

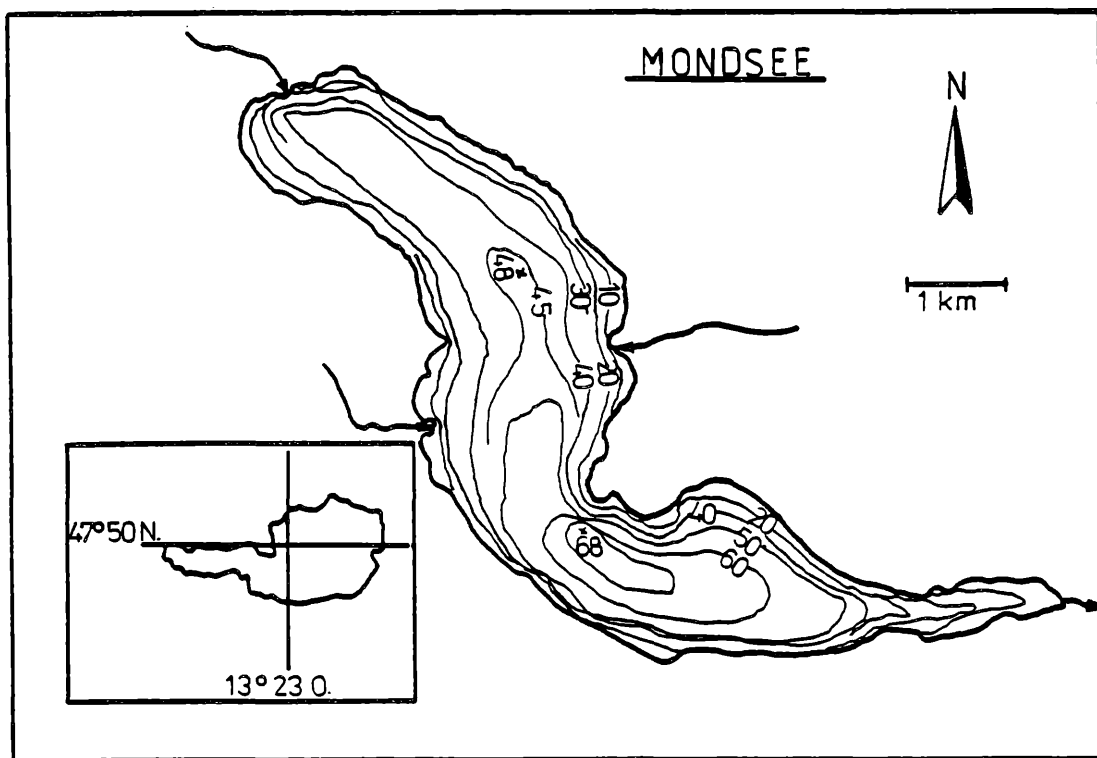
DIE REOLIGOTROPHIERUNG DES MONDSEES

Martin Dokulil

Nährstoffanreicherung in Seen als Folge von Abwassereinleitungen und deren Auswirkung ist heute hinlänglich bekannt. Am Beispiel Mondsee, Österreich, soll ein derartiger Eutrophierungsverlauf nachgezeichnet und die Sanierungsmaßnahmen besprochen werden. Sodann ist der Frage nachzugehen, ob und in welchem Ausmaß diesen Bemühungen Erfolg beschieden ist.

Der Mondsee erstreckt sich mit einer größten Länge von knapp 11 km in west-östlicher Richtung. Die Hauptzubringer, die Zeller- und Fuschler-Ache, münden im Westen und Südwesten, wo sich auch die größten Siedlungen und touristischen Zentren befinden. Der See entwässert nach Osten über die nur 3 km lange Mondsee-Ache in den Attersee (Abb. 1).

Abb. 1: Lage und Tiefenkarte des Mondsees



Aus den Tiefenlinien ist zu erkennen, daß der westliche Teil des Sees flacher ist als der zentrale Bereich, der bis 69 m abfällt. Da dieser Teil relativ klein ist, beträgt die mittlere Tiefe nur 36 m. Einen Überblick über die morphometrischen Daten gibt Tabelle 1 (S. 47).

Es soll an dieser Stelle insbesondere auf die vergleichsweise kurze theoretische Wassererneuerung von 1,7 Jahren hingewiesen werden (Fuschlsee 2,6; Wolfgangsee 3,6; Attersee 7 Jahre).

Tabelle 1: Morphometrische und hydrologische Daten des Mondsees

Seehöhe	481 m
Einzugsgebiet	247,2 x 10 ⁶ m ²
Seefläche	14,2 x 10 ⁶ m ²
Maximaltiefe	68,3 m
Mittlere Tiefe	36,0 m
Volumen	510 x 10 ⁶ m ³
Größte Länge	10 800 m
Uferlänge	28,3 x 10 ⁶ m
Mittlerer Abfluß	9,2 m ³ s ⁻¹
Theoretische Wassererneuerung	1,7 Jahre

Eutrophierungsverlauf:

Noch in den 30er Jahren konnte der Mondsee als oligotroph bezeichnet werden. Die Sauerstoffkonzentrationen betrugen damals auch während der Sommermonate in Grundnähe 79 %. Bedingt durch die biogene Entkalkung und minerogene Hochwassertrübung waren die Sichttiefen schon damals gering (2 - 3 m). In einer planktologischen Beschreibung der Salzkammergutseen weist FINDENEKG (1959) darauf hin, daß der Mondsee von den vier großen Seen des Gebietes die höchsten Planktonmengen aufweist. Allerdings muß hinzugefügt werden, daß die Werte der Jahre 1957 - 1959 nur einmal 0,5 mg pro Liter überstiegen haben, Werte wie sie derzeit für die Wintermonate charakteristisch sind. Hauptkomponenten des Phytoplanktons waren damals die Diatomeen und im Sommer die Dinoflagellaten. Im Wolfgangsee war bereits zu dieser Zeit Oscillatoria rubescens vorhanden. Interessant ist, daß FINDENEKG (1959) meinte: "Das Fehlen von Oscillatoria im nicht weniger produktiven Mondsee läßt erkennen, daß es offenbar nur ein ganz bestimmter Seetypus ist, der die Vermehrung der Oscillatoria begünstigt, nicht aber jeder See mit durch kulturelle Einflüsse gesteigerter Fruchtbarkeit".

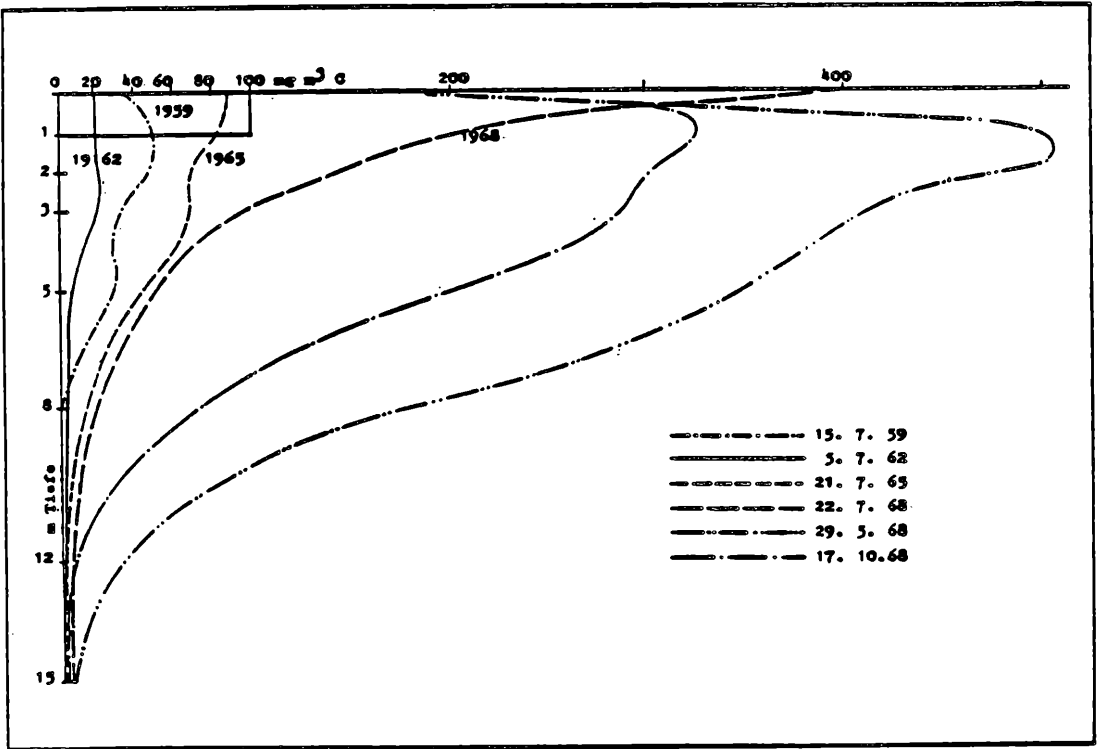
Ein Jahrzehnt später hatte sich die Situation grundlegend gewandelt. Nahezu gleichzeitig wiesen im Jahre 1969 DANECKER und FINDENEKG auf den bedenklichen Zustand des Sees im Herbst 1968 hin. Gleichzeitig berichtet FINDENEKG über zunehmende Eutrophierung. Infolge des rasch zunehmenden Fremdenverkehrs und der damit verbundenen erhöhten und zunächst ungeklärten Abwassermengen war es zu einer enormen Nährstoffanreicherung im See gekommen.

Daraus resultierte verstärktes Algenwachstum, Sauerstoffschwund in der Tiefe und schließlich Algenblüten von Oscillatoria rubescens. Nur kurzfristig war diese Entwicklung in den Jahren 1961 und 1962 durch die Einbringung großer Mengen tonigen Materials während des Autobahnbaus gebremst worden.

Wie aus Abbildung 2 (S. 48) zu ersehen ist, waren bereits 1965 erhöhte Produktionsraten zu verzeichnen. Eine gewaltige Steigerung der Produktion erfolgte im Jahr 1968. Zuvor waren die Werte vergleichsweise nied-

rig. Eine hier nicht wiedergegebene Einzelmessung von STEEMAN-NIELSEN aus dem Jahre 1953 entspricht etwa dem Wert FINDENEKGs von 1958.

Abb. 2: Tiefenverlauf der Photosyntheseraten im Mondsee in mg C pro Kubikmeter und Tag in den Jahren 1959 bis 1968



(aus FINDENEKG 1969)

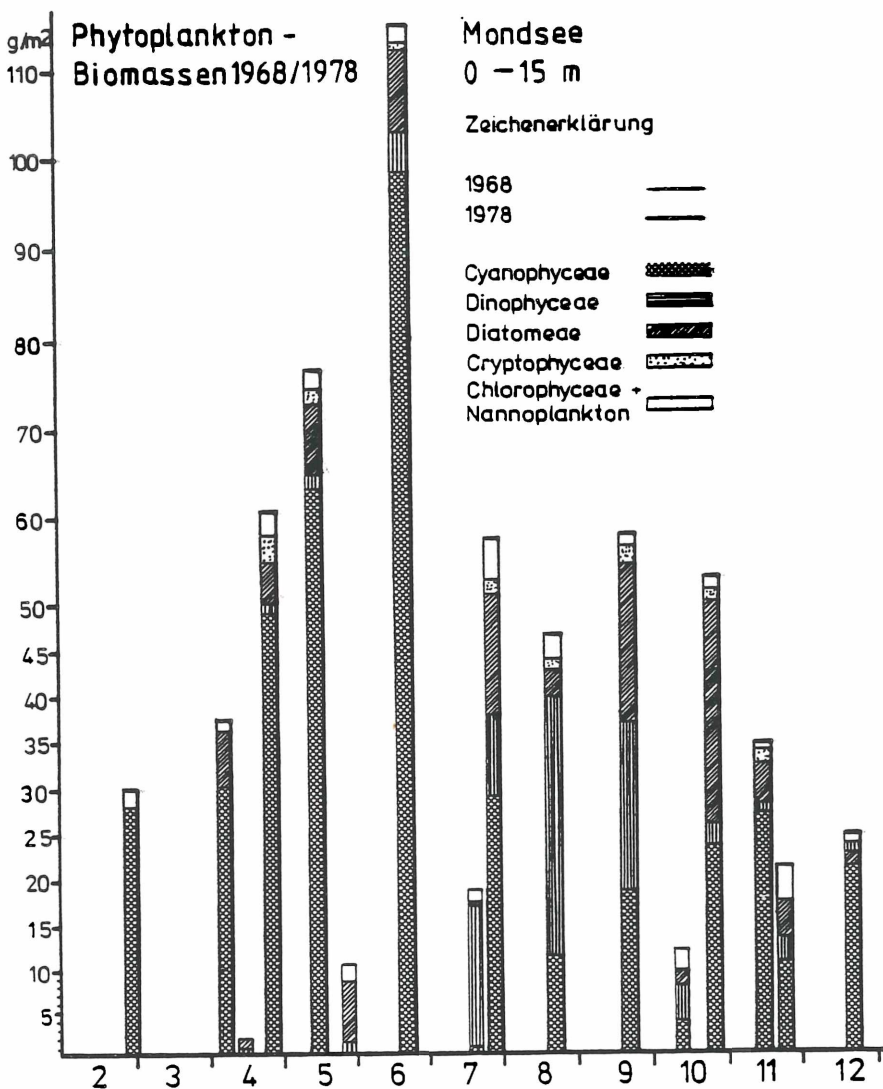
1968 war die Algenbiomasse bereits auf das 5fache der vorhergehenden Jahre angewachsen und blieb dann bis 1970 auf diesem Niveau. Zu berücksichtigen ist dabei, daß die Angaben für 1969 und 1970 (FINDENEKG 1971) spärlich sind und nur Durchschnittswerte von 0 - 3 m Wassertiefe darstellen, also vermutlich Unterschätzungen sind. In den Jahren danach traten mehrfach Algenblüten von *Oscillatoria rubescens* auf, welche sich aber nicht durch Daten, sondern nur durch Fotos belegen lassen. Die weiter zunehmende Verschlechterung ließ sich aber an den abnehmenden Sichttiefen und den Veränderungen der Sauerstoffkonzentration über Grund ablesen.

Diese bedenkliche Entwicklung des Mondsees führte zur Gründung des "Reinhalteverbandes Mondsee" und zur Inbetriebnahme der 1. Ausbaustufe mit chemischer Reinigung im Jahr 1973.

Ab 1976, besonders aber seit 1980, trat eine deutliche Verbesserung der mittleren Sichttiefe ein; derzeit liegt sie bei etwa 5 m. Ungünstig bis schlecht ist nach wie vor die Sauerstoffsituation im Sommer über Grund. Noch im Jahre 1978, als regelmäßige Planktonuntersuchungen wieder aufgenommen wurden (SCHWARZ 1980), betrug die Algenbiomasse noch ein Vielfaches der Werte von 1968 (Abb. 3, S. 49). Aufgrund der Angaben von MÜLLER-JANTSCH (1977) über den Austrag von *Oscillatoria* aus

dem Mondsee und der relative kurzen Wassererneuerungszeit (vgl. Tab. 1, S. 47) rechnete SCHWARZ damals bei gleichzeitiger Verminderung der Nährstoffzufuhr mit einer rasch rückläufigen Eutrophie infolge der Ausschwemmung von *Oscillatoria*. Bereits ein Jahr später (SCHWARZ 1981) war ein drastischer Rückgang der Algenbiomasse und eine deutliche Zunahme des Diatomeenanteils zu verzeichnen. Die Werte waren die niedrigsten seit 1966 (Abb. 3). Mitbeteiligt an diesem starken Rückgang in so kurzer Zeit war wohl auch die extreme Witterung dieses Jahres.

Abb. 3: Vergleich der Phytoplanktonbiomassen im Mondsee in den Jahren 1968 und 1978 (aus SCHWARZ 1980)



Der Mangel an quantitativen Daten über das Zooplankton macht einen ähnlichen Vergleich leider unmöglich. Es kann aber festgehalten werden, daß faunistisch keine Unterschiede festzustellen sind.

Hingegen erweist sich das Benthos noch immer deutlich von den Folgen der Eutrophierung beeinflusst. Im Litoralbereich finden sich umfangreiche Algenwatten, Aufwüchse und Verkrautungen, deren Menge von Jahr zu Jahr stark wechselt. Quantitative Daten darüber liegen derzeit nicht vor.

In den vergangenen zwei Jahren war die Tendenz weiter leicht rückläufig, es treten aber noch immer Spitzenwerte wie im Jahr 1978 auf (Abb. 4). Der Anteil an Oscillatoria ist zwar stark zurückgegangen, was aber Anlaß zur Sorge bereitet, ist das verstärkte Auftreten anderer Blaualgen, wie Microcystis und Aphanizomenon (Abb. 5).

Der Prozentanteil der einzelnen Algengruppen an der Gesamtbiomasse im Jahreslauf entspricht im wesentlichen den Verhältnissen von 1980. Im Vergleich zu 1978 hat aber der Blaualgenanteil, vor allem im Frühjahr, stark abgenommen. Ebenfalls geringer sind die Produktionsraten, welche im Extremfall auf das Niveau vor 1962 absinken. Bei der Beurteilung und dem Vergleich dieser Daten ist allerdings insofern Vorsicht angebracht, als Photosyntheseraten stark temperatur- und einstrahlungsabhängig sind und damit vom Verlauf der Witterung während des Zeitraumes.

Sedimentprofile zeigen deutlich die Beeinflussung der Ostracoden durch die zunehmende Eutrophierung. Mehrere Arten verschwinden mit Zunahme der Nährstoffanreicherung im Sediment (Abb. 6, S. 52). Das feinkörnige Sediment, das aus dem Autobahnbau stammt, ermöglicht eine kurzfristige Erholung. Die Sedimentschichte darüber ist voller Chironomidenröhren, die offenbar aus dem Sublitoral und der Halde kurzfristig eingewandert sind. Noch deutlicher kommen diese Verhältnisse in einem Profil aus 47 m Tiefe zum Ausdruck (Abb. 7, S. 52).

Im Bereich der stärker beeinflussten Sedimente (Mondseebucht, tiefste Stelle) herrschen an der Sedimentoberfläche reduzierte Bedingungen, was die Nachwirkungen der zurückliegenden Periode erhöhten Nährstoffeintrags verdeutlicht.

Betrachtet man abschließend die Phosphorkonzentrationen, welche abnehmende Tendenz zeigen, und die verbesserte Phosphorbilanz (MÜLLER 1979), so darf mit MOOG (1982) gesagt werden, daß der bislang mesotrophe Mondsee auf dem besten Weg ist, wieder oligotroph zu werden. Der weitere Ausbau der Verbandskläranlage im Jahre 1984 und die damit verbundene zwangsläufige Erhöhung des Phosphoreintrags durch die Ableitung der gereinigten Wässer in den See wird diesen Prozeß zum Stehen bringen, ja vielleicht wieder zu einer leichter Verschlechterung führen.

Literatur

- DANECKER, E. (1969):
Bedenklicher Zustand des Mondsees im Herbst 1968. Österr. Fischerei 22, 25-31
- FINDENEKG, I. (1959):
Das pflanzliche Plankton der Salzkammergutseen. Österr. Fischerei 5, 33-35
- FINDENEKG, I. (1969):
Die Eutrophierung des Mondsees im Salzkammergut. - Wasser Abwasserforsch. 4, 139-144
- FINDENEKG, I. (1971):
Die Produktionsleistung einiger planktischer Algenarten in ihrem natürlichen Milieu. - Arch. Hydrobiol 69, 273-293

Abb. 4: Gesamtphytoplanktonbiomasse in g m^{-2} für die gesamte Wassersäule (o) und für die euphotische Zone (n) im Jahr 1982 (obere Darstellung)

Vertikalverteilung des gesamten Phytoplanktons (untere Darstellung). Isolinien in $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$.

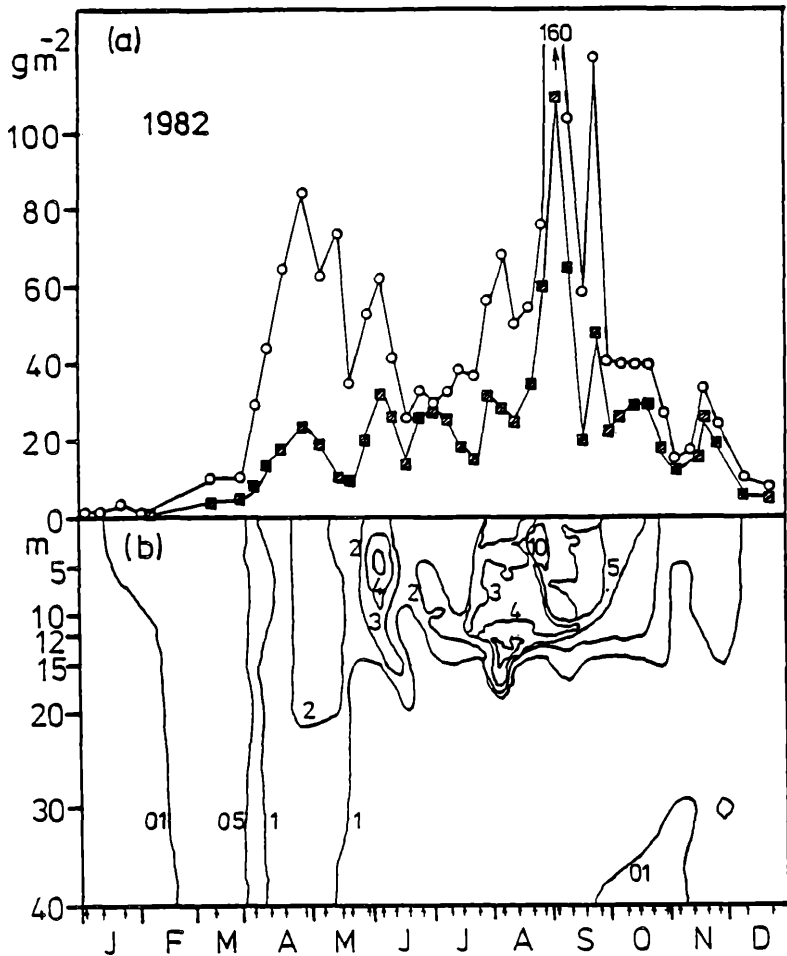


Abb. 5: Vertikalverteilung der Blaualgen 1982. Isolinien in $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$

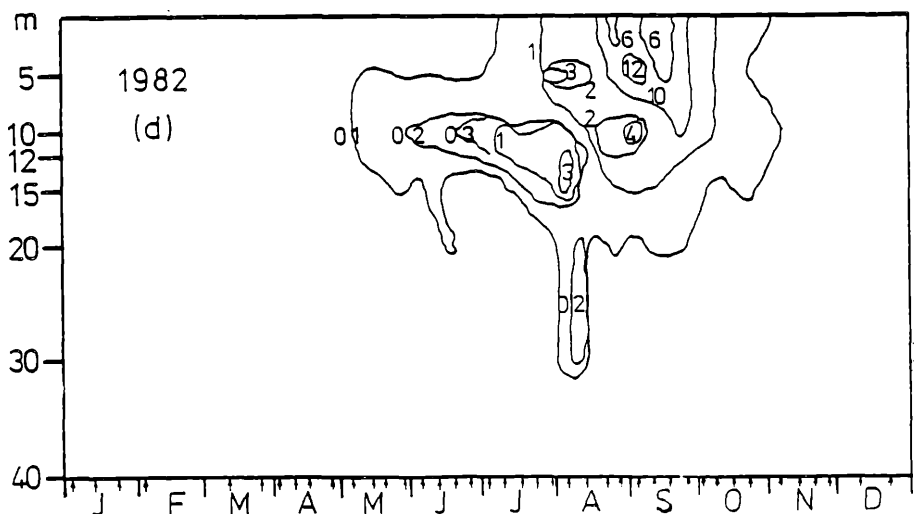


Abb. 6:

Sedimentprofil aus dem Mondsee. 44 m Wassertiefe. Dargestellt ist das makroskopische Aussehen des Bohrkerns und die Verteilung der Ostracoden. Die graue Zone entspricht dem Autobahnmaterial.

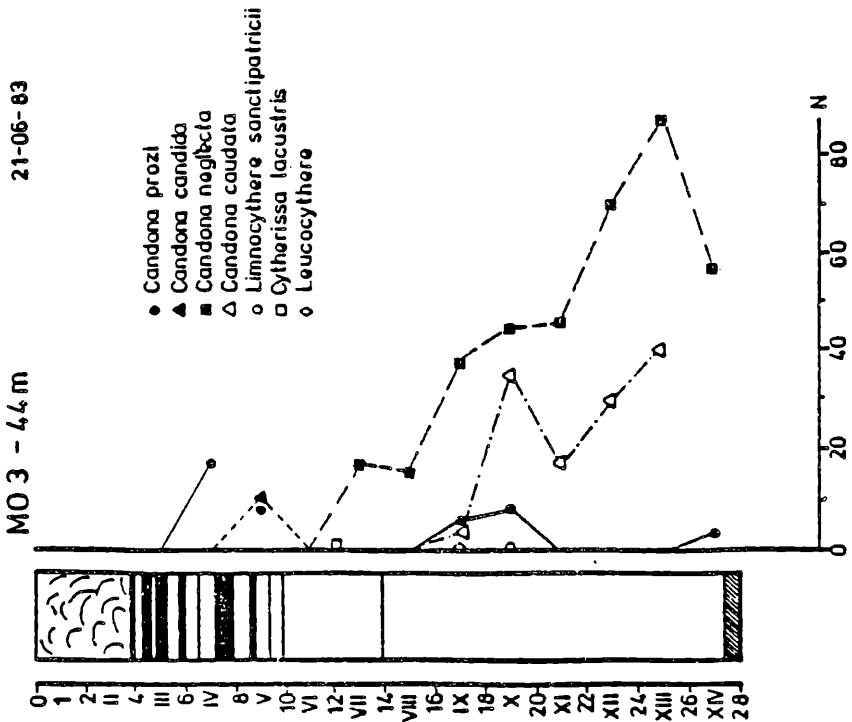
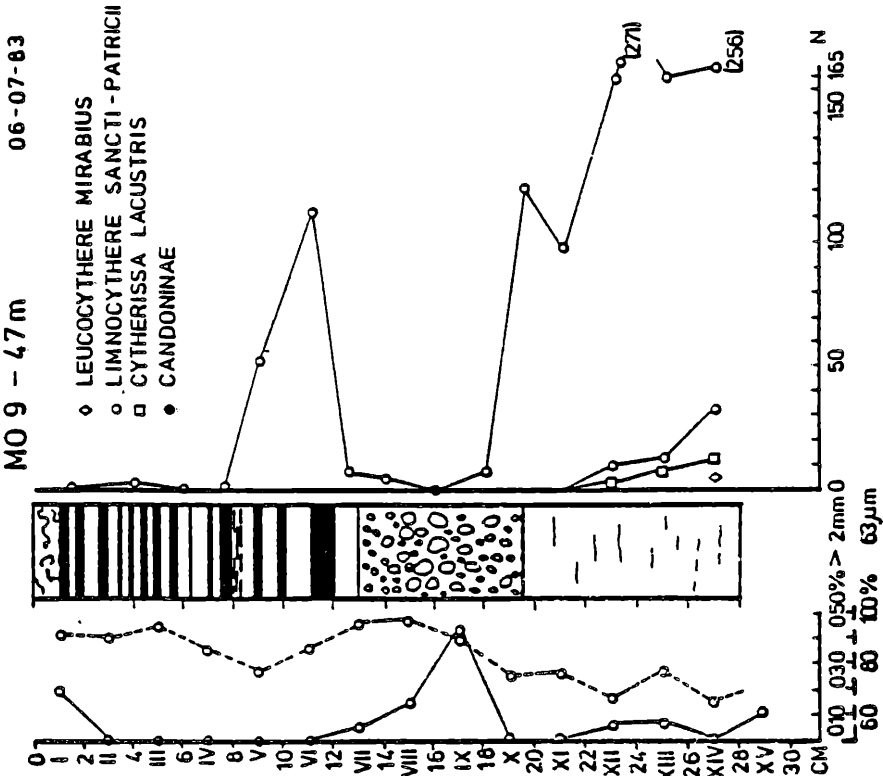


Abb. 7:

Sedimentprofil aus dem Mondsee. 47 m Wassertiefe. Dargestellt ist das makroskopische Aussehen, die Korngrößenverteilung und die Verteilung der Ostracoden.



MOOG, O. (1982):

Nährstoffbilanz 1981 und trophische Charakterisierung von Fuschlsee, Irrsee, Mondsee und Attersee. - Arb. Lab. Weyregg 6, 3-16

MÜLLER, G. (1979):

Phosphorbilanz in der Seenkette Fuschlsee-Mondsee-Attersee. - Arb. Lab. Weyregg 3, 18-35

MÜLLER-JANTSCH, A. (1977):

Untersuchungen an der Mondseeache als Verbindung eines eutrophen Sees mit einem oligotrophen See und Sedimentationsmessungen. - ATTERSEE, vorläufige Ergebnisse des OECD-Seeeutrophierungs- und des MaB-Programms 1977, 52-62

SCHWARZ, K. (1980):

Entwicklung des Phytoplanktons im Mondsee von 1968-1978. Österr. Fischerei 32, 213-216

SCHWARZ, K. (1981):

Das Phytoplankton im Mondsee 1980. - Arb. Lab. Weyregg 5, 110-118

STEEMAN-NIELSEN, E. (1959):

Untersuchungen über die Primärproduktion des Planktons in einigen Alpenseen Österreichs. - Oikos 10, 24-37

Anschrift des Verfassers:

Univ. Doz. Dr. Martin Dokulil
Institut für Limnologie
Österreichische Akademie
der Wissenschaften
Gaisberg 116
A-5310 Mondsee/Österreich

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [2_1984](#)

Autor(en)/Author(s): Dokulil Martin T.

Artikel/Article: [DIE REOLIGOTROPHIERUNG DES MONDSEES 46-53](#)