

*Aus dem Institut für Limnologie, ÖAW, Abt. Mondsee*

**DIATOMEENANALYTISCHE AUSWERTUNG LAMINIRTER SEDIMENTE FÜR  
DIE BEURTEILUNG TROPHISCHER LANGZEITRENDS AM BEISPIEL DES  
MONDSEES (OBERÖSTERREICH)**

R. SCHMIDT

**1. Einleitung**

Diatomeenanalysen jahreszeitlich geschichteter, laminierter Sedimente von Seen bieten den Vorteil der Verknüpfung von Langzeittrends der Phytoplanktonentwicklung mit Datierung (Warven) und sedimentologischen Parametern.

Die zunehmende Eutrophierung des Mondsees im Salzkammergut während der späten 60er Jahre, in dessen Verlauf *Oscillatoria rubescens* hohe Biomassenanteile erreichte, wurde von DANECKER (1969) und FINDENEGG (1969) sowie SCHWARZ (1980) beschrieben. 1974 wurde eine Ringkanalanlage installiert, in deren Folge es in den 80er Jahren zu einer deutlichen Abnahme von *Oscillatoria* und der gesamten Phytoplankton-Biomasse kam (DOKULIL & SKOLAUT 1986, DOKULIL et al. 1990). EINSELE (1963) und FINDENEGG (1969) wiesen auf eine mögliche Beeinflussung des Phytoplanktons durch suspendiertes partikuläres Material im Zuge des Autobahnbaues (vor allem 1961/62) hin.

In der Folge soll aufgezeigt werden, inwieweit sich die genannten Ereignisse in der Diatomeen-, Mikrostratigraphie der Sedimente des Mondsees widerspiegeln. Weiters können Untersuchungslücken der 50er und 60er Jahre bezüglich des Diatomeenplanktons ergänzt werden.

## **2. Methodik**

Die Kerne wurden mit einem am Institut für Limnologie entwickelten Freezing-Corer (Abb.1; KLEE & SCHMIDT 1987) mit flüssigem Stickstoff in situ aus dem Profundal (-67m) des Mondsees entnommen. Die mikrostratigraphische Auswertung erfolgte mit der "tape peel"-Methode SIMOLAs (1977). Dabei wird der Länge nach ein Klebestreifen auf die gefriergetrocknete Sedimentoberfläche aufgetragen, dieser 4 cm Stücke zerschnitten und diese anschließend in Canadabalsam eingebettet. Die lichtmikroskopische Auswertung (Reichert Diavar, 1250 x, Phasen- bzw. Interferenzkontrast) erfolgte an 1 bzw. 3 mm breiten Transekten. Für REM-Analysen (Jeol JSM 35) wurden evaporierte Klebestreifenstücke auf stubs aufgezogen und mit Gold besputtert. Aus 1985 und 1988 gezogenen, mikrostratigraphisch ausgewerteten Kernen (KLEE & SCHMIDT 1987, SCHMIDT 1991) wurden die Jahressummen der dominanten Diatomeen der einzelnen Warven, bezogen auf ein 1 mm Transekt des tapes ermittelt und als Säulendiagramme dargestellt. Wichtige Kernabschnitte der "tape peel"-Auswertung sind getrennt dargestellt. Zur Frage der Sedimentation wurde der Anteil ausgewählter zentrischer Diatomeen in der photischen Zone (Ind./ml) während des ersten Halbjahrs 1987 mit dem Influx in einer Sedimentfalle verglichen. Berechnet wurde der Mittelwert der Individuen/cm<sup>2</sup> einer aus vier Rohren bestehenden Falle des Bloesch-Typs (BLOESCH & BURNS 1980), die vier Meter über Grund im Profundal positioniert wurde.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Saisonale Sukzession planktischer Diatomeen als Basis für die Beurteilung annueller Ablagerungen

Im ersten Halbjahr 1987 zeigten die zentrischen Diatomeen eine Sukzession (Abb.2), die über eine ausgeprägte *Stephanodiscus parvus* -phase im Spätwinter, einem *St. minutulus* -Gipfel (Mai) zur *Cyclotella comensis* -Blüte im Frühsommer (Juni/Juli) führte. Die Influxwerte von *St. parvus* und *C. comensis* der Sedimentfalle lassen ein zeitlich geringfügig (1-2 Wochen) verzögertes, vergleichbares Verteilungsmuster erkennen. Die dominanten pennaten planktischen Diatomeen *Tabellaria flocculosa* var. *asterionelloides* und *Asterionella formosa* lassen nach DOKULIL & SKOLAUT (1986) im Mondsee zumeist einen zweigipfeligen Jahresverlauf mit einem stärker akzentuierten Frühjahrs-gipfel erkennen. *Aulacoseira islandica* ist weitgehend auf das Frühjahr beschränkt. Mit den Blüten von *Aulacoseira* und *Tabellaria* korrespondierende Karbonatablagerungen (Abb.3) bilden zumeist ausgeprägte "Weißlagen" im Frühling bis Sommer, während Herbst- und Winterlagen mit Ausnahme sekundärer Karbonatlamellen im Herbst zumeist braun bis dunkel gefärbt erscheinen (KLEE & SCHMIDT 1987).

#### 3.2. Eutrophierungsverlauf im Intervall 1950 bis 1988

Dieser läßt sich in vier Phasen gliedern (Abb.4, 5): In einen oligotrophen Abschnitt A (vor ca. 1950); eine voreutrophe Phase B der 50er und 60er Jahre, in dem die Ablagerung laminiertes Sedimente einsetzte; einen Abschnitt C stärkerer Eutrophierung von 1968 bis 1980 und der folgenden Phase der Re-Oligotrophierung (D).

Die oligotrophe Seephase, die sich mit dem *Sergentia* Stadium LIEPOLTS (1935) deckt, wird durch *Stephanodiscus*

*alpinus* und *Cyclotella bodanica* dominiert. Letztere Art verschwindet in der Phase zunehmender Eutrophierung und taucht auch in der Re-Oligotrophierung nicht mehr auf.

Kennzeichnend für den Abschnitt B sind nach KLEE & SCHMIDT (1987) das Auftreten von *Fragilaria crotonensis* die Ausbreitung von *Aulacoseira subarctica* und des *Cyclotella comensis* -Komplexes. *Stephanodiscus neoastraea* ersetzt im zunehmenden Maße *St. alpinus*. Der Gesamtphosphoranteil im Sediment liegt bei 500 ppm (HELBIG 1987). *F. crotonensis* tritt im Mondsee in zwei Morphotypen auf; in der voreutrophen Phase B fast ausschließlich im flared type sensu CRAWFORD et al. (1985). In der eutrophen Phase C dominiert der rod type. Diese setzt 1968 mit der Massenfaltung von *Tabellaria flocculosa* und einer ausgeprägten hell/dunkel-Laminierung ein. Der Gesamtphosphoranteil im Sediment steigt in diesem Abschnitt auf das Doppelte des vorigen (HELBIG, 1987). Bei den zentrischen Diatomeen dominierten *St. neoastraea* und *St. parvus* sowie *A. subarctica*.

Sieben Jahre nach Installation der Ringkanalleitung, bei einer theoretischen Verweildauer von ca. 1,7 Jahren, zeigt sich eine Umstrukturierung im Diatomeenplankton. *A. islandica* ersetzt *A. subarctica* und *St. minutulus* breitet sich auf Kosten von *St. neoastraea* und *St. parvus* aus. Gleichzeitig fällt der durchschnittliche Anteil von *Tabellaria* Bemerkenswert ist die Sensibilität der Diatomeen für die Indikation einer beginnenden Re-Oligotrophierung. Diese fällt in einen Zeitraum (1980/81), wo die chemophysikalischen Parameter und das Phytoplankton Biovolumen (DOKULIL et al. 1990) noch keine signifikanten Unterschiede zu den Vorjahren erkennen lassen.

### 3.4. Einfluß von Straßenbauten und Hochwässer auf die Phytoplanktonentwicklung in der voreutrophen Phase

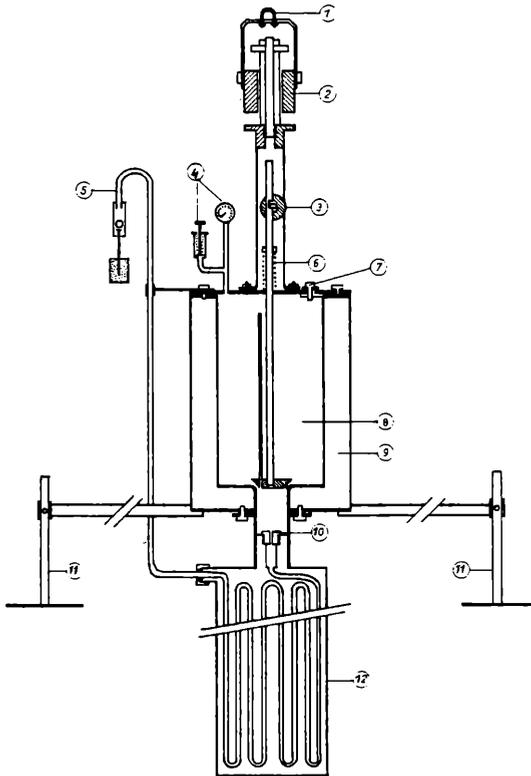
Die mikrostratigraphische Auswertung (Abb.5) zeigt innerhalb der voreutrophen Phase B zwei Abschnitte mit deutlich geringeren Diatomeenanteilen. Der ältere fällt zeitlich mit dem Uferstraßenbau Scharfling/Plomberg und einem Hochwasser gegen Ende der 50er Jahre zusammen. In beiden Fällen kam es zu einem verstärkten Allochthoneintrag. Dies gilt auch für den Abschnitt des Autobahnbaues. EINSELE (1963) schätzte, daß während des Autobahnbaues bis Ende 1962 rund 900.000 m<sup>3</sup> Aushubmaterial in den See gelangten, was zu einer Erhöhung der Suspensionsfracht im gesamten See führte. Die geringen Diatomeenanteile dieses Abschnittes könnten einerseits durch eine Erhöhung der Sedimentakkumulation (bis zu 10 mm/Jahr) bedingt sein, andererseits stimmen sie mit den geringen Phytoplankton-Frischgewichten einzelner Probestermine FINDENEGGS (1969) überein. Auffällig ist, daß durch die Suspensionsfracht pennate planktische Diatomeen stärker betroffen erscheinen als kleine zentrische.

### 3.5. Stabilität des trophischen Niveaus in der Phase der Re-Oligotrophierung?

Nach Abb. 6 traten 1986 wieder höhere Anteile des *St. "astraea"*-Komplexes, *St. parvus* und *Tabellaria* auf, die während der eutrophen Phase C charakteristische Maxima aufwiesen. Dies ließe auf eine Instabilität der Diatomeen-Populationsstruktur in der Übergangsphase unterschiedlicher trophischer Niveaus schließen. Möglicherweise spielte dabei auch die Wetterkonstellation eine Rolle. Nach Eisbedeckung vom 10. Februar bis 25. März durchmischte der See früher als in anderen Jahren (Ende März). Die Stabilisierung höherer Temperaturen des oberflächennahen Wasserkörpers setzte früher ein, bedingt durch geringe sommerliche Niederschläge.

**Abb. 1:** Freezing corer (aus KLEE & SCHMIDT 1987)

1	Seilführung	2	Auslösegewicht
3	Öffnungsmechanismus	4	Überdruckventil mit Manometer
5	Auslaßventil	6	Feder
7	Füllöffnung	8	Drucktank für flüssigen Stickstoff
9	Isolierung	10	Düse
11	Standbeine	12	Frierschwert



**Abb 2:** Abfolge ausgewählter planktischer Diatomeen in der photischen Zone (Ind./ml) im ersten Halbjahr 1987 (a) im Vergleich mit Influxwerten (Ind./cm<sup>2</sup>) der Sedimentfalle (b)

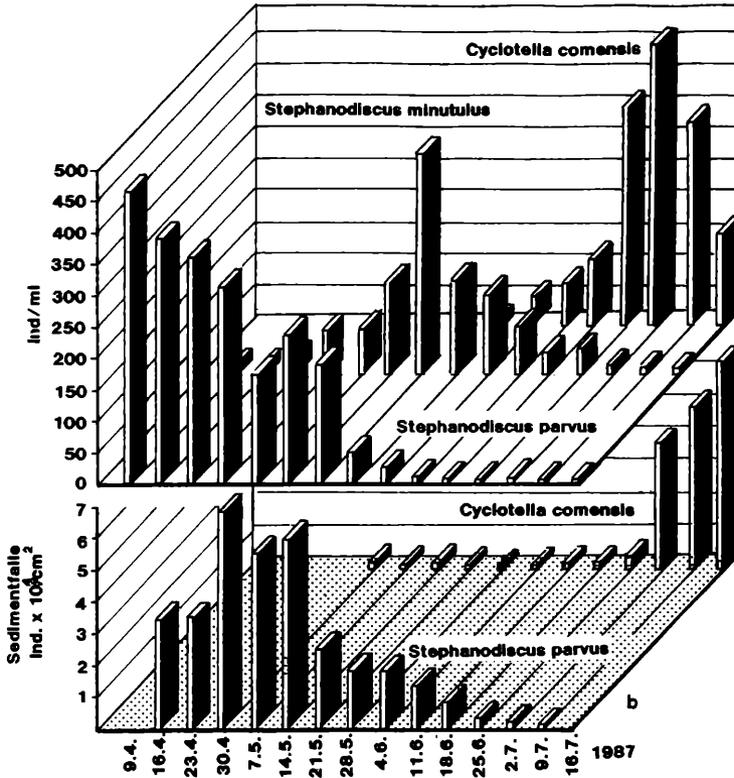
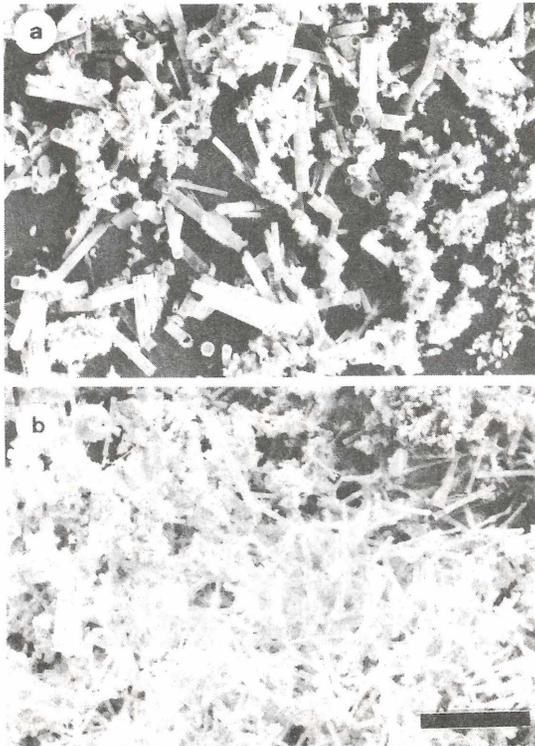


Abb. 3: REM-Fotos eines tape Ausschnittes der Jahreslage 1982.  
A. islandica-reiche Frühjahrslage (a) und *Tabellaria flocculosa*-reiche Frühsommerlage (b) mit reichlicher biogener Kalzitfällung. Balken = 100  $\mu\text{m}$ .



**Abb. 4:** Verlauf der trophischen Entwicklung im Mondsee am Beispiel ausgewählter planktischer Diatomeen von Sedimentkernen.  
 B Voreutrophe Phase  
 C Eutrophe Phase  
 D Phase der Re-Oligotrophierung.  
 Jede Säule entspricht der in den annuellen Laminae der tape peel-Auswertung (1 mm Transekt) ermittelten Valvenzahl.

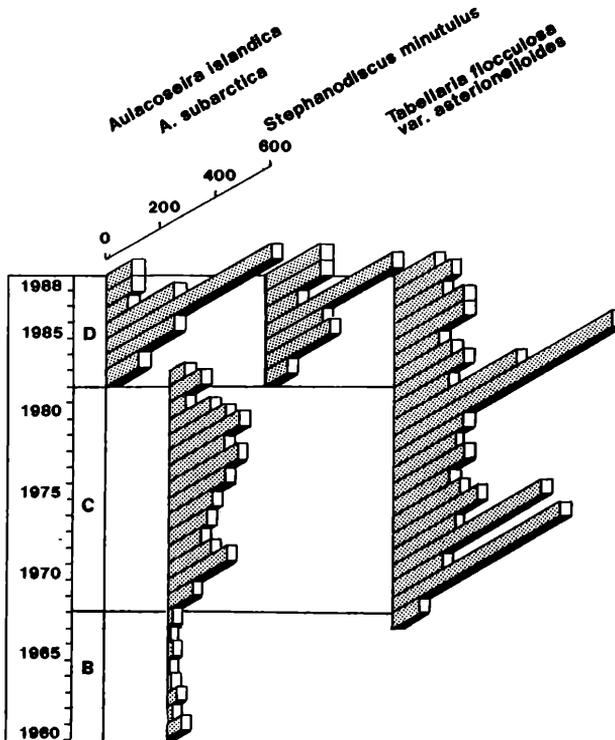
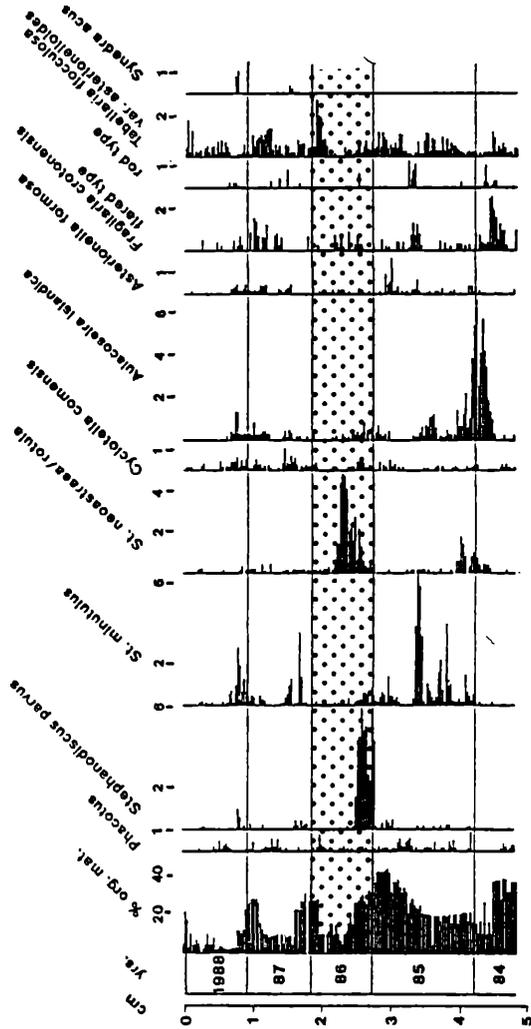




Abb.6: Mikrostratigraphie ausgewählter planktischer Diatomeen eines Kernausschnittes der Trophiestufe D. Legende wie Abb. 5, jedoch 3 mm Transekt. Das Jahr 1986 (punktiert) hebt sich durch Abweichungen in der Diatomeen-Populationsstruktur von den anderen ab.



### Zusammenfassung

Die diatomeenmikrostratigraphische Auswertung in situ gefrorener, annuell laminiertes Sedimente mit der "tape peel"-Methode erweist sich als probates Mittel der Untersuchung von Langzeittrends in Seen.

Am Beispiel des Mondsees wird die Eutrophierungsdynamik im Intervall 1950 bis 1988 dargestellt und mit Phytoplanktonuntersuchungen verglichen. Auf die Saisonalität der planktischen Diatomeen und ihre Repräsentation im Sediment als Basis dieser Untersuchungen wird exemplarisch eingegangen. Der Eutrophierungsverlauf läßt sich in vier Stufen gliedern: (A) Oligotrophe Seephase vor 1950. (B) Voreutrophe Phase während der 50er und 60er Jahre. Zwischendurch verursachte erhöhter Allochthoneintrag durch Straßenbauten und Hochwasser niedere Diatomeenanteile und höhere Akkumulationsraten, vermutlich auch eine Verzögerung des Eutrophierungsverlaufes. (C) Eutrophe Phase des Mondsees von 1968 an, die durch das Einsetzen einer deutlichen hell/dunkel Laminierung gekennzeichnet ist, die mit der Massenentfaltung von *Tabellaria flocculosa* korrespondiert. Schließlich eine Phase der Re-Oligotrophierung (D), die sieben Jahre nach Installation einer Ringkanalleitung mit der Umstrukturierung des Diatomeenplanktons zu Beginn der 80er Jahre einsetzte. Auf die Bedeutung der Diatomeen als sensible Bioindikatoren von Eutrophierungsprozessen wird im Vergleich mit physiko-chemischen Daten hingewiesen.

## SUMMARY

### Diatom microstratigraphy of laminated sediments-indication of long term trophic fluctuations in Mondsee (Upper Austria)

Diatom microstratigraphic analyses of in situ frozen cores using tape peel techniques are important for the study of long-term fluctuations.

The eutrophication dynamics within the time interval 1950-1988 are documented for Mondsee. Four trophic phases are distinguished: (A) Oligotrophic conditions before 1950. (B) rising level of trophy during the 1950s and 60s. Allochthonous load caused by road constructions, and flood events cause low diatom values and high sedimentation rates between delaying of eutrophication progress (C). The eutrophic phase of Mondsee, beginning in 1968, is characterized by the onset of a marked light/dark lamination which corresponds to the mass expansion of *Tabellaria flocculosa*. About seven years after the installation of a sewage treatment plant, the onset of oligotrophication (D) is reflected in a change of the diatom population structure. The instability of the system during recent oligotrophication documented.

## Dank

R. NIEDERREITER für Entwicklung und Bau des Freezing-Corers, L. EISL für technische Hilfestellung und I. GRADL für die Manuskriptschrift, M. DOKULIL und D. DANIELOPOL für Diskussion.

Literatur

- BLOESCH, J., BURNS, N.M. (1980): A critical review of sediment trap technique.- Schweiz.Z.Hydrol. 42, 15-55.
- CRAWFORD, R.M., CANTER, H.M., JAWORSKI, G.H.M. (1985): A study of two morphological variants of the diatom *Fragilaria crotonensis* KITTON using electron microscopy.- Annales of Botany 55, 473-485.
- DANECKER, E. (1969): Bedenklicher Zustand des Mondsees im Herbst 1968.- Österr.Fischerei 22, 25-31.
- DOKULIL, M., SKOLAUT, C. (1986): Succession of phytoplankton in a deep stratifying lake: Mondsee, Austria.- Hydrobiologica 138, 9-24.
- DOKULIL, M., HERZIG, A., JAGSCH, A. (1990): Trophic relationship in the pelagic zone of Mondsee, Austria.- Hydrobiologia 191, 199-212.
- EINSELE, E. (1963): Schwere Schädigungen 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, 2-12.
- FINDENEGG, I. (1969): Die Eutrophierung des Mondsees im Salzkammergut.- Wasser- und Abwasserforschung 4, 139-144.
- HELBIG, J. (1987): Sedimentgeologische Kartierung im Mondsee und Untersuchungen zur Phosphor-Rücklösung an Sedimenten des Mondsees und des Obertrumer Sees (Österreich).- Diplomarbeit, Institut für Geologie und Dynamik der Lithospäre der Georg-August Universität Göttingen, 96 S.
- 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.
- LIEPOLT, R. (1935): Limnologische Untersuchungen der Ufer- und Tiefenfauna des Mondsees und dessen Stellung zur Seetypenfrage.- Int.Rev.Ges.Hydrobiol. 32, 164-235.
- SCHMIDT, R. (1990): Recent re-oligotrophication in Mondsee (Austria) indicated by sediment diatom and chemical stratigraphy.- Proceed. SIL Congress Munich 1989, in press.

- SIMOLA, H. (1977): Diatom succession in the formation of a annually laminated sediment in Lovojärvi, a small eutrophic lake.- *Annales Botanici Fennici* 14, 143-148.
- SCHWARZ, K. (1980): Entwicklung des Phytoplanktons im Mondsee von 1968-1978.- *Österr. Fischerei* 32, 213-216.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Roland SCHMIDT, Institut für Limnologie, Österr. Akademie der Wissenschaften, Gaisberg 116, A-5310 Mondsee.

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

Artikel/Article: [Diatomeenanalytische Auswertung laminiertes Sedimente für die Beurteilung trophischer Langzeittrends am Beispiel des Mondsees \(Oberösterreich\) 109-123](#)