

Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 4: 239 - 251 (1978)

### 3. Die Entwicklung des eutrophen Schwarzsees bei Kitzbühel seit 1974 (E. ROTT und P. SCHABER)

Der Schwarzsee bei Kitzbühel (Abb.3.-1 u. Abb.3-1a) wurde schon seit mehreren Jahren fallweise limnologisch untersucht; die erste geschlossene Untersuchungsreihe im Auftrag der Stadtgemeinde Kitzbühel wurde erst im Juni 1974 durch die Abteilung für Limnologie in Angriff genommen. Zwischen Juni 1974 und September 1975 wurden dabei in monatlichen Abständen Sauerstoff-, Nährstoff- und Phytoplanktonverhältnisse untersucht. An Hand der Ergebnisse aus dieser Untersuchungsperiode konnte dann ab Herbst 1975 bis heute das Untersuchungsprogramm derart reduziert werden, daß in den Wintermonaten lediglich die Sauerstoffsituation unter Kontrolle gehalten wurde, während Nährstoff-, Phyto- und Zooplanktonuntersuchungen nur zur eisfreien Zeit und mit der Badesaison als Schwerpunkt durchgeführt wurden.

Tabelle 3.-1: Morphometrische und geographische Parameter des Schwarzsees bei Kitzbühel

Geographische Länge	12°22' N
Geographische Breite	47°27' O
Seehöhe (m.ü.N.N.)	780
Areal (m <sup>2</sup> )	159.600
Länge/Breite (m)	820/450
Volumen (m <sup>3</sup> )	638.500
Maximale Tiefe (m)	7.4
Mittlere Tiefe (m)	4.00
Relative Tiefe (%)	0.52

Der Schwarzsee wurde bis 1975 durch Nährstoffzufuhr aus häuslichen und landwirtschaftlichen Abwässern im Einzugsgebiet, Einschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und Nährstoffeintrag durch den Badebetrieb stark belastet. Im Jahre 1975 konnte durch die Fertigstellung der Kanalstränge am SW- und NO-Ufer (bis Steuerberg) die Zufuhr des größten Teiles kanalisierbarer häuslicher Abwässer gestoppt werden (Abb. 3.-1). Die Abwässer aus den Badeanstalten und Häusern am Seeufer werden zum Seebichl hinaufgepumpt und gemeinsam mit dem gesammelten Abwasser aus dem östlichen Kanalstrang durch ein zur Kitzbühler Ache abfallendes Tal und einen Stollen durch den Leben-

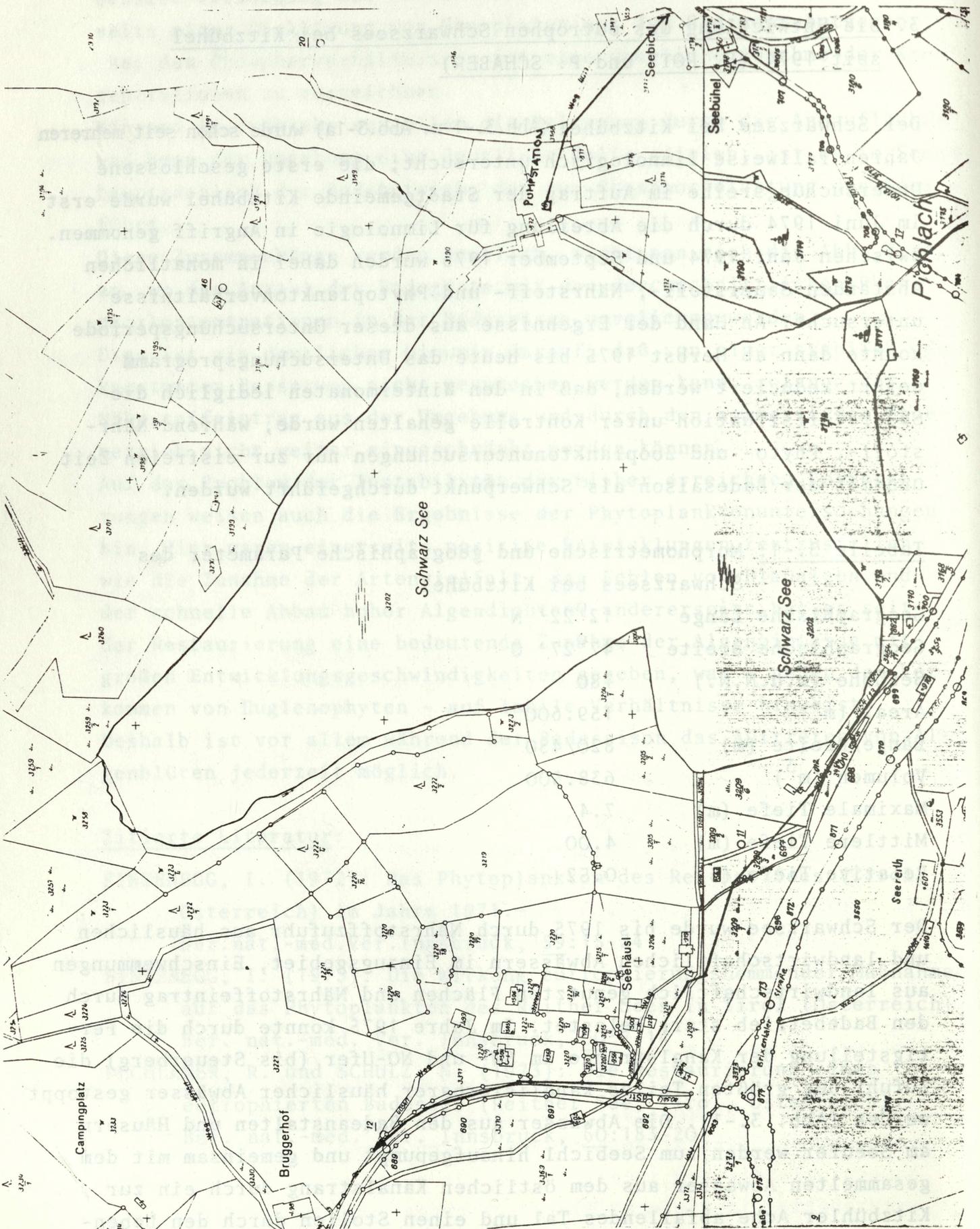


Abb. 3.-1: Schwarzsee bei Kitzbühel mit Kanalisation

SCHWARZSEE bei KITZBÜHEL

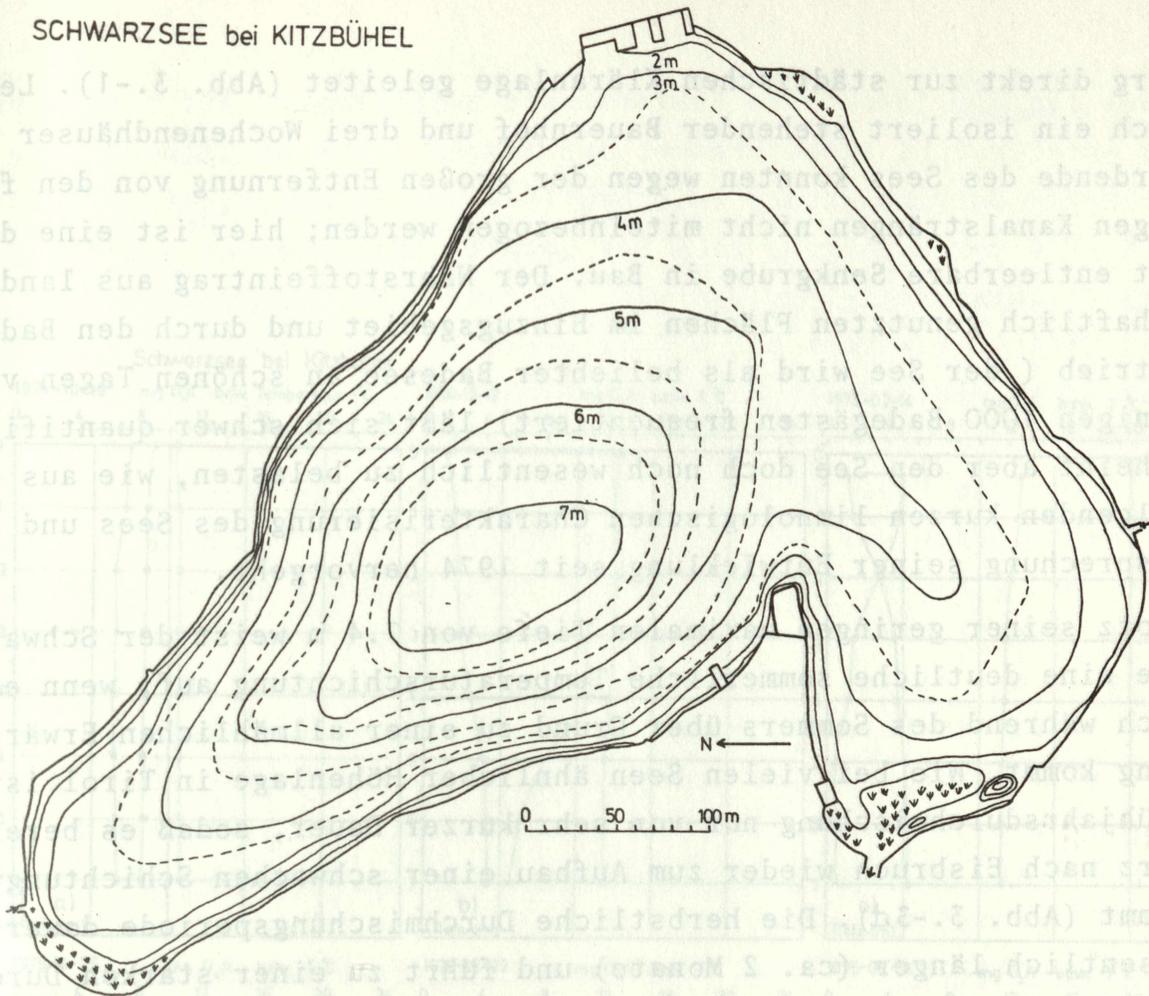


Abb.3.-1a: Bathymetrische Karte des Schwarzsees bei Kitzbühel

O<sub>2</sub> - INHALT SCHWARZSEE bei KITZBÜHEL

X.1974 bis IV. 1975 (weiss) und X. 1976 bis IV.1977 (schwarz)  
 X.1977 bis I. 1978 (schraffiert)

— Eisbedeckung 1974/75 —  
 — Eisbedeckung 1976/77 —

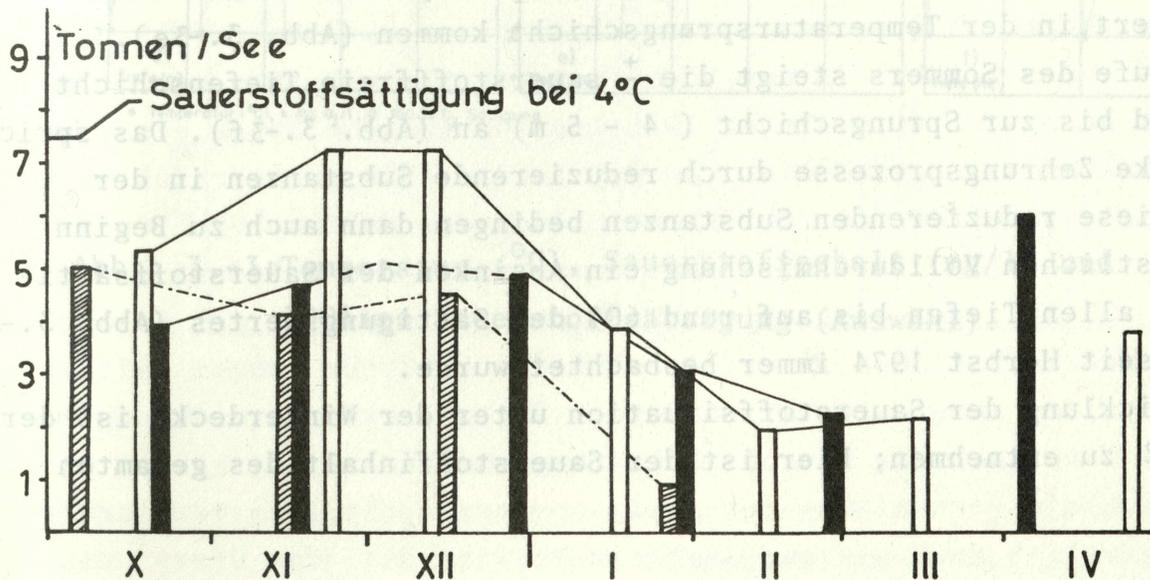


Abb.3.-2: Sauerstoffinhalt (t) des Schwarzsees

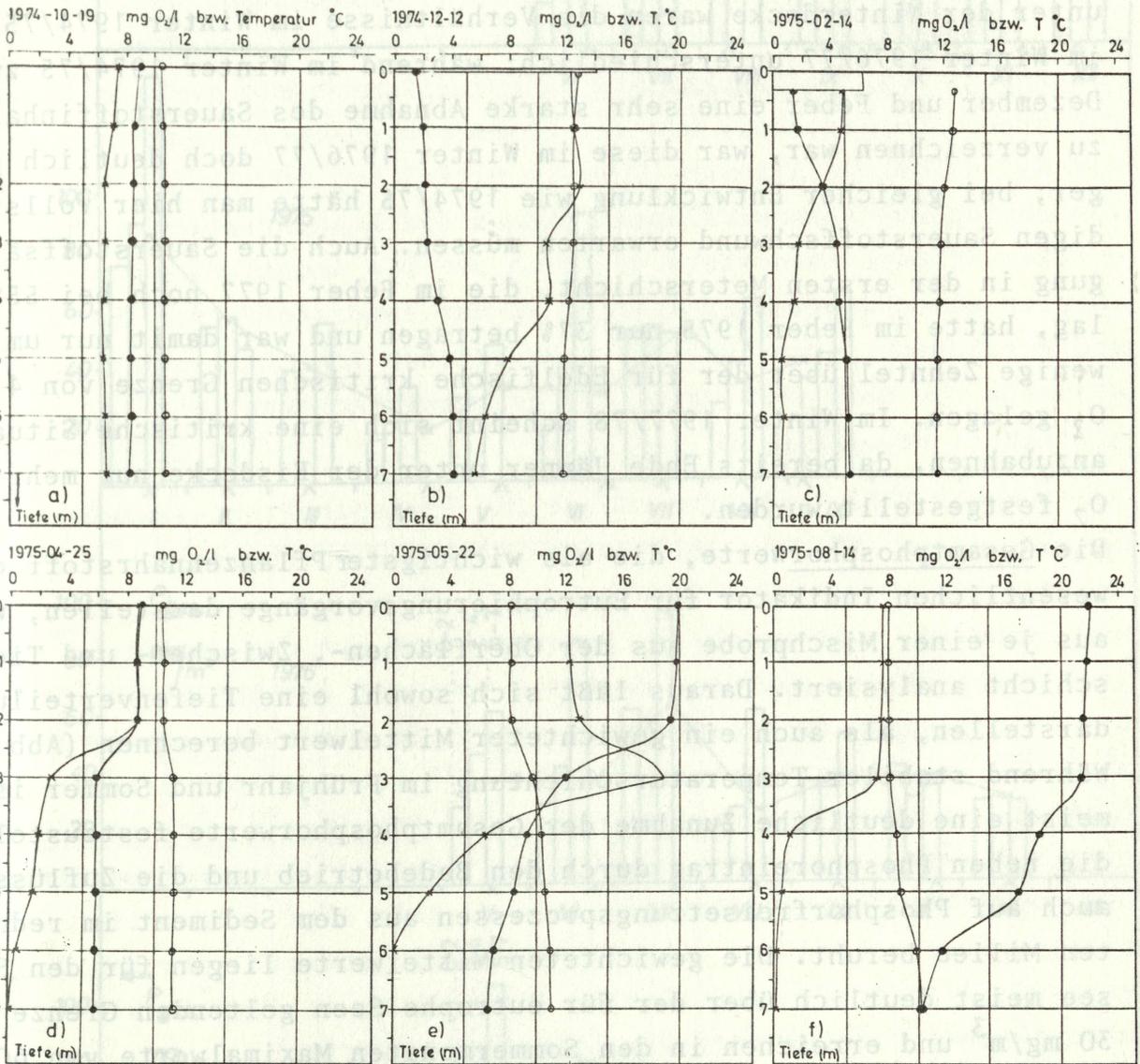
berg direkt zur städtischen Kläranlage geleitet (Abb. 3.-1). Lediglich ein isoliert stehender Bauernhof und drei Wochenendhäuser am Nordende des Sees konnten wegen der großen Entfernung von den fertigen Kanalsträngen nicht miteinbezogen werden; hier ist eine dichte, gut entleerbare Senkgrube in Bau. Der Nährstoffeintrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet und durch den Badebetrieb ( der See wird als beliebter Badesee an schönen Tagen von einigen 1000 Badegästen frequentiert) läßt sich schwer quantifizieren, scheint aber den See doch noch wesentlich zu belasten, wie aus der folgenden kurzen limnologischen Charakterisierung des Sees und der Besprechung seiner Entwicklung seit 1974 hervorgeht.

Trotz seiner geringen maximalen Tiefe von 7.4 m weist der Schwarzsee eine deutliche sommerliche Temperaturschichtung auf, wenn es auch während des Sommers über Grund zu einer allmählichen Erwärmung kommt. Wie bei vielen Seen ähnlicher Höhenlage in Tirol ist die Frühjahrsdurchmischung nur von sehr kurzer Dauer, sodaß es bereits kurz nach Eisbruch wieder zum Aufbau einer schwachen Schichtung kommt (Abb. 3.-3d). Die herbstliche Durchmischungsperiode dauert wesentlich länger (ca. 2 Monate) und führt zu einer starken Durchmischung des gesamten Wasserkörpers vor Eislegung. Die Eisbedeckung dauert je nach Witterungsverhältnissen im Frühjahr 4 bis 5 Monate und beginnt meist Anfang Dezember.

Ein wesentlicher Umstand, der den eutrophen Zustand des Schwarzsees dokumentiert, ist die klinograde Sauerstoffschichtung bei stabiler Temperaturschichtung (Abb. 3.-3). Durch hohe Individuendichten produktiver Phytoplanktonarten (Cryptomonaden z.B.) kann es im Frühjahr sogar zur Ausbildung einer positiv heterograden Sauerstoffverteilung mit deutlichen Übersättigungen im Epilimnion und einem Maximalwert in der Temperatursprungschicht kommen (Abb. 3.-3e). Im Verlaufe des Sommers steigt die <sup>+</sup> sauerstofffreie Tiefenschicht vom Grund bis zur Sprungschicht ( 4 - 5 m) an (Abb. 3.-3f). Das spricht für starke Zehrungsprozesse durch reduzierende Substanzen in der Tiefe. Diese reduzierenden Substanzen bedingen dann auch zu Beginn der herbstlichen Volldurchmischung ein Absinken der Sauerstoffsättigung in allen Tiefen bis auf rund 60% des Sättigungswertes (Abb. 3.-3a) wie das seit Herbst 1974 immer beobachtet wurde.

Die Entwicklung der Sauerstoffsituation unter der Winterdecke ist der Abb. 3.-2 zu entnehmen; hier ist der Sauerstoffinhalt des gesamten

## Schwarzsee bei Kitzbühel



● Temperatur (°C), × mg O<sub>2</sub>/l, ○ 100% O<sub>2</sub> Sättigung

Abb.: 3.-3: Temperatur (°C), Sauerstoffgehalt (mg/l) und

100%ige Sauerstoffsättigung (Auswahl).

Sees für die jeweiligen Wintermonate<sup>\*)</sup> aufgetragen. Auf eine zunehmende Anreicherung reduzierender Substanzen ( und damit auch eine zunehmende Eutrophierung) zwischen 1974 und 1977 spricht der Umstand, daß 1974 vor Eislegung noch der gesamte Wasserkörper mit Sauerstoff nahezu aufgesättigt worden war, während 1976 und 1977 nur ca. 70% des Sättigungswertes bei 4°C im gesamten See erreicht wurde. Doch unter der Winterdecke waren die Verhältnisse im Winter 1974/75 und im Winter 1976/77 unterschiedlich: während im Winter 1974/75 zwischen Dezember und Feber eine sehr starke Abnahme des Sauerstoffinhaltes zu verzeichnen war, war diese im Winter 1976/77 doch deutlich geringer; bei gleicher Entwicklung wie 1974/75 hätte man hier vollständigen Sauerstoffschwund erwarten müssen. Auch die Sauerstoffsättigung in der ersten Meterschicht, die im Feber 1977 noch bei 55% lag, hatte im Feber 1975 nur 37% betragen und war damit nur um wenige Zehntel über der für Edelfische kritischen Grenze von 4 mg/l O<sub>2</sub> gelegen. Im Winter 1977/78 scheint sich eine kritische Situation anzubahnen, da bereits Ende Jänner unter der Eisdecke nur mehr 4 mg/l O<sub>2</sub> festgestellt wurden.

Die Gesamtposphorwerte, die als wichtigster Pflanzennährstoff einen wesentlichen Indikator für Eutrophierungsvorgänge darstellen, wurden aus je einer Mischprobe aus der Oberflächen-, Zwischen- und Tiefenschicht analysiert. Daraus läßt sich sowohl eine Tiefenverteilung darstellen, als auch ein gewichteter Mittelwert berechnen (Abb. 3.-4). Während stabiler Temperaturschichtung im Frühjahr und Sommer ist meist eine deutliche Zunahme der Gesamtposphorwerte festzustellen, die neben Phosphoreintrag durch den Badebetrieb und die Zuflüsse auch auf Phosphorfreisetzungsprozessen aus dem Sediment im reduzierten Milieu beruht. Die gewichteten Mittelwerte liegen für den Schwarzsee meist deutlich über der für eutrophe Seen geltenden Grenze von 30 mg/m<sup>3</sup> und erreichen in den Sommermonaten Maximalwerte von 60 mg/m<sup>3</sup>. Die sehr hohen Werte im Jänner 1975 könnten auf den Abbau einer Phytoplanktonmassenentwicklung im Spätherbst 1974 zurückzuführen sein. Charakteristisch für die Jahresentwicklung der Gesamtposphorwerte im Schwarzsee sind die stets hohen Werte während der Badesaison. Wie man aus Abb. 3.-5 entnehmen kann, waren die Maxima der Gesamtposphorkonzentrationen in der Badeschicht zwischen Sommer 1975 und 1977 von einer immer stärker werdenden Phytoplanktonentwicklung begleitet. Wenn auch die Phosphorbelastung aus dem Einzugsgebiet des Sees durch die Fernhaltung der Abwässer stark seit 1975 verringert wurde, verblieb doch bis zur Zeit ein kleiner Teil des Ufers unsaniert

<sup>\*)</sup> siehe auch Abb. 3.-3b und c

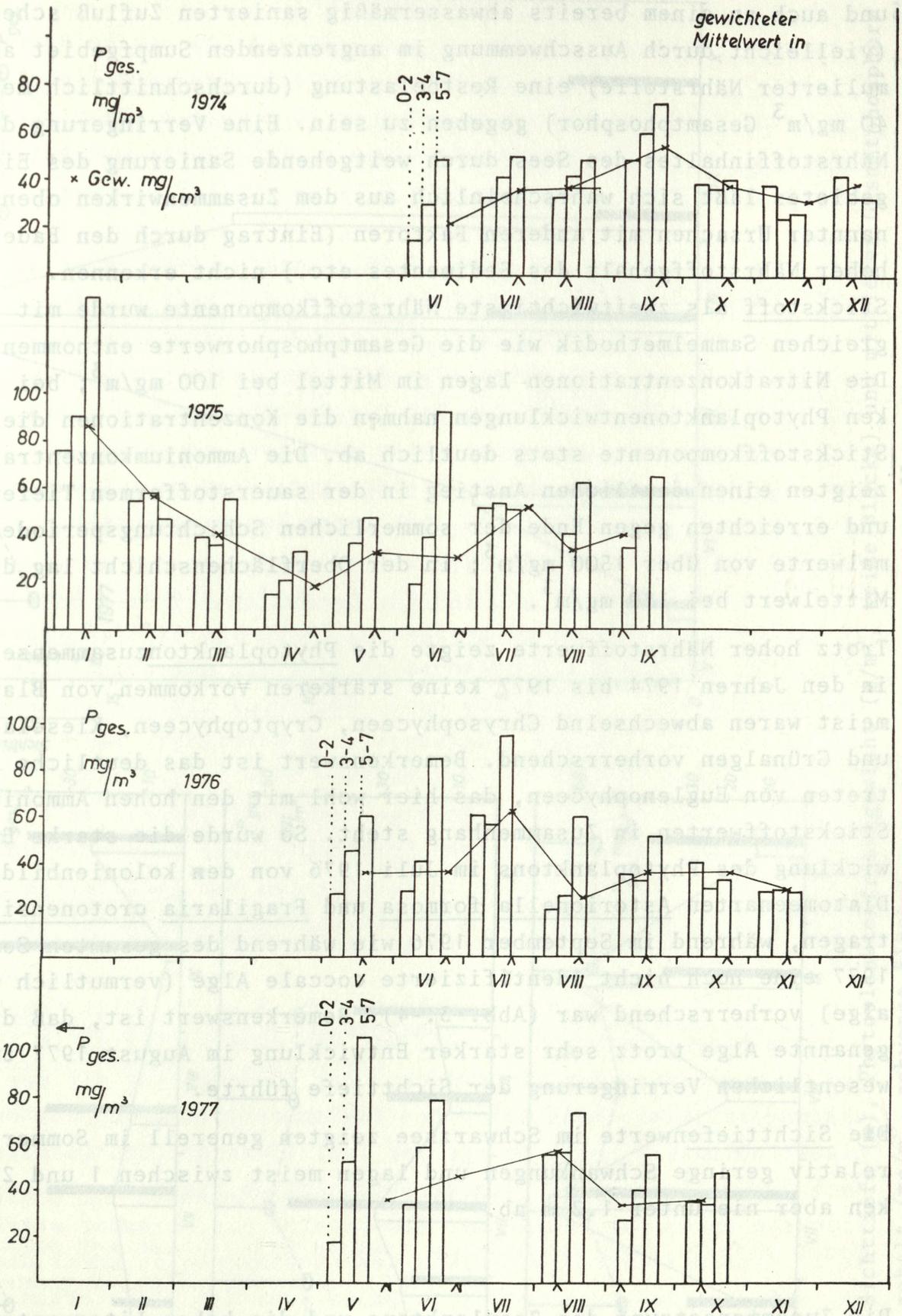


Abb. 3.-4: Gesamtphosphorkonzentrationen ( $mg/m^3$ , gewichtete Mittelwerte der einzelnen Schichten) im Schwarzsee bei Kitzbühel in den Jahren 1974 bis 1977.

und auch an einem bereits abwassermäßig sanierten Zufluß scheint (vielleicht durch Ausschwemmung im angrenzenden Sumpfgebiet akkumulierter Nährstoffe) eine Restbelastung (durchschnittlich mehr als  $40 \text{ mg/m}^3$  Gesamtphosphor) gegeben zu sein. Eine Verringerung des Nährstoffinhaltes des Sees durch weitgehende Sanierung des Einzugsgebietes läßt sich wahrscheinlich aus dem Zusammenwirken oben genannter Ursachen mit anderen Faktoren (Eintrag durch den Badebetrieb, hoher Nährstoffgehalt des Sedimentes etc.) nicht erkennen.

Stickstoff als zweitwichtigste Nährstoffkomponente wurde mit der gleichen Sammelmethode wie die Gesamtphosphorwerte entnommen. Die Nitratkonzentrationen lagen im Mittel bei  $100 \text{ mg/m}^3$ ; bei starken Phytoplanktonentwicklungen nahmen die Konzentrationen dieser Stickstoffkomponente stets deutlich ab. Die Ammoniumkonzentrationen zeigten einen deutlichen Anstieg in der sauerstoffarmen Tiefenzone und erreichten gegen Ende der sommerlichen Schichtungsperiode Maximalwerte von über  $1500 \text{ mg/m}^3$ ; in der Oberflächenschicht lag der Mittelwert bei  $120 \text{ mg/m}^3$ .

Trotz hoher Nährstoffwerte zeigte die Phytoplanktonzusammensetzung in den Jahren 1974 bis 1977 keine stärkeren Vorkommen von Blaualgen, meist waren abwechselnd Chrysophyceen, Cryptophyceen, Kieselalgen und Grünalgen vorherrschend. Bemerkenswert ist das deutliche Auftreten von Euglenophyceen, das hier wohl mit den hohen Ammoniumstickstoffwerten in Zusammenhang steht. So wurde die starke Entwicklung des Phytoplanktons im Juli 1976 von den kolonienbildenden Diatomeenarten Asterionella formosa und Fragilaria crotonensis getragen, während im September 1976 wie während des gesamten Sommers 1977 eine noch nicht identifizierte coccale Alge (vermutlich Grünalge) vorherrschend war (Abb. 3.-4). Bemerkenswert ist, daß die letztgenannte Alge trotz sehr starker Entwicklung im August 1977 zu keiner wesentlichen Verringerung der Sichttiefe führte.

Die Sichttiefenwerte im Schwarzsee zeigten generell im Sommer nur relativ geringe Schwankungen und lagen meist zwischen 1 und 2 m, sanken aber nie unter 1.2 m ab.

Die Zusammensetzung des Zooplanktons und die hohen Literwerte (250 bis 1600 Individuen im Durchschnittsliter) und das Auftreten spezifischer Arten, weisen auf eine verstärkte Eutrophierung des

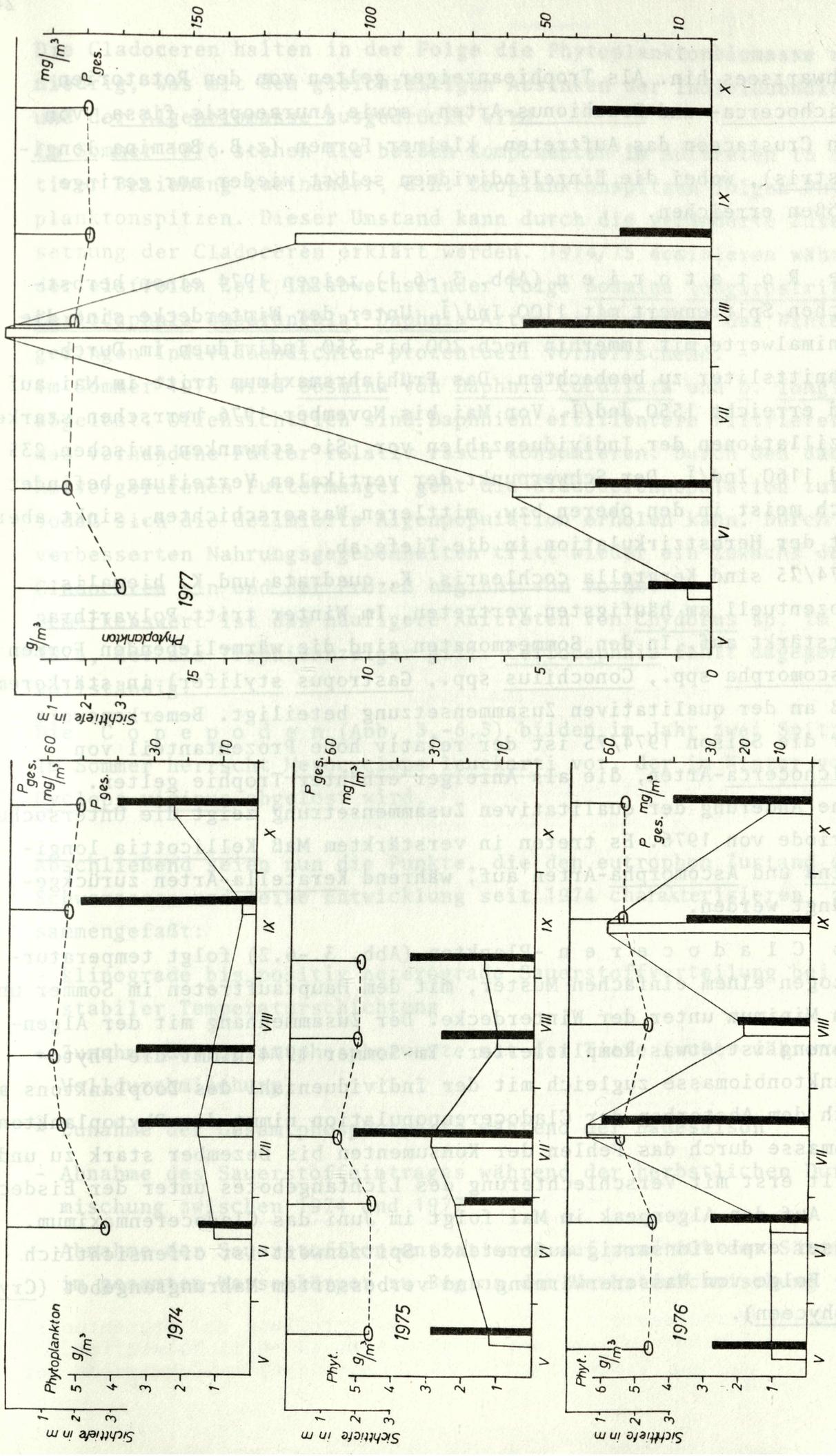


Abb. 3.-5: Sichttiefe (m), Phytoplanktonfrischgewicht ( $g/m^3$ , weiße Blöcke) und mittlerer Gesamtphosphorgehalt ( $mg/m^3$ , schwarze Blöcke).

Schwarzsees hin. Als Trophieanzeiger gelten von den Rotatorien Trichocerca- und Brachionus-Arten, sowie Anuraeopsis fissa, von den Crustaceen das Auftreten kleiner Formen (z.B. Bosmina longirostris), wobei die Einzelindividuen selbst wieder nur geringe Größen erreichen.

Die R o t a t o r i e n (Abb. 3.-6.1) zeigen 1974 einen herbstlichen Spitzenwert mit 1100 Ind/ $\bar{l}$ . Unter der Winterdecke sind die Minimalwerte mit immerhin noch 200 bis 350 Individuen im Durchschnittsliter zu beobachten. Das Frühjahrsmaximum tritt im Mai auf und erreicht 1550 Ind/ $\bar{l}$ . Von Mai bis November 1976 herrschen starke Oszillationen der Individuenzahlen vor. Sie schwanken zwischen 235 und 1160 Ind/ $\bar{l}$ . Der Schwerpunkt der vertikalen Verteilung befindet sich meist in den oberen bzw. mittleren Wasserschichten, sinkt aber mit der Herbstzirkulation in die Tiefe ab.

1974/75 sind Keratella cochlearis, K. quadrata und K. hiemalis prozentuell am häufigsten vertreten. Im Winter tritt Polyarthra verstärkt auf. In den Sommermonaten sind die wärmeliebenden Formen (Ascomorpha spp., Conochilus spp., Gastropus stylifer) in stärkerem Maß an der qualitativen Zusammensetzung beteiligt. Bemerkenswert für die Saison 1974/75 ist der relativ hohe Prozentanteil von Trichocerca-Arten, die als Anzeiger erhöhter Trophie gelten.

Eine Änderung der qualitativen Zusammensetzung zeigt die Untersuchungsperiode von 1976. Es treten in verstärktem Maß Kellicottia longispina und Ascomorpha-Arten auf, während Keratella-Arten zurückgedrängt werden.

Das C l a d o c e r e n -Plankton (Abb. 3.-6.2) folgt temperaturbezogen einem einfachen Muster, mit dem Hauptauftreten im Sommer und dem Minimum unter der Winterdecke. Der Zusammenhang mit der Algenahrung ist etwas komplizierter. Im Sommer 1974 nimmt die Phytoplanktonbiomasse zugleich mit der Individuenzahl des Zooplanktons ab. Nach dem Absterben der Cladocerenpopulation nimmt die Phytoplanktonbiomasse durch das Fehlen der Konsumenten bis Dezember stark zu und fällt erst mit Verschlechterung des Lichtangebotes unter der Eisdecke ab. Auf den Algenpeak im Mai folgt im Juni das Cladocerenmaximum. Dieser explosionsartig auftretende Spitzenwert ist offensichtlich die Folge von Wassererwärmung und verbessertem Nahrungsangebot (Cryptophyceen).

Die Cladoceren halten in der Folge die Phytoplanktonbiomasse relativ niedrig, was mit dem gleichzeitigen Absinken der Individuendichten und der Algenbiomasse ausgedrückt wird.

Im Sommer 1976 stehen die beiden Komponenten im Auftreten in negativer Beziehung zueinander, d.h. Zooplanktonspitzen folgen Phytoplanktonspitzen. Dieser Umstand kann durch die veränderte Zusammensetzung der Cladoceren erklärt werden. 1974/75 dominieren während der eisfreien Zeit in abwechselnder Folge Bosmina longirostris und Ceriodaphnia quadrangula; Daphnia-Arten sind während des Winters bei geringen Individuendichten prozentuell vorherrschend. -

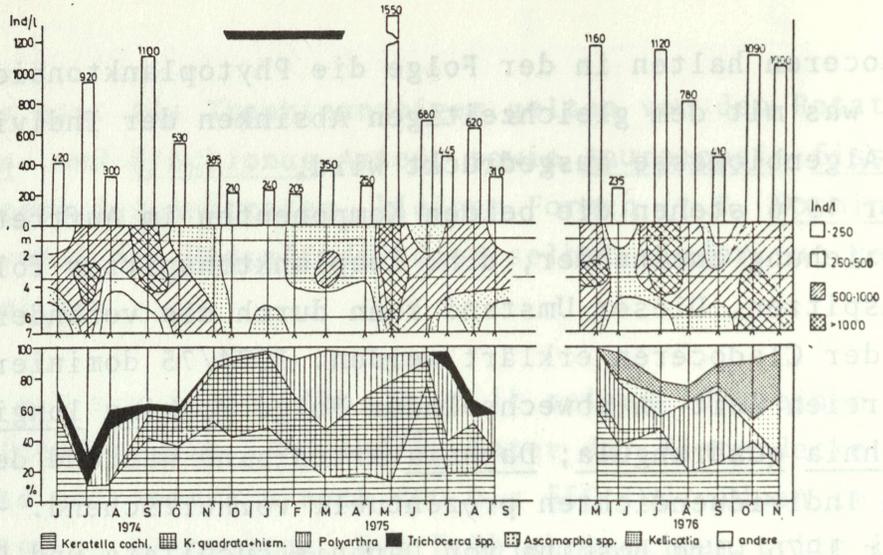
Im Sommer 1976 wird Bosmina von Daphnia cucullata und D. longispina abgelöst. Offensichtlich sind Daphnien effizientere Filtrierer, die das vorhandene Futter relativ rasch konsumieren. Durch den dadurch hervorgerufenen Futtermangel geht die Cladocerenpopulation zurück, sodaß sich die dezimierte Algenpopulation erholen kann. Durch die verbesserten Nahrungsgegebenheiten tritt wieder ein Zuwachs der Cladoceren ein und der Prozeß beginnt von vorne.

Bemerkenswert ist das häufigere Auftreten von Chydorus sp. im Jahr 1976, der als Trophieanzeiger gilt. Ceriodaphnia fehlt dagegen fast vollständig.

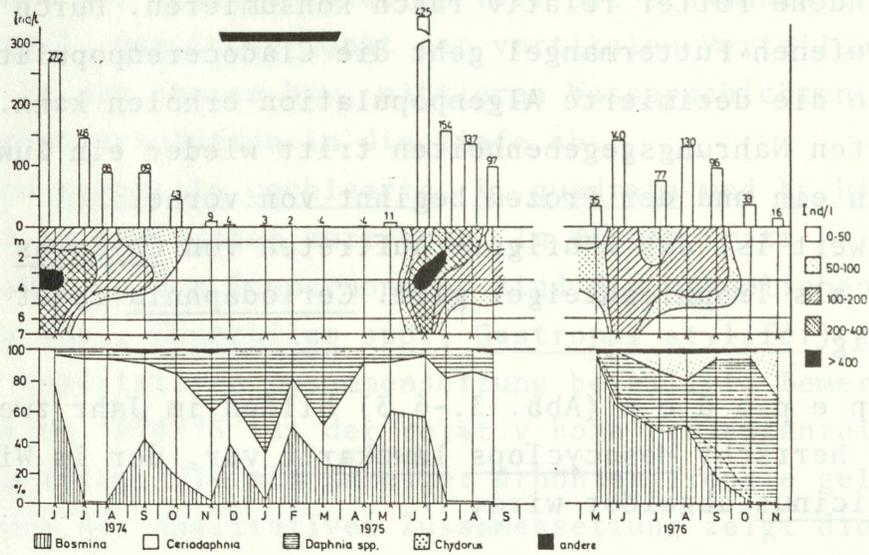
Die Copepoden (Abb. 3.-6.3) bilden im Jahr zwei Spitzen aus. Im Sommer herrscht Mesocyclops leuckarti vor, der im Winter von Cyclops vicinus abgelöst wird.

Abschließend seien nun die Punkte, die den eutrophen Zustand des Schwarzsees und seine Entwicklung seit 1974 charakterisieren, zusammengefaßt:

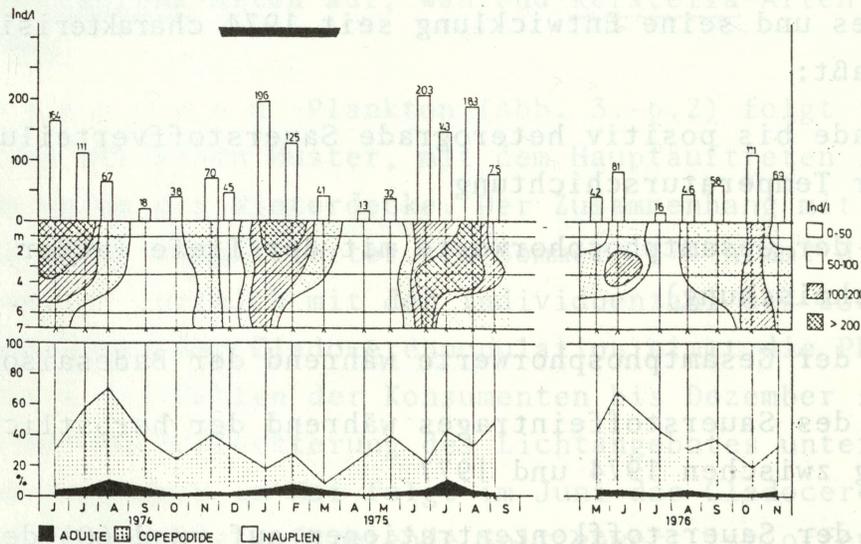
- klinograde bis positiv heterograde Sauerstoffverteilung bei stabiler Temperaturschichtung
- Zunahme der Gesamtposphorwerte mit der Tiefe (außer während Volldurchmischung)
- Zunahme der Gesamtposphorwerte während der Badesaison
- Abnahme des Sauerstoffeintrages während der herbstlichen Durchmischung zwischen 1974 und 1977
- Abnahme der Sauerstoffkonzentrationen auf rund 60% der Sättigung im gesamten Wasserkörper zu Beginn der Herstdurchmischung



3.-6.1 Rotatorien



3.-6.2 Cladoceren



3.-6.3 Copepoden

Abb. 3.-6: Mittelwerte (Ind/l), Vertikalverteilung und prozentuelle Zusammensetzung des Zooplanktons (3.-6.1: Rotatorien, 3.-6.2: Cladoceren, 3.-6.3: Copepoden) im Schwarzsee bei Kitzbühel

- Zunahme der Phytoplanktonbiomasse bei geringerem Anstieg der Gesamtphosphorwerte zwischen Sommer 1974 und Sommer 1977
- Starke Sauerstoffzehrung unter der Winterdecke.

Als positiv für die Badequalität des Sees machte sich bis Sommer 1977 folgendes bemerkbar:

- Fehlen wasserblütenbildender Blaualgen und anderer wasserblütenbildender Algen seit Sommer 1975
- Geringe Abnahme der Sichttiefe trotz sehr hoher Phytoplanktonbiomassen (vor allem Sommer 1977)
- Sichttiefenwerte stets mehr als 1.2 m (Minimum).

Da der Schwarzsee als Reaktion auf eine weitgehende Sanierung keine merkliche Verbesserung sondern eine eher noch fortschreitende Eutrophierung zeigt, scheint es notwendig

- die Fernhaltung aller restlichen kanalisierbaren Abwässer im Einzugsbereich voranzutreiben
- die Düngung der landwirtschaftlich genutzten Flächen im See-einzugsgebiet möglichst gering zu halten
- die Sauerstoffsituation unter der Winterdecke zu verfolgen und gegebenenfalls Hilfsmaßnahmen zu ergreifen, um Fischsterben zu verhindern (Schneefreipflügen der Eisdecke, Einbringung von temperiertem sauerstoffgesättigtem Wasser, vorsichtiges Einrieseln von Sauerstoff o.ä.)
- Restaurierungsmaßnahmen vorzubereiten (hydrograph. Messungen, Planung einer Tiefenwasserableitung zur selektiven Wassererneuerung).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht der Abteilung für Limnologie am Institut für Zoologie der Universität Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [1977](#)

Autor(en)/Author(s): Rott Eugen, Schaber Peter

Artikel/Article: [Die Entwicklung des eutrophen Schwarzsees bei Kitzbühel seit 1974 239-251](#)