© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser und Abwasser Band 35 (1991) 53 75

Aus dem Institut für Limnologie, ÖAW, Abt. Mondsee

Gewidmet Frau Univ.-Prof.Dr. Agnes RUTTNER-KOLISKO
zum 80. Geburtstag

POPULATIONSDYNAMIK DER PHYTOPLANKTON-DIATOMEEN IM MONDSEE SEIT 1957

M. DOKULIL

1. Einleitung

In den letzten Jahren ist ein zunehmendes Interesse an Langzeituntersuchungen limnischer Ökosysteme zu beobachten (vergl. STRAYER et al. 1986; LIKENS 1989; ELLIOTT 1990). In den Vereinigten Staaten von Amerika hat dieser Trend zum Aufbau eines Netzwerkes von Meßstationen für Langzeituntersuchungen geführt (MAGNUNSON & BOWSER 1990).

Analysen längerfristiger Populationsänderungen des Phytoplanktons von Seen stehen häufig in Zusammenhang mit Untersuchungen der Effekte von anthropogenem Nährstoffeintrag (Eutrophierung, LIKENS 1972) in Gewässer (HICKEL 1975, LUND 1978, MAKAREWICZ & BAYBUTT 1981, WILLÉN 1987, REYNOLDS & LUND 1988, TALLING & HEANEY 1988, BAILEY-WATTS et al. 1990 u.a.). Für Österreich sind hier zu nennen SAMPL et al. (1982, 1989), ROTT (1983), DEISINGER (1987), DOKULIL (1987), DOKULIL & JAGSCH (1989) und DOKULIL & PADISAK (1991).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Im Mondsee bokumentieren Untersuchungen des Phytoplanktons durch FINDENEGG (1959) den Zustand des Sees vor Beginn der Eutrophierung, der mit 1968 anzusetzen ist (DANECKER 1969, FINDENEGG 1969). Die Endphase der starken Nährstoffbeeinflussung und der Beginn der Reoligotrophierung wird durch Daten von SCHWARZ (1979, 1981 und unpubliziert) belegt. Seit 1982 wird die Abundanz und Populationsdynamik des Phytoplanktons ständig regelmäßig untersucht. Ein Überblick über den Verlauf der Entwicklung der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons seit 1957 findet sich in DOKULIL (1987) und SAMPL et al. (1989, S.94-95).

Da der Höhemunkt der Eutrophierungsphase in den frühen 70er Jahren ungenügend durch direkte Untersuchungen belegt ist, besonders was die Aufgliederung in Arten anlangt, bieten sich die planktischen Kieselalgen zur Analyse von Langzeitveränderungen an, weil für diese Algengruppe reichlich Detailinformation aus den Ablagerungen im Seesediment vorliegt (KLEE & SCHMIDT 1987).

2. Ergebnisse

2.1. Gesamtbiomasse der Diatomeen

Die Frischgewichtsbiomassen der Diatomeenpopulationen sind für den Zeitraum 1957 bis 1960 in Abbildung 1 aufgeschlüsselt für die vier Jahreszeiten wiedergegeben. Aus den Jahren 1962-1964 und 1969-1977 stehen Angaben über Kieselalgen zur Verfügung. Im Zeitraum vor dem verstärkten Nährstoffeintrag in den See waren die Gesamtbiomassen der Bacillariophyceen gering mit deutlichen Spitzen im Frühjahr und Herbst. Auffällig ist der weitere Rückgang der Kieselalgenbiomassen in den Jahren nach 1965, vermutlich mitverursacht durch die Verschlechterung der Lichtverhältnisse als Folge des Eintrags großer Mengen tonig-lehmigen Materials während des Autobahnbaus (EINSELE 1963).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

In der Endphase der Eutrophierung (1978-1981) sind deutlich höhere Biomassen zu beobachten. In den Jahren 1978 und 1979 traten keine Frühjahrsmaxima auf, hingegen hohe bis sehr hohe Spitzenwerte im Herbst.

In der beginnenden Phase der Reoligotrophierung sind zunächst wiederum hohe Frühjahrswerte zu beobachten (1982 und 1983), die in anderen Jahren (1984-1986) von den Herbstmaxima weit übertroffen werden. Seit Mitte des Jahres 1987 ist ein drastischer Rückgang der Kieselalgen-Biomasse festzustellen. Die Werte sind nun geringer als in der Phase vor der Eutrophierung.

Der Wechsel von Hauptmaximum im Frühjahr zu Spitzenwerten im Herbst ist noch eindeutiger aus Abbildung 2 abzulesen, in welcher alle Daten der Jahre Herbst 1981 bis 1990 als Mittelwerte der euphotischen Zone dargestellt sind. Im Frühwinter 1986 war vorläufig letztmalig ein Spitzenwert von über 3000 µg/l zu beobachten. Danach nahm die Gesamtbiomasse der Diatomeen um mehr als eine Größenordnung ab.

2.2. Zentrische Diatomeen

Ausreichende Angaben zu den einzelnen zentrischen Diatomeen-Arten liegen erst seit den Untersuchungen von SCHWARZ (1979, 1981) vor. Für *Cyclotella* cf. *comensis* GRUN. sind die Ergebnisse seit 1978 in linearem Maßstab in Abbildung 3 dargestellt. Bei allen anderen Darstellungen der zentrischen Diatomeen wird die Größenachse wegen der enormen Biomasseunterschiede in logarithmischem Maßstab wiedergegeben.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb: 1: Zeitreihe der mittleren saisonalen Gesamtbiomasse der Diatomeen in µg/l.
Frischgewicht für die Jahre 1957 bis 1990. Keine Daten für die Jahre 1962-1964 und 1969-1977

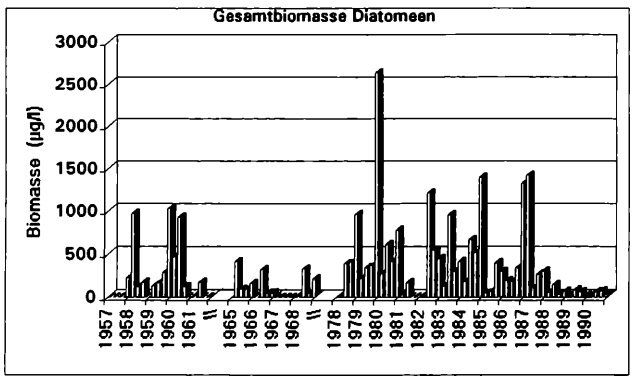
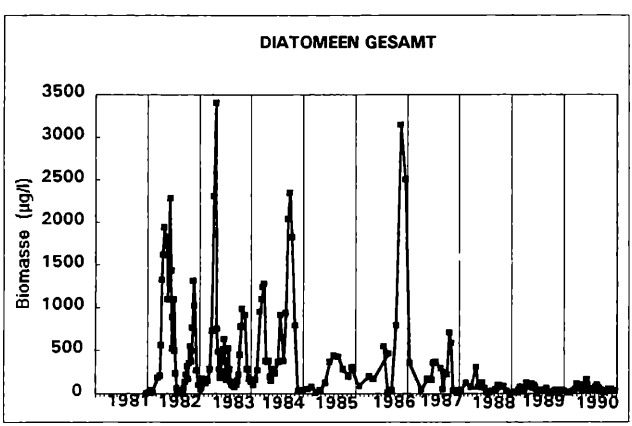


Abb. 2: Mittelwerte der Diatomeen-Frischgewichtsbiomassen für die euphotische Zone in µg/l.
Sämtliche Probentermine zwischen 1981 und 1990.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

In den Jahren 1978 bis 1983 sind die Biomassen von *C. comensis* jeweils im Frühjahr zunächst relativ höher, wobei ein abnehmender Trend zu beobachten ist. Die folgenden Jahre bis zum Winter 1988 weisen geringe Biomassen auf. Erst in den letzten drei Jahren ist wieder eine deutliche Zunahme vor allem der Sommerwerte zu beobachten (Abb.3).Im Gegensatz dazu nimmt die andere hier dargestellte Art, *Cyclotella comta* (EHRENB.)KÜTZ (Abb.4) während des gesamten Zeitraumes ständig ab. Im Jahr 1979 noch ganzjährig mit Werten auftretend, die über denen von *C. comensis* liegen, kommt diese Art zunehmend sporadisch vor. Die Biomassen nehmen um mehr als zwei Größenordnungen von >10 µg/l auf <0,1 µg/l ab. Beide Faktoren sind wohl verantwortlich dafür, daß *C. comta* in den Proben der Jahre 1987 und 1988 nicht gefunden wurde.

Was für *C. comta* gesagt wurde, gilt in ähnlicher Weise auch für *Stephanodiscus* (Abb. 5). Die Gattung ist im Mondsee mit mehren Arten ganzjährig vertreten (vergl. KLEE & SCHMIDT 1987), die im Zählmikroskop nur schwer unterschieden werden können, weshalb hier eine summarische Behandlung gewählt wurde. Frühjahrsmaxima sind bei dieser Gattung deutlich ausgeprägt. Eine genauere Analyse des Frühjahrspeaks des Jahres 1987 durch R. SCHMIDT ergab eine ausgeprägte Artenabfolge: im März dominiert *St. parvus* STOERMER und HAKANSSON, gefolgt von einem kurzfristigen Vorkommen von *St. minutulus* (KÜTZ.) CLEVE & MÜLLER bevor *C. comta* erscheint (DOKULIL & SKOLAUT 1991). Die Biomassen von *Stephanodiscus* spp. nehmen von >100 µg/l im Jahr 1979 auf <0,1 µg/l im Jahr 1989 ab, um 1990 wieder leicht anzusteigen.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Aus den Sedimentdaten von KLEE & SCHMIDT (1987) ist zu erkennen, daß *St. parvus* während der Hauptphase der Eutrophierung, also vor dem in Abb. 5 dokumentierten Zeitraum, häufiger gewesen sein muß als heute, während seit Beginn der 80er Jahre *St. minutulus* an Bedeutung zunimmt.

Aulacoseira (=Melosira) islandica (O. MÜLL.) SIM. (Abb.6) findet sich erst ab 1980, dann aber gleich in erheblichen Mengen (SCHWARZ 1981). Abundanz und Biomasse dieser für die Frühjahrsdurchmischung charakteristischen Alge nehmen bis 1984 zu. In den darauffolgenden Jahren ist ein leichter Rückgang zu beobachten, die Art bleibt aber die quantitativ wichtigste zentrische Kieselalge während des Frühjahrs.

Aus den Schalenresten im Sediment (KLEE & SCHMIDT 1987) ist ein Wechsel von *A. subarctica* (KÜTZ.) SIM, die in den späten 70er Jahren häufig war, ab etwa 1980 zu *A. islandica* abzulesen. Im Zeitraum 1957 bis 1970 scheint *Aulacoseira* nur sporadisch in sehr geringen Mengen vorgekommen zu sein, was das Fehlen von Angabe bei FINDENEGG erklärt.

Die Abbildung 7 stellt die vier besprochenen zentrischen Arten einander gegenüber, wodurch die Wechsel in den Dominanzverhältnissen deutlicher werden.

FINDENEGG behandelt die zentrischen Diatomeen meist summarisch unter Beifügung von Angaben über die Dominanz. Um seine Angaben mit späteren Analysen harmonisieren zu können, sind die zentrischen Diatomeen als Gesamtheit in Abbildung 8 dargestellt. Die höchsten Biomassen werden im Zeitraum 1982-1984 beobachtet, in Übereinstimmung mit der Dominanz von *Aulacoseira* in diesem Zeitraum (Abb. 6). In den Jahren 1957-1961 gibt FINDENEGG häufiger *Stephanodiscus* als Hauptart an, während er in seiner späteren Untersuchungsperiode (1965-1968, Einzelangaben aus 1973 und

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

1974) immer *Cyclotella (comta?)* als dominant erwähnt. Diese wenigen Hinweise decken sich im Wesentlichen mit den Befunden von KLEE & SCHMIDT (1987).

Abb. 3: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomassen von *Cyclotella* cf. *comensis* (AG.) KÜTZ in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990. Größenachse linear.

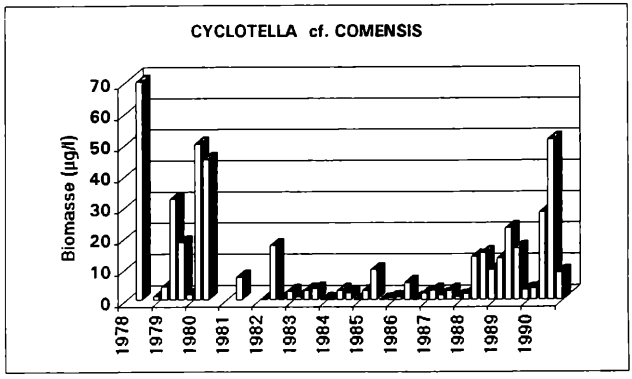
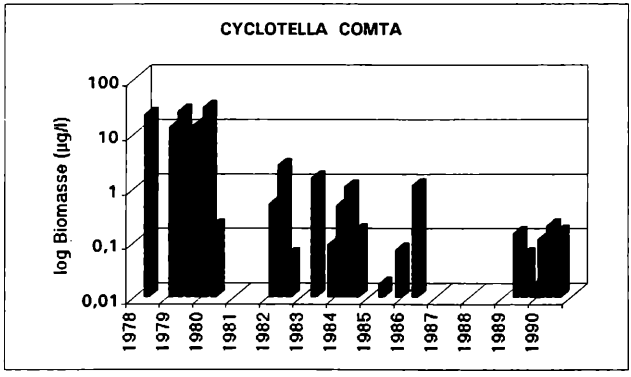


Abb. 4: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomassen von *Cyclotella comta* (EHRENB.) KÜTZ. in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990 logarithmisch.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 5: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomassen von *Stephanodiscus* spp. in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990. Größenachse logarithmisch.

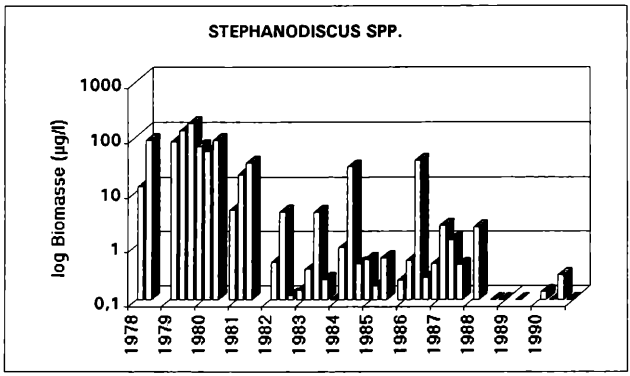
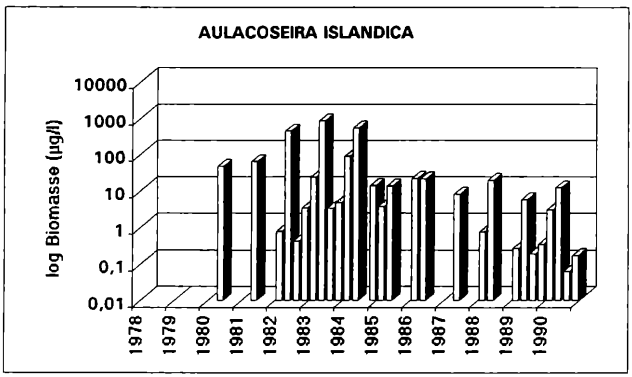


Abb. 6: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomassen von *Aulacoseira islandica* O.MÜLLER in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990. Größenachse logarithmisch.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 7: Vergleichend dreidimensionale Darstellung der Biomassen der vier zentrischen Diatomeen in µg/l Frischgewicht. Größenachse logarithmisch.

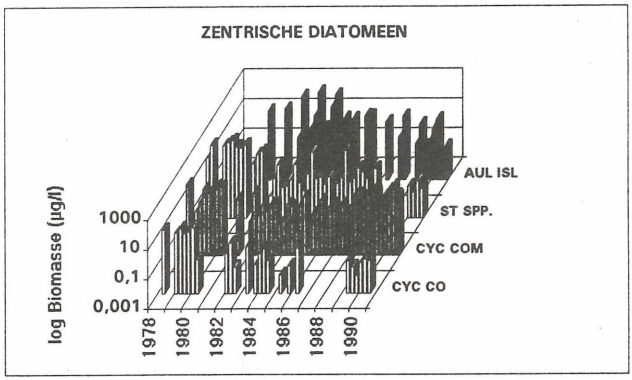
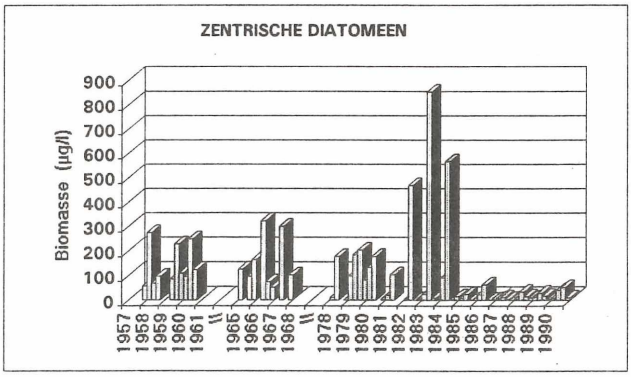


Abb. 8: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomasse der zentrischen Diatomeen insgesamt in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1957 bis 1990. Größenachse linear.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

2.3. Pennate Diatomeen

Wie in Abschnitt 2.2 so wird auch im folgenden zunächst eine Abbildung mit linearem Maßstab, alle anderen dann mit logarithmischer Größenachse dargestellt. *Asterionella formosa* HASSALL kommt in vergleichsweise geringen Mengen im Mondsee vor (Abb.9). Ihre Hauptentwicklung erfolgt immer im Frühjahr, wobei die Quantitäten von 1978 bis zu einem Spitzenwert von 250 µg/l im Jahr 1982 ansteigen. Das normalerweise wesentlich kleinere Herbstmaximum ist in den Jahren 1985 und 1986 deutlich größer als die Frühjahrswerte dieser Jahre. In den letzten Jahren ist ein starker Rückgang von *A. formosa* zu beobachten.

Gleichfalls von geringer Bedeutung ist *Synedra acus* KÜTZING., die meist in der Varietät *angustissima* GRUN. auftritt (Abb.10). Quantitativ tritt sie am stärksten in den Jahren 1979/80 und 1987/88 auf. Wiewohl ganzjährig im Plankton zu finden, ist ihre Biomasse oft sehr gering. Die Schwankungsbreite zwischen den niedrigsten und höchsten Werten beträgt fast drei Größenordnungen.

Die geringe quantitative Bedeutung von *Asterionella* und *Synedra* ist gleichfalls in den Diatomeen-Analysen des Sedimentkernes zu erkennen (KLEE & SCHMIDT, 1987).

Bis zum Jahr 1968 reichen die Angaben für *Tabellaria flocculos* (LYNGB.)KÜTZ.var. *asterionelloides* GRUN. (KOFLER 1986) zurück, die bisher unter dem Namen *T. fenestrata* (LYNGB.)KÜTZ. geführt wurde (Abb.11). FINDENEGG findet diese Alge erstmals 1968 (FINDENEGG 1969), was mit den Befunden aus dem Sediment gut korrespondiert, wo sie vor diesem Zeitpunkt gleichfalls praktisch nicht auftritt (KLEE & SCHMIDT 1987). Die mengenmäßig größte Entfaltung hatte *Tabellaria* nach den Sedimentanalysen offenbar während der

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Eutrophierungsphase in den 70er Jahren. Die höchsten Werte wurden im Jahr 1977 erreicht, wie auch OBERROSLER (1979) angibt, deren Originaldaten leider nicht zur Verfügung stehen. In der Folge bleibt die Alge bis zum Jahr 1987 ständig bedeutsam und geht seither in ihrer Abundanz stark zurück. Meist ganzjährig im Plankton vorhanden, erreicht *T. flocculosa* ihre höchsten Biomassewerte (bis >1000µg/l) meist im Frühsommer oder Herbst (Abb.11).

Von den hier genannten pennaten Kieselalgen reicht die Zeitreihe für *Fragilaria crotonensis* KITTON am weitesten zurück (Abb.12). FINDENEGG findet sie bereits in den Proben des Jahres 1957. Bis 1968 ist *Fragilaria* in etwa gleichen Mengen vorhanden, soweit dies nach den Angaben von FINDENEGG zu erkennen ist. Während der Phase der starken Nährstoffanreicherung im Mondsee ist *F. crotonensis* häufig, wie aus den entsprechenden Schichten des Sediments erhellt. Seit 1978 geht die mengenmäßig Bedeutung dieser Art ständig leicht zurück. Wiewohl *Fragilaria* vorzugsweise im Frühjahr und Herbst vorkommt, ist eine Verschiebung des Maximums in den Sommer in den letzten Jahren festzustellen (Abb.12).

Zum Vergleich sind die vier besprochenen pennaten Bacillariophyceen in Abbildung 13 einander gegenübergestellt. Klar erkennbar ist der Rückgang der Biomassen bei *Synedra* und *Tabellaria* seit 1987.

Die Abbildung 14 faßt die Ergebnisse für die pennaten Kieselalgen insgesamt seit 1957 zusammen. Das Vorkommen erscheint unregelmäßig mit ausgeprägtem Schwerpunkt im Herbst und Winter, wie in den Jahren 1958/59 und 1986/87.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

3. Steuerungsfaktoren der Langzeitveränderungen

Die aufgezeigten qualitativen und quantitativen längerfristigen Änderungen der Struktur der Kieselalgen-Populationen im Mondsee haben ihre Ursachen in tiefgreifendem Wandel der limnologischen Verhältnisse während des betrachteten Zeitraumes.

In den Jahren 1957 bis etwa 1967 wies der See noch oligotrophen Charakter auf. Die Biomassen des Phytoplanktons waren niedrig, die Primärproduktion dementsprechend gering und die Lichttransmission hoch (FINDENEGG 1969). Im Jahr 1962 nach der Einbringung großer Massen tonigen Abraumes (EINSELE 1963) betrug die euphotische Zone (1% Lichtgrenze) mehr als 13m. Dieser Zeitraum ist gekennzeichnet durch einen Rückgang der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons (DOKULIL 1987), der auch bei den Kieselalgen in gleicher Weise festzustellen ist.

In Folge des zunehmenden Fremdenverkehrs im Raum Mondsee und dem damals damit verbundenen erhöhten Nährstoffeintrag kam es zur Eutrophierung des Sees, deren Auswirkungen erstmals 1968 erkennbar wurden (DANECKER 1969, FINDENEGG 1969). Die euphotische Zone sank auf weniger als 8m, die Produktivität stieg um das 10fache an und die fädige Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. trat erstmals auf und dominierte in den nächsten Jahren das Phytoplankton. Die damit eingetretenen einschneidenden Veränderungen der limnologischen Verhältnisse des Mondsees beeinflußten hochgradig das Diatomeen-Plankton. Zentrische Arten wie *Aulacoseira subarctica, Stephanodiscus* -Arten und *Cyclotella comta* traten stärker hervor, die pennaten mesoeutrophen Formen *Fragilaria crotonensis* und *Tabellaria flocculosa* hatten ihre quantitativ stärkste Entwicklung

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

während der eutrophen Phase nach 1968 (KLEE & SCHMIDT 1987). Der nährstoffreiche Zustand des Sees dauert etwa bis 1979 an und läßt sich in Ermangelung von Nährstoffanalysen durch geringe mittlere Sichttiefen von 3-4m und ausgedehnten regelmäßigen Sauerstoffschwund in der Tiefe charakterisieren (SAMPL et al. 1989, S.91, Abb.62 und S.92, Abb.63). Die Gesamtphosphorinhalte des Sees zur Zeit der Vollzirkulationen lagen in den Jahren 1975 bis 1979 zwischen 10 und 17 Tonnen (DOKULIL & JAGSCH 1989).

Die Inbetriebnahme der Kläranlage Mondsee im Jahr 1973 leitete die Sanierung der Abwassersituation und damit der Seesanierung ein. Die Auswirkungen des reduzierten Nährstoffeintrages werden ab 1979 sichtbar. Die mittlere Sichttiefe steigt kontinuierlich auf über 6m an, wobei gleichzeitig die Spannweite zunimmt. Die Sichttiefenminima ändern sich wegen der Trübung durch Hochwässer und Bikarbonatfällung kaum, während die Maxima auf über 11m steigen.

Entsprechend dem zurückgehenden Nährstoffeintrag in den See (Abb.16) nehmen die durchschnittlichen Gesamtphosphor-Konzentrationen im See von über 30 mg/m³ im Jahr 1979 auf 9 mg/m³ im Jahr 1983 ab und schwanken in den folgenden Jahren nur geringfügig um diesen Wert (Abb.17).

Die Nährstoffreduktion führt zu einer Abnahme der Phytoplanktonbiomasse, ausgedrückt durch den Rückgang der Chlorophyll-a Konzentration in Abbildung 17. Die Reoligotrophierung des Mondsees beeinflußt die Kieselalgen-Gesellschaft nachhaltig. *Aulacoseira subarctica* wird durch die oligotrophe Art *A. islandica* abgelöst. *Stephanodiscus minutulus* ersetzt im wesentlichen die anderen Arten dieser Gattung. *Fragilaria crotonensis* und *Tabellaria flocculo-* verlieren zunehmend an Bedeutung.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wesentliche Bedeutung für Abundanz und Populationsdynamik der Diatomeen hat weiters die Dynamik der Menge an gelöstem Silikat. Silikatkonzentration und Kieselalgenmenge bedingen einander wechselweise. Die Rhythmik im Jahresgang der Silikat-Konzentration (Abb.15) ist im wesentlichen ein Abbild des Wachstums der Diatomeen, welche durch die Inkorporation der Kieselsäure in ihre Schalen den Vorrat soweit erschöpfen, daß dieser Nährstoff für eine Diatomeen-Arten wachstumsbegrenzend wird. Dies ist neben zahlreichen anderen Faktoren, wie Turbulenz, Schichtung, Strahlungsintensität, die wesentlichste Ursache für die geringen sommerlichen Biomassen der Diatomeen. Der Rückgang der Abundanz der Kieselalgen in den Jahren seit 1985 läßt dementsprechend die Silikat-Konzentrationen im Gewässer langsam ansteigen (Abb.15). Die Mengen während der Frühjahrs- und Herbstmaxima nehmen ebenso wie die der Sommerminima zu. Die für viele Kieselalgenarten kritische Konzentration von 0,5 mg/l wird seit 1989 im Sommer nicht mehr unterschritten, was die Zunahme und das ganzjährige Auftreten mancher Arten (z.B. *Cyclotella* cf. *comensis* Abb.1) erklärt.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 9: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomasse von *Asterionella formosa* HASS. in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990. Größenachse linear.

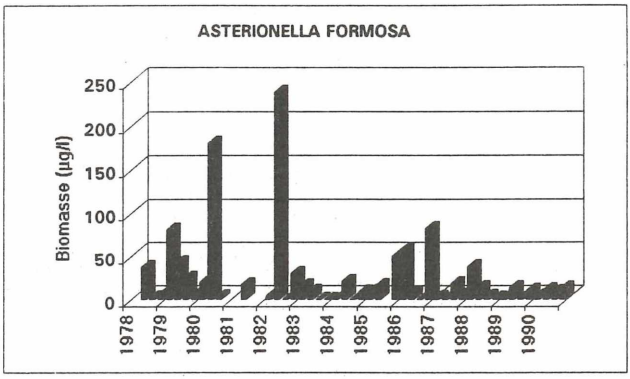
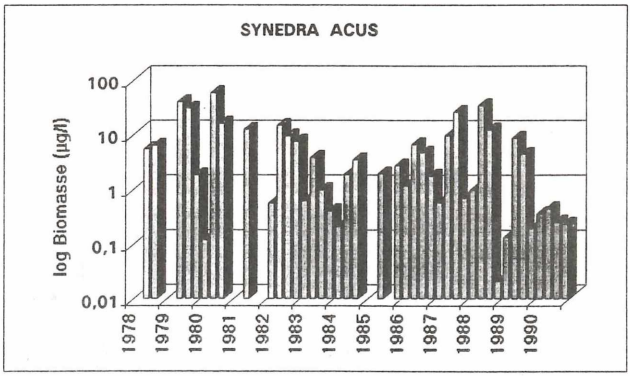


Abb. 10: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomasse von *Synedra acus* KÜTZ.var. *angustissima* GRUN. in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1978 bis 1990. Größenachse logarithmisch.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 11: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomasse von *Tabellaria flocculosa* (LYNGB.)KÜTZ.var. *asterionelloides* GRUN. in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1968 bis 1990.
Größenachse logarithmisch.

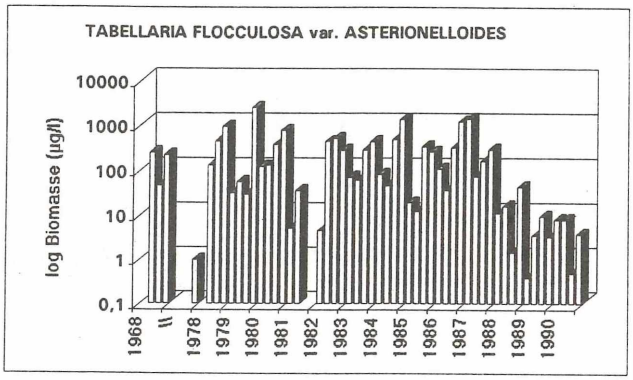
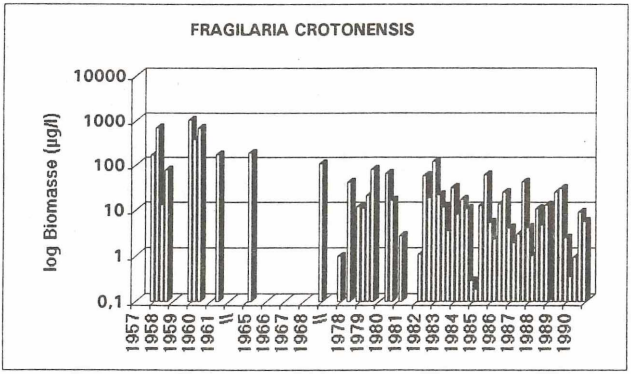


Abb. 12: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomasse von *Fragilaria crotonensis* KITTON in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1957 bis 1990.
Größenache logarithmisch.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 13: Vergleichende dreidimensionale Darstellung der Biomassen der vier pennaten Kieselalgen in µg/l Frischgewicht. Größenachse logarithmisch.

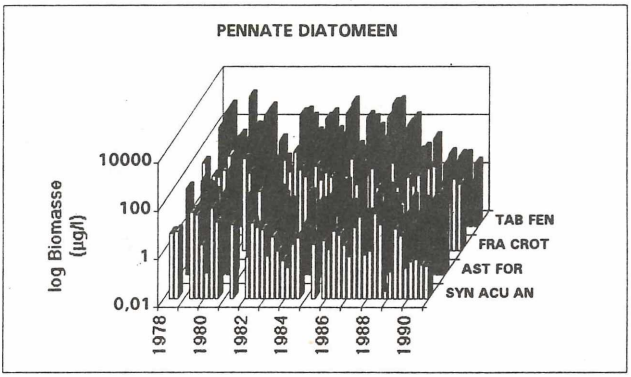
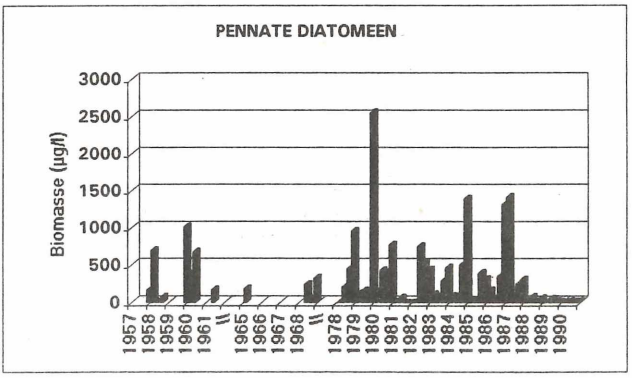


Abb. 14: Zeitreihe der mittleren saisonalen Biomassen der pennaten Diatomeen insgesamt in µg/l Frischgewicht für die Jahre 1957 bis 1990. Größenachse linear.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 15: Mittelwerte des gelösten Silikats in der euphotischen Zone in mg/l Si.

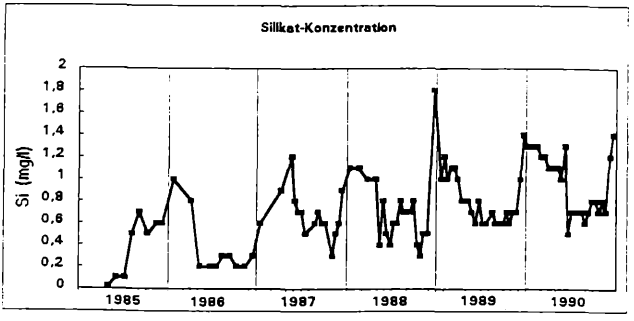
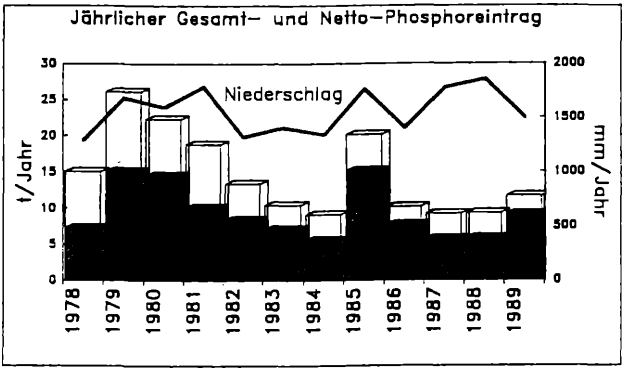
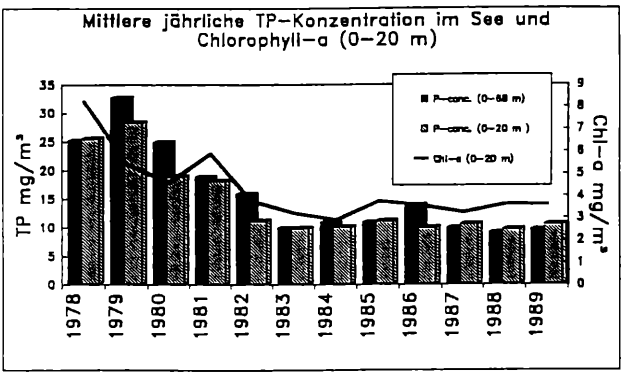


Abb. 16: Jährlicher Gesamt- und Netto-Phosphoreintrag aus dem Umland in t/Jahr und Niederschlag in mm/Jahr für die Jahre 1978 bis 1989.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 17: Mittlere jährliche Gesamtphosphor-Konzentration (TP) im See in mg/m³ und mittlerer jährlicher Chlorophyll-a (Chl-a)-Gehalt der obersten 20 Meter in mg/m³ für die Jahre 1978 bis 1990.



4. Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß im Zeitraum von 1957 bis 1990 Langzeitveränderungen der planktischen Kieselalgen-Gemeinschaft im Mondsee in qualitativer und quantitativer Art stattgefunden haben (Abb. 1-14). Der Wechsel des trophischen Niveaus des Sees von oligotroph nach eutroph und die darauf folgende Reoligotrophierung als Folge der Seesanierung (Abb.16 und 17) wurden zusammen mit der Dynamik der Silikat-Konzentration (Abb.15) als wesentliche bestimmende Faktoren für den beobachteten Wandel in Zusammensetzung und Abundanz der Diatomeen erkannt.

Einige Arten sind typisch für nährstoffarme Phasen wie etwa *Cyclotella comensis* (Abb.3), andere erreichen hingegen ihre Massenentfaltung während der Eutrophierungsphase. Dazu zählen *Fragilaria crotonensis* (Abb.12) und *Tabellaria*

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

flocculosa (Abb.11). In der Gattung *Aulacoseira* vollzog sich ein Wechseln von *A. subarctica* welche vor und während der Eutrophierung vorkam, zu *A. islandica* (Abb.6). Letztere ist eine tolerante Art, die oligotrophe Gewässer bevorzugt. Es bleibt daher die Frage offen, warum diese Art während der Zeit vor der Eutrophierung nicht auftrat, bzw. was die eigentlichen Gründe für ihr Erscheinen während der Phase der Reoligotrophierung sind.

Insgesamt hat die Biomasse der Bacillariophyceen durch die Reduktion des Nährstoffeintrages (Abb.16) und den damit verbundenen Rückgang der Konzentration im See (Abb.17) stark abgenommen und ist heute niedriger als zu Beginn des hier betrachteten Zeitraumes (Abb.1).

SUMMARY

Population dynamics of phytoplankton diatoms in Mondsee, Austria, since 1957

Qualitative and quantitative long-term changes of the planktonic diatom populations in Mondsee are described for the period 1957 to 1990 (Fig.1-14). Among the factors responsible for these changes, silica concentration (Fig.15), eutrophication and restoration (nutrients reduction) processes are the most important (Fig.16 and 17).

Species such as *Cyclotella* cf. *comensis* (Fig.3) are typical for periods low in nutrients (oligotroph phase). Others such as *Fragilaria crotonensis* (Fig.12) and *Tabellaria flocculosa* (Fig.11) reach their maximum abundance during nutrient-rich periods (eutrophic phase). A species shift from *Aulacoseira subarctica* to *A. islandica* not present prior to eutrophication, has been observed during the investigation period. Although *A. islandica* is

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

believed to be a tolerant species preferring a nutrient scarce situation, the causes for this change remain unclear.

Total biomass of planktonic diatoms has drastically decreased as a consequence of reduced nutrient concentrations in the lake (Fig.17), following decreased nutrient loading from the catchment (Fig.16). Total diatom biomass is now lower than values during the late fifties (Fig.1).

Danksagung

Diese Arbeit wäre ohne den selbstlosen Einsatz meiner Mitarbeiterin, Frau Dipl.med.tech.C. SKOLAUT nicht möglich gewesen, die den größten Teil der Probennahme, Zählung und Datenbearbeitung durchgeführt hat.

Literatur

BAILEY-WATTS,A.E., KIRKA,A., MAY,L., JONES,D.H. (1990): Changes in phytoplankton over various time scales in a shallow, eutrophic loch: the Loch Leven experience with special reference to the influence of flushing rate.- Freshwat. Biol. 23, 85-111.

DANECKER,E. (1969): Bedenklicher Zustand des Mondsees im Herbst 1968.- Österr. Fischerei 22, 25-31.

DEISINGER,G. (1987): Langzeitentwicklung der Cyanophyceen in einigen Kärntner Seen vor und nach der Sanierung.- Carinthia II: 177, 101-129.

DOKULIL,M. (1987): Long term occurrence of blue-green algae in Mondsee during eutrophication and after nutrient reduction, with special reference to *Oscillatoria rubescens*. Schweiz.Z.Hydrol. 49, 378.

DOKULIL,M., JAGSCH,A. (1989): Some aspects of the impact of tourism on Mondsee, Austria.- Symp. Biol. Hung. 38, 415-428.

DOKULIL,M., PADISAK,J. (1991) Langzeitveränderungen der Zusammensetzung und Populationsdynamik des Phytoplanktons im Neusiedlersee.- BFB-Bericht 75 (im Druck).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

DOKULIL,M., SKOLAUT,C. (1991): Aspects of phytoplankton seasonal succession in Mondsee, Austria, with particular reference to the ecology of *Dinobryon* EHRENB.- Verh.Intern.Verein.Limnol 24 (im Druck).

EINSELE,W. (1963): Schwere Schädigung der Fischerei und der biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Berg-Abraum. Der spezielle Fall und seine allgemeinen Lehren.- Österr. Fischerei 16, 1-9.

ELLIOTT,J.M. ed. (1990): Long-term Research and the Future of the Aquatic Environment.- Freshwat.Biol. 23, 1-164.

FINDENEGG,I., (1959): Das pflanzliche Plankton der Salzkammergutseen.- Schriften des Österr. Fischereiverbandes 2 (Österreichs Fischerei 12), 32-35.

(1969): Die Eutrophierung des Mondsees im Salzkammergut.- Wasser- und Abwasser-Forschung 4, 139-144.

HICKEL,B. (1975): Changes in phytoplankton species since 1894 in two lakes of East-Holstein, Germany.- Verh. Intern.Verein.Limnol.19, 1229-1240.

KLEE,R.,SCHMIDT,R. (1987): Eutrophication of Mondsee (Upper Austria) as indicated by the diatom stratigraphy of a sediment core.- Diatom Research 2, 55-76.

KOFLER,S. (1986): Temperatur und Strahlung als bestimmende Faktoren für Wachstum und Morphologie von *Tabellaria flocculosa* var. *asterionelloides* (Bacillariophyceae) in Kultur.- Diss.Univ.Wien, 146 S.

LIKENS,G.E. (ed.) (1972): Nutrients and Eutrophication. The limiting nutrient controversy.-Limnology Oceanography, Spec. Symposia 1, 1-328.

(1989): Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives.- Springer Verlag, New York, 214 S.

LUND,J.G.W. (1978): Changes in the phytoplankton of an English lake 1945-1977.- Gidrobiol.Zhurnal 14, 6-21. (Translated from Russian).

MAGNUSON,J.J., BOWSER,C.J. (1990): A network for long-term ecological research in the United States.- Freshwat. Biol. 12, 137-143.

MAKAREWICZ,J.C., BAYBUTT,R.I. (1981): Long-term (1927-1978) changes in the phytoplankton community of Lake Michigan at Chicago.- Bull. Torrey Bot. Club 108, 240-254.

OBERROSLER,I.E. (1979): Der Einfluß des Phytoplanktons auf die Fütterung von Jungfischen (Karpfen).- Diss. Univ. Salzburg, 137 S.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

REYNOLDS,C.S., LUND,J.W.G. (1988): The phytoplankton of an enriched, soft-water lake subject to intermittent hydraulic flushing (Grasmere, English Lake District).- Freshwat. Biol. 19, 379-404.

ROTT,E. (1983) Sind die Veränderungen im Phytoplanktonbild des Piburger Sees Auswirkungen der Tiefenwasserableitung?- Arch.Hydrobiol., Suppl.67, Algological Studies 34, 29-80.

SAMPL,H., GUSINDE,R.E., TOMEK,H. (Hg.) (1982): Seenreinhaltung in Österreich. Limnologie, Hygiene, Maßnahmen, Erfolge.- Schriftenreihe Wasserwirtschaft 6, 1-252; BMLF Wien.

SAMPL,H., SCHULZ,L., GUSINDE,R.E., TOMEK,H. (Hg.) (1989): Seenreinhaltung in Österreich. Fortschreibung 1981-1987. Limnologie-Hygiene, Maßnahmen-Erfolge.- Schriftenreihe Wasserwirtschaft 6a, 1-175; BMLF, Wien.

STRAYER,D., GLITZENSTEIN,J.S., JONES,C.G., KOLASA,J., LIKENS,G.E., McDONNEL,M.J., PARKER,G.G., PRICKETT, S.T.A. (1986): Longterm ecological studies: an illustrated account of their design, operation, and importance to ecology.- Occasional Puplications of the Institute of Ecosystem Studies 2, 1-38.

TALLING,J.F., HEANEY,S.I. (1988): Long-term changes in some English (Cumbrian) lakes subjected to increased nutrient inputs. In: Algae and the aquatic environment (Ed.: F.E.ROUND), 1-29; Biopress, Bristol.

WILLÉN,E. (1987): Phytoplankton and reversed Eutrophication in Lake Mälaren, Central Sweden, 1965-1983.- Br.Phycol.J. 22, 193-208.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof.Dr. Martin T. DOKULIL, Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Abt. Mondsee, Gaisberg 116, A-5310 Mondsee.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 1991

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

Artikel/Article: Populationsdynamik der Phytoplankton-Diatomeen im Mondsee seit 1957 53-75