von 1969 bis Mitte der 80er Jahre alljährlich vom Sediment ins Pelagial aufstieg und sich in mittlere Tiefen einschichtete. ROTT (1983) gibt den prozentuellen Anteil der Blaualgen am Gesamtbiovolumen für die Jahre 1972 - 81 mit 15.2 % bis 54.0 % an; die großen Schwankungen beruhen darauf, daß *Oscillatoria limosa* nicht alljährlich im gleichen Ausmaß ins Freiwasser einwanderte. In den Jahren 1990 und 1991 betrug der Anteil der Blaualgen im Jahresmittel nur 1.0 %. Im Sommer 1990 und 1991 kam diese einst dominanteste Blaualge praktisch nicht mehr vor (nur selten waren Fadenfragmente zu beobachten). Dasselbe gilt für die Blaualgen *Aphanothece clathrata*, *Chroococcus limneticus*, *Dactylococcopsis smithi* und *Radiocystis geminata*, die nach ROTT (1983) früher zeitweise dominierten. Die Verbreitung von *Snowella* sp. scheint gegenüber früher ähnlich geblieben zu sein, *Microcystis* hat im Vergleich zu früheren Jahren zugenommen; das Auftreten dieser koloniebildenden Form hat sich von Sommer in Richtung Herbst verlagert. Auch bei den Chrysophyceen gab es im Vergleich zu früher große Änderungen. *Stichogloea doederleini* und *Chrysochromulina parva* (beides Neufunde) bilden das Frühsommermaximum. Die Vielfalt der Kieselalgen hat sich zugunsten von *Cyclotella radiosa*, die nunmehr die bedeutendste Form ist, verringert (ROTT beobachtete diese Form "selten"). Auch der Anteil des Biovolumens (früher lag er zwischen 0.2 und 8.7 %) stieg auf 16.5 %.

Aufgrund des Ausbleibens einst dominanter Formen und des Auftretens neuer Arten folgt ein neuer Entwicklungsablauf des Phytoplanktons im Sommer. Abb. 19 zeigt schematisch die Entwicklungsphasen des Phytoplanktons im Sommer; Abb. 19a beschreibt die Entwicklung in früheren Jahren (nach ROTT 1983), Abb. 19b die für den Sommer 1991. Die Sommerentwicklung wird in mehrere Phasen eingeteilt; die Numerierung der Phasen in Abb. 19a hält sich an ROTT (1983).

Entwicklungsphasen im Sommer für die Jahre 1972 - 81 (Abb. 19a – für eine genauere Beschreibung sei auf die Originalarbeit von ROTT (1983) verwiesen):

- Phase 2: *Oscillatoria limosa* steigt im Frühjahr aus dem Benthos in das Freiwasser auf und schichtet sich im Juni und Juli in mittleren Tiefen ein.
- Phase 3: Diese Phase ist charakterisiert durch ein Phytoplanktonmaximum in mittleren Schichten, das sich an der Obergrenze der *Oscillatoria*-Schicht entwickelt. Dominierende Formen sind *Dichrysis*, *Mallomonas crassisquama* und *Mallomonas akrokomos*.
- Phase 4: In der kalten und lichtreichen Oberflächenschicht entwickeln sich im Frühjahr nach Eisbruch oft andere Chrysophyceen als in Phase 3, nämlich *Uroglena* und *Dinobryon* oder Vertreter der Gattungen *Cryptomonas* und *Gymnodinium*.
- Phase 5: Die starke Entwicklung des Phytoplanktons im Hochsommer führt zum Produktionsmaximum. Es dominieren kleine Grünalgen (*Thorakochloris*, *Elakatothrix*, *Oocystis*, *Scenedesmus*); später kommen kleine Blaualgen hinzu (*Chroococcus* und *Dactylococcopsis*).
- Phase 6: Diese Herbsdurchmischungsphase ist in der Regel nicht deutlich von Phase 5 abzugrenzen. Die Vertreter der Phase 5 nehmen kontinuierlich ab und werden durch andere ersetzt (z.B. *Gymnodinium*).
- Phase 7: Im Spätsommer entwickelt sich in der Tiefenzone (zwischen 15 - 18 m) ein Phytoplanktonmaximum; dominante Formen sind *Cryptomonas phaseolus* und *Synedra acus*.

Entwicklungsphasen im Sommer 1991 (Abb. 19b):

- Phase 1: Sie ist durch das Ausklingen der Chrysophyceen, die den Hauptverbreitungsschwerpunkt im Frühjahr haben, charakterisiert. Diese Formen schichten sich am unteren Ende des Epilimnions bzw. im Metalimnion ein. Dominante Arten sind *Stichogloea*, *Erkenia*, *Mallomonas* und die Haptophyceae *Chrysochromulina*. Gegen Ende der Phase nimmt der Grünalgenanteil (*Elakatothrix*, kleine coccale Formen) zu. Durch die Algenproduktion erfolgt ein pH-An-

stieg und eine Sauerstoffübersättigung. Das Zusammenbrechen dieser Artengemeinschaft steht nicht im Zusammenhang mit einer Abnahme an Nährstoffen, denn die Gesamtphosphorkonzentrationen sind gerade in diesen Tiefen bis in den August hinein erhöht. Vielleicht treten Wechselwirkungen mit Phase 2 ein (z.B. durch Abschattung) oder der Fraßdruck durch Zooplankton nimmt stark zu.

- Phase 2: Sie ist bestimmt durch die starke Entwicklung von *Cyclotella* in den oberen Wasserschichten. Erhöhte Strahlung und Wassertemperaturen unterscheiden sie physikalisch von Phase 1. Dinoflagellaten (die Entwicklung erfolgt in den obersten Metern) überbrücken die Klarwasserphase.
- Phase 3: In dieser Spätsommerphase entwickeln sich im Epilimnion wieder Formen, die bereits im Frühsommer vorhanden waren. Dazu zählen *Cyclotella*, *Stichogloea* und *Chrysochromulina*; neu hinzugekommene Arten sind *Uroglena* und *Mallomonas akrokomos*. Zusätzlich entwickeln sich die Blaualgen *Snowella* und *Microcystis*.

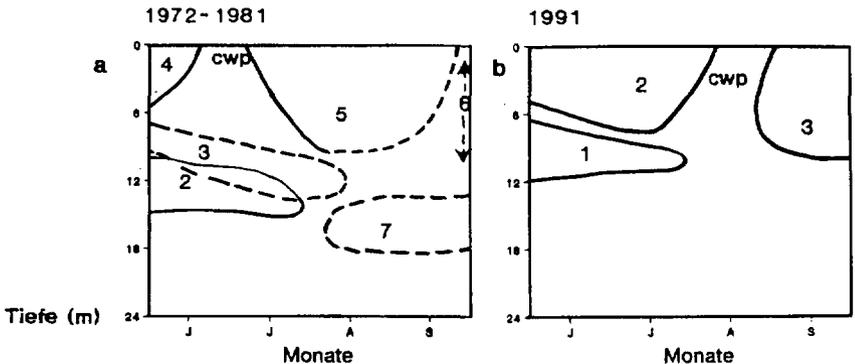


Abb. 19: Charakteristische Entwicklungsphasen des Phytoplanktons: a) nach ROTT (1983), verändert b) Entwicklung im Sommer 1991. Erläuterungen siehe Text: Klarwasserstadium.

In der sommerlichen Algen-Entwicklung ergeben sich somit 3 wesentliche Unterschiede zwischen den 70er Jahren und dem Jahr 1991:

- *Oscillatoria limosa* bleibt aus.
- Die Klarwasserphase verschiebt sich von Juni in den August, da Phase 5 (in Abb. 19a) sich im Sommer 1991 in zwei Phasen aufspaltet: Phase der Grünalgen und Phase der Blaualgen, die durch das Klarwasserstadium voneinander getrennt werden.
- Die heterotrophe Phase 7 bleibt 1991 aus.

6. Zusammenfassung:

In dieser Untersuchung wurde die Phytoplanktonentwicklung im Sommer 1991 beschrieben. Von den rund 80 gefundenen Arten sind 15 neu für den Piburger See; von diesen Neufunden wurden 9 selten beobachtet.

Die Phytoplanktonentwicklung zeigt 2 Maxima: eines im Frühjahr (gebildet durch *Stichogloea*, *Cyclotella*, *Cryptomonas*, *Erkenia*, *Chrysochromulina*) und eines im Spätsommer (gebildet durch *Cyclotella*, *Uroglena*). Die Phytoplanktonentwicklung des Sommers 1991 wird mit der von den 70er Jahren verglichen und die Unterschiede beschrieben.

D a n k : Ich bedanke mich bei Univ.-Doz. Dr. E. Rott und Univ.-Doz. Dr. E. Meyer für die Durchsicht des Manuskripts und für verschiedene Anregungen. Univ.-Doz. Dr. R. Psenner überließ mir freundlicherweise unver-

öffentliche Daten über physikalische und chemische Parameter des Piburger Sees. Dipl.-Biol. R. Holzmann fertigte die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen an.

Literatur:

- FINDENEGG, I. (1968): Das Phytoplankton des Piburger Sees im Jahre 1966. – Ber. nat.-med.Ver. Innsbruck **56**: 163 - 176.
- GATTERMAYR, W. (1981): Das hydrographische Regime des Piburger Sees im Lichte 7jähriger Meßergebnisse. – Jber. Abt. Limnol. Innsbruck **7**: 25-30.
- HAKANSSON, H. & J. CARTER (1990): An Interpretation of HUSTEDT's Terms "Schattenlinie", "Perlenreihe" and "Höcker" Using Specimens of the *Cyclotella radiosa*-complex, *C. distinguenda* HUST., and *C. cyclopuncta* nov. sp.. – Jour. Iowa Acad. Sci. **97**(4): 153 - 156.
- HINDAK, F. (1977): Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae) I. – Biol. Prace, Bratislava **23**(4), 190 pp.
- KLEE, R. & C. STEINBERG (1987): Kieselalgen bayerischer Gewässer. – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft/Informationsberichte 4/87 Loseblattsammlung.
- KOLKWITZ, R. (1911): Über das Kammervolumen des Süßwassers und der Meere. – Ber. dt. bot. Ges. **29**: 386 - 412.
- KOMAREK, J. & B. FOTT (1983): Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers/7.Teil, 1. Hälfte. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1044 pp.
- KOMAREK, J. & F. HINDAK (1988): Taxonomic review of natural populations of the cyanophytes from the *Gomphopheria*-complex. – Arch. Hydrobiol. Suppl. **80**: 203 - 225.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): Bacillariophyceae 1. Teil Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. – G. Fischer Verlag, 876 pp.
- MAIER, M. (1988): Der Einfluß von Abwässern auf die Kieselalgenvegetation in Tiroler Fließgewässern. – Dipl. Univ. Innsbruck, 114 pp.
- PECHLANER, R. (1968): Beschleunigte Eutrophierung im Piburger See, Tirol. – Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck **56**: 143 - 161.
- PECHLANER, R. (1979): Response of the eutrophied Piburger See to reduced external loading and removal of monimolimnic water. – Arch. Hydrobiol./Beih. Ergebn. Limnol. **13**: 293 - 305.
- PECHLANER, R., H. PEHOFER, R. PSENNER, E. ROTT, P. SCHABER (1989): PECHLANER, R., H. PEHOFER, R. PSENNER, E. ROTT, P. SCHABER (1989): Ziel und Ergebnis von 18 Jahren Ökosystemforschung am Piburger See (Tirol). – Österreichischer Staatspreis für angewandte Ökosystemforschung. – Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung: 95 - 125.
- ROTT, E. (1981): Some results from phytoplankton counting intercalibrations. – Schweiz. Z. Hydrobiol. **43**(1): 34 - 62.
- ROTT, E. (1983): Sind die Veränderungen im Phytoplanktonbild des Piburger Sees Auswirkungen der Tiefenwasserableitung? – Arch. Hydrobiol. Suppl. **67**: 29 - 80.
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, herausgegeben von ETTL, GERLOFF, HEYNIG und MOLLENHAUER. – G. Fischer Verlag, 515 pp.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. – Mitt. Intern. Ver. Limnol. **9**: 1 - 38.
- ZIMMERMANN, H. (1989): Spätwinter- bis Frühsommersituation von Phyto- und Zooplankton im Piburger See. – Dipl. Univ. Innsbruck, 237 pp.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [80](#)

Autor(en)/Author(s): Prader Karl

Artikel/Article: [Die Entwicklung des Phytoplanktons im Sommer im Piburger See \(Ötztal, Tirol\). 39-51](#)