

# Schwebstoffuntersuchungen im Bodensee mit Intervall-Sedimentationsfallen

Autor(en): **Sturm, Michael / Zeh, Ulrich / Müller, Jens**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **75 (1982)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165243>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Eclogae geol. Helv.	Vol. 75/3	Seiten 579-588	7 Textfiguren	Basel, November 1982
---------------------	-----------	----------------	---------------	----------------------

## Schwebstoffuntersuchungen im Bodensee mit Intervall-Sedimentationsfallen

Von MICHAEL STURM<sup>1)</sup>, ULRICH ZEH<sup>2)</sup>, JENS MÜLLER<sup>2)</sup>, LAURA SIGG<sup>1)</sup> und  
HANS-HENNING STABEL<sup>3)</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Verwendung von Intervall-Sedimentationsfallen im tiefsten Teil des Bodensee-Obersees konnten 1981 kurze Schwebstoffpulse von < 3 Tagen Dauer festgestellt werden. Diese Pulse mit Sedimentationsraten bis  $19,2 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (Minimalwerte liegen bei  $32 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) lassen sich auf Algenblüten und erhöhte Schwebstoffzufuhr aus allochthonen Quellen zurückführen. Sie tragen wesentlich zu einer Erhöhung der sonst niedrigen Sedimentationsrate bei. Im allgemeinen dominieren autochthon gebildete Partikel die Schwebstoffproben. Neben organogenen Partikeln (Diatomeen, «fecal pellets», Mangan-Mikroorganismen) weisen vor allem die autochthon präzipitierten Calcitkristalle auf rasche Partikelbildungsvorgänge und auf relativ hohe Sinkgeschwindigkeit der Schwebstoffe hin.

### Einleitung

Die bio-, geochemischen Kreisläufe, die in Seen oder in Ozeanen stattfinden, werden wesentlich durch die in der Wassersäule suspendierten Feststoffe mitbestimmt (LAL 1977, LERMAN 1979). Die Kenntnis der Herkunft und Entstehung dieser Partikel sowie ihrer Aufenthaltszeit und Transformation im Wasser erlaubt u. a. die quantitative Erfassung refraktärer und abbaubarer Anteile der suspendierten Partikel (GRIFFIN & GOLDBERG 1979) oder den Nachweis der im Bereich Sediment-Wasser ablaufenden Ablagerungs- und Resuspensionsvorgänge (COBLER & DYMOND 1980). Partikelbildungs- und -transformationsprozesse, denen die Schwebstoffe in der Wassersäule ausgesetzt sind, müssen entsprechend den unterschiedlichen Quellen untersucht werden. Dazu gehört die synoptische Entnahme von Wasserproben mit Schöpfflaschen oder Filtrationsgeräten (BISHOP & EDMOND 1976), das Auffangen von absinkenden Partikeln mit integrierenden oder zeitauflösenden Sedimentationsgefässen (BLOESCH 1974, GARDNER 1980, ZEITSCHEL et al. 1978, JANNASCH et al. 1980) und schliesslich die Entnahme von Sedimentkernen aus den abgelagerten Feststoffen (BOUMA 1969).

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse von Schwebstoffuntersuchungen im Bodensee-Obersee dargestellt, die im Rahmen eines Testprogrammes für ein

---

<sup>1)</sup> EAWAG, Eidg. Technische Hochschule, CH-8600 Dübendorf.

<sup>2)</sup> Lehrstuhl für Geologie, Abteilung für Sedimentforschung und Meeresgeologie, TU München, D-8046 Garching.

<sup>3)</sup> Limnologisches Institut, Universität Konstanz, D-7750 Konstanz.

zurzeit laufendes Forschungsprojekt über den Transfer von Spurenelementen<sup>4)</sup> 1981 durchgeführt wurden. Dabei sollten die Brauchbarkeit eines neuen Typs von Intervall-Sedimentationsfallen geprüft und die technischen Probleme, die beim Aussetzen und Bergen einer schweren Messkette (etwa 450 kg) in 250 m Wassertiefe auftreten, gelöst werden.

## Methodik

### *Feldarbeiten*

In der Zeit vom 23. Mai bis 3. Juli 1981 und vom 21. August bis 6. November 1981 wurde an der tiefsten Stelle des Bodensees (252 m Wassertiefe) eine Auftriebsmesskette verankert. Da weder der Fischereibetrieb noch die Schifffahrt gestört werden durften, wurde der Einsatz einer oberflächenunabhängig verankerten Messkette mit akustischer Auslösung gewählt.

Während der 5mal 3wöchigen und einmal 2wöchigen Expositionsperioden waren je ein Intervall-Sedimentationsgefäß (Fig. 1) und mehrere integrale Sedimentfallen in Wassertiefen von 40 m und 240 m ausgesetzt. Bei den Intervallgeräten handelt es sich um Sedimentfallen mit jeweils acht Probegläsern, die in Intervallen von 60 Stunden (2,5 Tage) automatisch gewechselt wurden (nach JANNASCH et al. 1980). Da diese Fallen als Trichterfallen konzipiert sind, reagieren sie bereits bei leichter Turbulenz in der Wassersäule unterfänglich (BLOESCH & BURNS 1980, GARDNER 1980). Deshalb wurden zusätzlich Zylinderfallen eingesetzt, die mit einem Höhe-Durchmesser-Verhältnis von 10 eine Abschätzung der Unterfängigkeit der Intervallfallen erlaubten. Mit dieser kombinierten Sedimentfallen-Konfiguration liess sich mit den Zylinderfallen einerseits der Partikelflux über die gesamte Exposi-

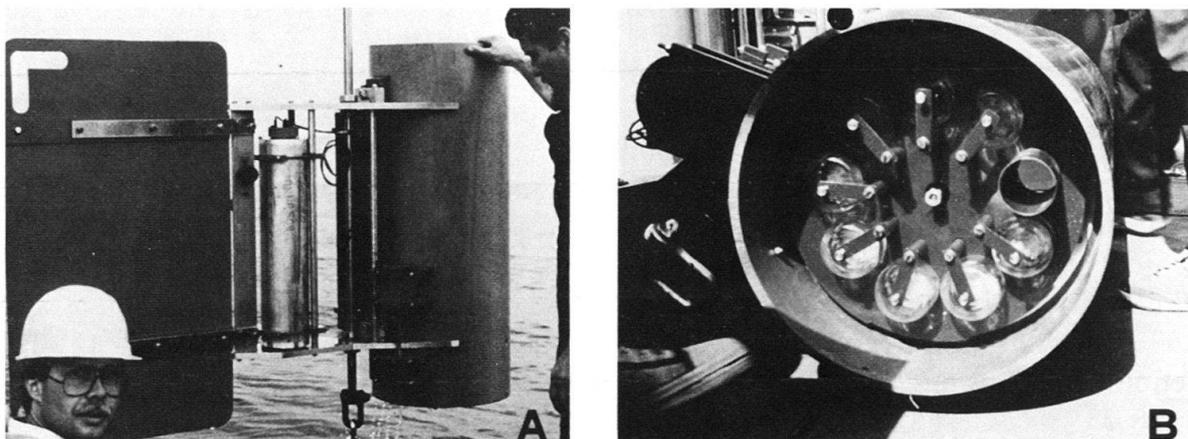


Fig. 1. Intervall-Sedimentationsfalle nach JANNASCH et al. (1980). A = Gesamtansicht: Zylindergehäuse (Höhe 100 cm, Durchmesser 38 cm) mit eingebautem Trichter, 8 Probegläsern und angebautem Antrieb sowie Schrittmotor für den Probenwechsel (rechts). Druckgehäuse für Elektronik und Batterien (Bildmitte). Strömungsfahne (links). B = Ansicht von unten: Halterung für 8 Probegläser (je 200 ml) und Leeröffnung für Absenken und Bergen der Falle.

<sup>4)</sup> EAWAG-Projekt gemeinsam mit dem Institut für Angewandte Chemie, Kernforschungsanlage Jülich, dem Lehrstuhl für Geologie, TU München, und dem Limnologischen Institut, Universität Konstanz.

tionszeit relativ genau bestimmen. Andererseits ermöglichten die gute zeitliche Auflösung (2,5 Tage) und die Grösse der Intervallfallen (1122,21 cm<sup>2</sup>), kurzfristige Schwankungen des Partikelfluxes, wie sie im Bodensee zu erwarten sind, zu erfassen und gleichzeitig genügend Material für die umfangreichen Laboranalysen zu erhalten.

Das Absenken und das Bergen der Messkette (Fig. 2) erfolgten vom Forschungsschiff «Robert Lauterborn» der Universität Konstanz aus. Die Bergung der Messkette erfolgte in der Regel jeweils drei Wochen nach ihrem Aussetzen. Dabei gab der vom Schiff aus durch ein akustisches Signal aktivierte Auslöser am Ende der Messkette die Ankergewichte frei, so dass die Kette an die Wasseroberfläche aufsteigen und eingeholt werden konnte. Nach dem Wechsel der Probengläser der Intervallfallen und der Entnahme des Materials aus den Zylinderfallen wurde die Messkette für weitere drei Wochen Expositionszeit mit neuen Ankergewichten wieder abgesenkt.

An den Tagen des Messketten-Einsatzes bzw. -Wechsels wurden ein Temperaturprofil bis 70 m Wassertiefe aufgenommen und mit 10-Liter-van-Dorn-Schöpf flaschen Wasserproben aus 1 m, 10 m, 20 m, 40 m, 100 m, 200 m und 250 m Tiefe entnommen. Die Wasserproben wurden sofort an Bord des Schiffes durch Mem-

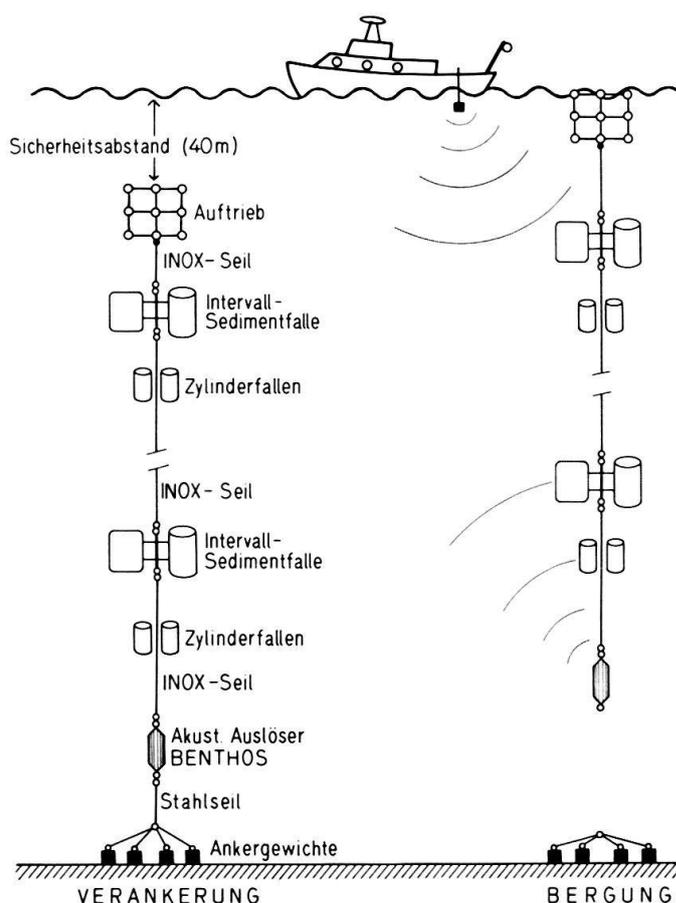


Fig. 2. Schema der Messkettenverankerung im Bodensee während Exposition (links) und bei der Bergung der Messkette (rechts). Die Intervall-Sedimentationsfallen wurden während der Messperiode 1981 in 50 m bzw. 240 m Wassertiefe exponiert; die entsprechenden Zylinderfallen jeweils 5 m darunter.

branfilter (0,45  $\mu\text{m}$ ) druckfiltriert (MÜLLER et al. 1976) und für die spätere Analyse der mineralogischen Partikelzusammensetzung (Röntgendiffraktometer) und der morphologischen und qualitativen Kornzusammensetzung (Rasterelektronenmikroskop, EDX) aufbewahrt.

### Laborarbeiten

Von den bei 6 °C gekühlten Schwebstoffproben wurde im Labor je eine Probe (etwa 2–5%) für Röntgendiffraktometrie, Coulter-Counter-Korngrößenanalysen und REM-Analysen abgezogen. Der Rest des Materials wurde lyophilisiert, gewogen und die Menge Trockensubstanz bestimmt. Darauf stand das getrocknete Material für die Bestimmung der verschiedenen Haupt- und Spurenelemente zur Verfügung (SIGG et al. 1982). Um die Kontamination der Proben zu verhindern, wurden alle Laborarbeiten bis zur Trocknung des Materials in einer «clean bench» durchgeführt.

## Erste Resultate

### Partikelflux

Sowohl im Frühsommer als auch im Spätsommer–Herbst wurden starke Schwankungen im Partikelflux des Bodensee-Obersees festgestellt mit Unterschieden von 32  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  bis  $19,2 \times 10^3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (Fig.3). Die von STABEL (in TILZER et al. 1981) im Jahre 1980 im Überlinger See festgestellten Schwankungen des täglichen Partikelfluxes von 10  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$  bis  $10,3 \times 10^3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$  liegen in einer ähnlichen Größenordnung. Die aufgetretenen Partikelmaxima waren sehr kurzfristig, in der Regel kürzer als 3 Tage. Als Ursachen für solche konzentrierten Partikel-«Pulse» können Algenblüten mit nachfolgenden Klarwasserstadien, erhöhte Schwebstoffzufuhr aus allochthonen Quellen (Zuflüsse) sowie meteorologische

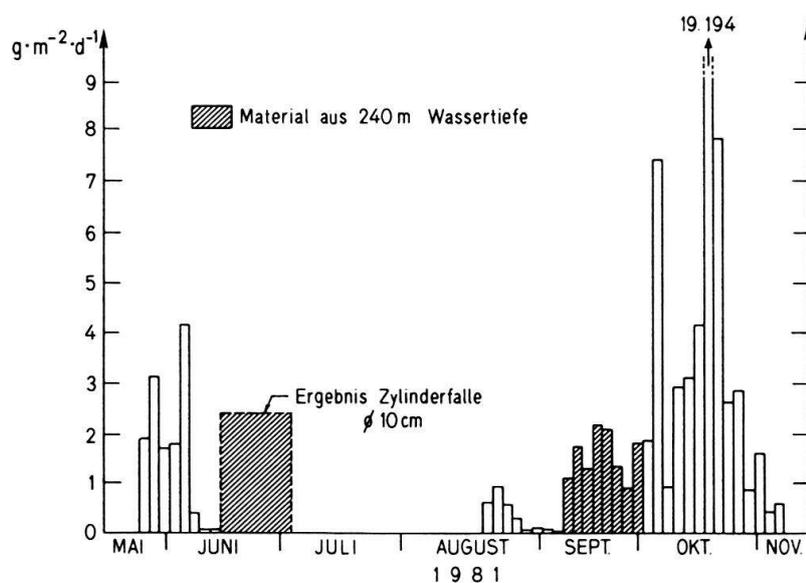


Fig. 3. Sedimentationsraten (unkorrigiert) der Intervall-Sedimentationsfallen im Jahr 1981.

Einflüsse (Windeinwirkung) verantwortlich gemacht werden. Trotz ihrer Kurzfristigkeit scheinen es vor allem diese sehr konzentrierten Pulse zu sein, welche sich auf die normalerweise relativ niedrigen Sedimentationsraten im Bodensee erhöhend auswirken und zu einem jährlichen Partikelflux um die  $1000 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  führen. Es ist bemerkenswert, dass die in der Sargasso-See festgestellten Werte von 20 bis  $60 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  durchaus in der Grössenordnung des minimalen Partikelfluxes im Bodensee liegen (DEUSER et al. 1981).

### *Mineralogie*

Kurzfristige Unterschiede in den gewonnenen Intervallproben (Expositionszeiten von 2,5 Tagen) liessen sich auch in der Partikelzusammensetzung feststellen. Der kurze Einschub von allochthonem Material liess sich in den Proben von Ende Mai bis Anfang Juni 1981 röntgendiffraktometrisch deutlich nachweisen. Während in den Perioden vom 23. bis 26. Mai und vom 2. bis 5. Juni 1981 autochthone Calcite überwogen und Quarz sowie andere allochthone Minerale nur untergeordnet vorkamen oder fehlten, dominierten zwischen dem 31. Mai und dem 2. Juni 1981 die allochthonen Partikel. Eingeschwemmte Partikel wie Quarz, Chlorit, Illit, Feldspäte und Dolomit beherrschten für kurze Zeit die Zusammensetzung der suspendierten Schwebstoffe.

### *Partikelbeschreibung*

REM-Analysen der Schwebstoffe zeigten, dass neben den zeitweise auftretenden allochthonen Mineralien (Quarz, Tonminerale usw.) vor allem autochthon entstandene Partikel das Probenbild dominieren. Von den massenhaft vorkommenden planktischen Kieselalgen sind die Gehäuse der kleineren Formen mit Durchmessern zwischen 5 und  $8 \mu\text{m}$  (*Stephanodiscus hantzschii*) meist schlecht erhalten, während grössere Formen mit Durchmessern von 20 bis  $30 \mu\text{m}$  (*St. astrea*, *Fragilaria*, *Asterionella* usw.) gut erhalten und nicht zerstört sind. Das gleichzeitige Auftreten von «fecal pellets» (Durchmesser  $30 \mu\text{m}$ ), die überwiegend aus aufgearbeiteten *St. hantzschii*-Gehäusen bestehen (Fig. 4), weist darauf hin, dass die intensive und grössenselektive Frasstätigkeit des Zooplanktons im Epilimnion für die Aufarbeitung dieser Kieselalgen verantwortlich ist.

Eine grössenselektive Anreicherung von Partikeln erfolgt auch durch die zu den Ciliaten gehörenden Einzeller *Tintinnopsis lacustris* (Fig. 5). Dabei wählen diese je nach dem Materialangebot ihres Lebensbereiches teils aufgearbeitete Kieselalgengehäuse, teils ebenso grosse ( $4\text{--}5 \mu\text{m}$ ) Mikrocalcite zum Bau ihrer  $30\text{--}40 \mu\text{m}$  grossen agglutinierten Gehäuse aus.

Neben diesen organogenen Partikeln treten in den Proben häufig durch chemische Präzipitation entstandene autochthone Calcite auf. Diese durchschnittlich  $20 \mu\text{m}$  grossen Calcitkristalle deuten mit ihren treppenartigen Anwuchsstrukturen und den eingewachsenen Gehäusen von *St. hantzschii* auf sehr rasche Kristallisationsvorgänge hin. Zudem legen die umwachsenen Kieselalgen die Vermutung nahe, dass häufig auch nichtkalkabscheidende planktische Algenreste als Kristallisationskeime für Calcitfällung fungieren, da im Mikromilieu um diese Organismen sehr hohe Übersättigung hinsichtlich Calcit auftreten kann (SCHRÖDER & SCHNEI-

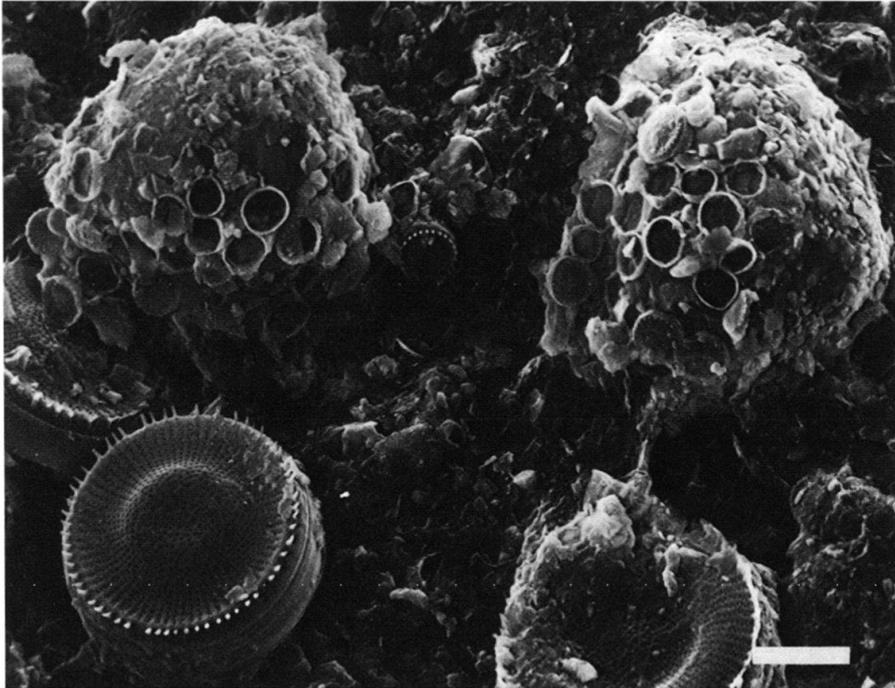


Fig. 4. «Fecal pellets», bestehend aus aufgearbeiteten Gehäusen von *Stephanodiscus hantzschii*. Am unteren Bildrand gut erhaltene Gehäuse von *St. astrea*. Sedimentationsfalle, 5.–7. Juni 1981, 40 m Wassertiefe, Maßstab: 10 µm.

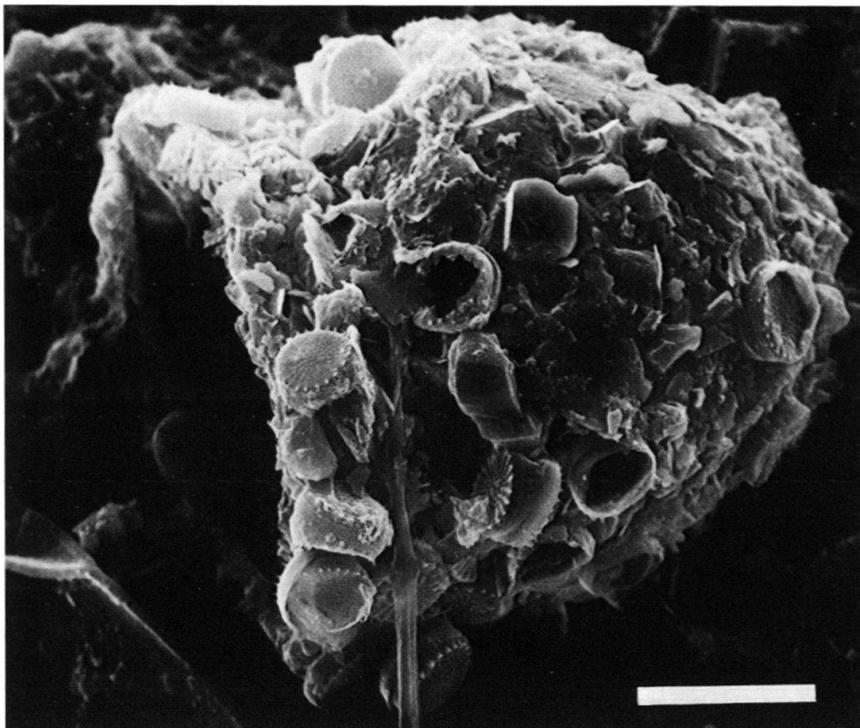


Fig. 5. Gehäuse von *Tintinnopsis lacustris*, bestehend aus Gehäusen von *Stephanodiscus hantzschii*, Mikrocalciten und Schichtsilikatplättchen. Sedimentationsfalle, 28.–31. Mai 1981, 40 m Wassertiefe. Maßstab: 10 µm.

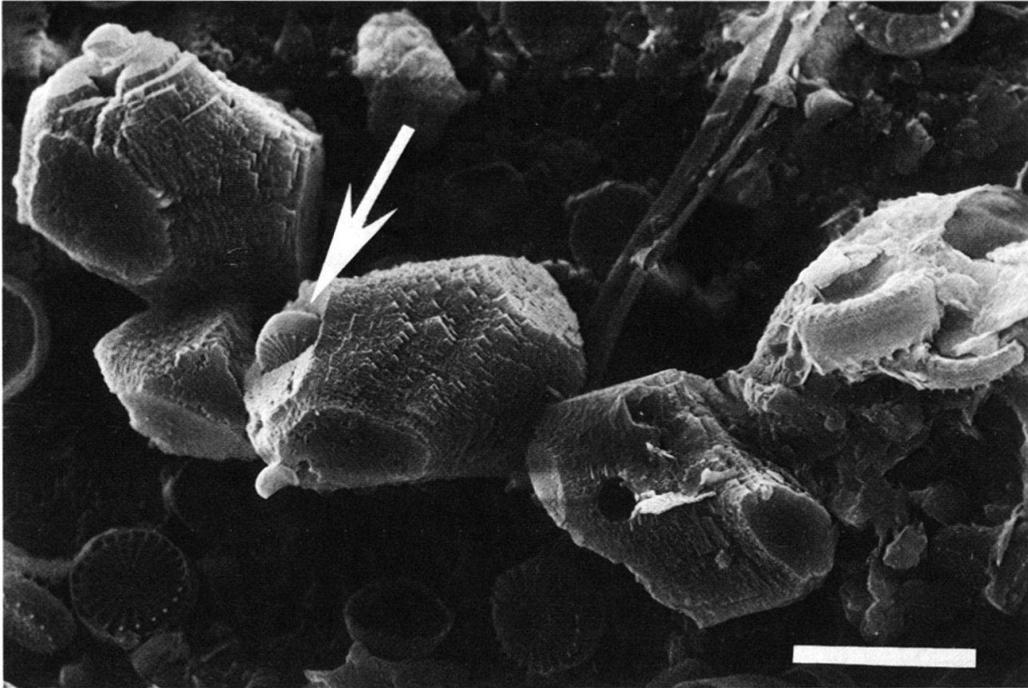


Fig. 6. Neugebildete autochthone Calcitkristalle, kettenartig zusammengewachsen mit Treppenstrukturen und umwachsenen Gehäusen von *Stephanodiscus hantzschii* (Pfeil). Wasserprobe, 23. Mai 1981, 40 m Wassertiefe. Maßstab: 10  $\mu\text{m}$ .

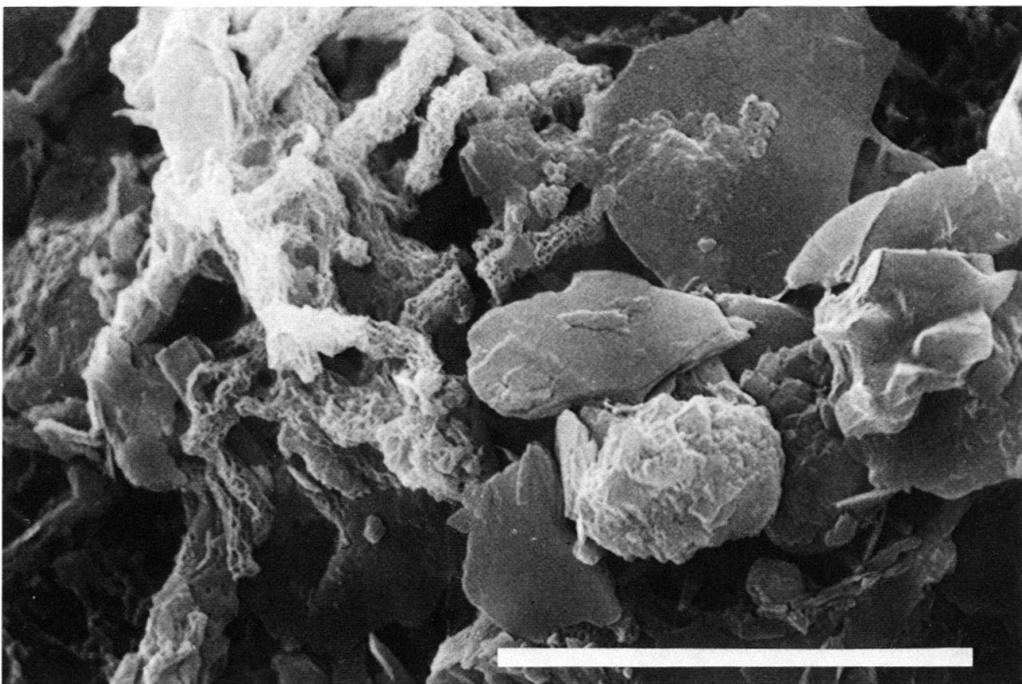


Fig. 7. Strukturen von Mangan-Mikroorganismen (Mangan-«Bakterien»). Rechts im Bild Partikel von Schichtsilikaten und Mikrocalciten. Sedimentationsfalle, 28.–31. Mai 1981, 40 m Wassertiefe. Maßstab: 10  $\mu\text{m}$ .

DER 1980). Dass die Bildungsvorgänge autochthoner Calcite rasch erfolgen, ist auch bei der Untersuchung des Filtrerrückstandes der Wasserproben feststellbar. Die hier auftretenden «Riesen»calcite ( $\sim 40 \mu\text{m}$ ), ebenfalls mit Treppenstrukturen und eingewachsenen Diatomeen und kettenartig zusammengewachsene Calcitschnüre ( $\sim 60 \mu\text{m}$ ) (Fig. 6) aus Wassertiefen von  $< 100 \text{ m}$  lassen ein langsames Kristallwachstum als nicht wahrscheinlich erscheinen. Bei Korngrößen zwischen  $20$  und  $40 \mu\text{m}$ , einer Feststoffdichte von  $2,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  und einer durchschnittlichen Wassertemperatur von  $5^\circ\text{C}$  würden solche Partikel nur zwischen  $1,7$  und  $6,9$  Tage brauchen, um auf eine Wassertiefe von  $250 \text{ m}$  abzusinken. Es handelt sich hier also um sehr kurze theoretische Aufenthaltszeiten der Partikel in der Wassersäule, was auf einen raschen vertikalen Massenflux im Bodensee hindeutet.

Bemerkenswert ist schliesslich das Auftreten von Mangan-«Bakterien» in den Schwebstoffproben des Bodensees (Fig. 7), wie sie GIOVANOLI et al. (1980) auch aus dem Profundal des Zürichsees beschreiben. Kolonien dieser zwischen  $10$  und  $20 \mu\text{m}$  grossen organogenen Strukturen (Einzeldurchmesser  $0,5 \mu\text{m}$ ) sind ab Anfang Juni 1981 erstmals in  $240 \text{ m}$  Wassertiefe festgestellt worden. Ende August konnten sie in  $100 \text{ m}$  Wassertiefe und Anfang November bereits in  $40 \text{ m}$  Wassertiefe nachgewiesen werden. Bei diesen Strukturen handelt es sich nach GIOVANOLI et al. (1980) um Mn (II)-oxidierende Mikroorganismen, die dann auftreten, wenn unter reduzierenden Bedingungen Mn (II) vom Sediment in das darüberliegende Wasser abgegeben wird.

### Schlussfolgerungen

Die Verwendung zeitauflösender Intervall-Sedimentationsfallen ermöglichte es, kurzfristige Schwankungen im Partikelflux des Bodensee-Obersees zu erkennen, wobei diese im Bereich von mehreren Grössenordnungen lagen. Pulsartige Materialfluxe mit Spitzen bis  $19,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  und von wenigen Tagen Dauer trugen entscheidend zur Erhöhung der sonst niedrigen Sedimentationsraten bei. In der 17wöchigen Gesamtexpositionszeit konnte nur ein Teil der produktiven Perioden im Bodensee erfasst werden. Trotzdem zeigte sich deutlich, dass das Auftreten dieser kurzen, für den Massenflux entscheidenden Pulse mit hohen theoretischen Sinkgeschwindigkeiten der Schwebstoffe (z.B. für Calcit  $36\text{--}140 \text{ m}$  pro Tag) nur mit entsprechend kurzen Expositionszeiten der Sedimentationsfallen dokumentiert werden kann.

In grossen Seen sind die Verankerung von Messketten mit Sedimentfallen, sowie der Wechsel der Geräte und die Entnahme der Proben mit einem relativ grossen logistischen Aufwand verbunden. Hier ist es daher unumgänglich, für Schwebstoffuntersuchungen Intervallgeräte zu verwenden, deren automatischer Wechsel der Probengläser nur alle  $2\text{--}3$  Wochen eine Ausfahrt erfordert. Dabei erlaubt es der elektronisch gesteuerte Probenglaswechsel, das Absenken und das Bergen der Fallen bei nichtexponierten Probegläsern durchzuführen. Mit den im Bodensee verwendeten Geräten (nach JANNASCH et al. 1980) mit Expositionsflächen von je  $1122,21 \text{ cm}^2$  konnten, ausser während Klarwasserstadien, in den  $200\text{-ml}$ -Probegläsern genügend Material für die umfangreichen Laboranalysen gewonnen werden. Die beobachtete Unterfängigkeit dieses Fallentyps liess sich durch die gleichzeitige Verwendung von  $3\text{-Wochen}$ -integrierenden Zylinderfallen annähernd abschätzen.

Bei den bisher durchgeführten qualitativen Partikeluntersuchungen wurden die Schwankungen in der Partikelzufuhr ebenfalls festgestellt. Dies vor allem dann, wenn allochthone Schwebstoffpulse die autochthon gebildeten Partikel überlagerten. Mit über längere Zeit integrierenden Sedimentfallen hätte die unterschiedliche Zusammensetzung der Schwebstoffe dieser Pulse nicht erfasst werden können. Die bisherigen Partikelanalysen haben gezeigt, dass die autochthone Partikelbildung im See relativ rasch erfolgt. Für die zukünftige Interpretation von Schwebstoffdaten wird es daher wichtig sein, genügend Material von möglichst kurzen Sedimentationsintervallen für die Untersuchung zur Verfügung zu haben.

### Verdankungen

H.W. Jannasch (Woods Hole Oceanographic Institution) für den Bau der Intervallfallen, J. Bloesch (EAWAG, ETH) für die Überlassung und Betreuung der Zylinderfallen, Frl. W. Schuster (TU München) für die Bearbeitung der Wasserproben auf dem See sowie den Schiffsführern der «Robert Lauterborn» K. Wiedemann und H. Kukulis für ihren unermüdlichen Einsatz. Der Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW, ETH) für die Zurverfügungstellung und H.-P. Hächler für die technische Betreuung der verwendeten akustischen Fernauslöser.

### LITERATURVERZEICHNIS

- BISHOP, J. K. B., & Edmond, J. M. (1976): *A new large volume filtration system for the sampling of oceanic particulate matter*. - J. marine Res. 34, 181-198.
- BLOESCH, J. (1974): *Sedimentation und Phosphorhaushalt im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im Rotsee*. - Schweiz. Z. Hydrol. 36, 71-186.
- BLOESCH, J., & BURNS, N. M. (1980): *A critical review of sedimentation trap technique*. - Schweiz. Z. Hydrol. 42, 15-55.
- BOUMA, A. H. (1969): *Methods for the study of sedimentary structures*. - Wiley & Sons, New York.
- COBLER, R., & DYMOND, J. (1980): *Sediment trap experiment on the Galapagos Spreading Center, Equatorial Pacific*. - Science 209, 801-803.
- DEUSER, W. G., ROSS, E. H., & ANDERSON, R. F. (1981): *Seasonality in the supply of sediment to the deep Sargasso Sea and implications for the rapid transfer of matter to the deep ocean*. - Deep-Sea Res. 28A, 495-505.
- GARDNER, W. D. (1980a): *Sediment trap dynamics and calibration. A laboratory evaluation*. - J. marine Res. 38, 17-39.
- (1980b): *Field assessment of sediment traps*. - J. marine Res. 38, 41-52.
- GIOVANOLI, R., BRÜTSCH, R., DIEM, D., OSMAN-SIGG, G., & SIGG, L. (1980): *The composition of settling particles in Lake Zürich*. - Schweiz. Z. Hydrol. 42, 89-100.
- GRIFFIN, J. J., & GOLDBERG, E. D. (1979): *Morphologies and origin of elemental Carbon in the environment*. - Science 206, 563-565.
- JANNASCH, H. W., ZAFIRIOU, O. C., & FARRINGTON, J. W. (1980): *A sequencing sediment trap for time-series studies of fragile particles*. - Limnol. and Oceanogr. 25, 939-943.
- LAL, D. (1977): *The oceanic microcosm of particles*. - Science 198, 997-1004.
- LERMAN, A. (1979): *Geochemical processes. Water and sediment environments*. - Wiley & Sons, New York.
- MÜLLER, J., KRETZLER, W., & HIRNER, A. (1976): *Zur Methodik von Schwebstoffuntersuchungen von Flusswässern*. - Gas Wasser F. 117, 220-222.
- SCHRÖDER, H. G., & SCHNEIDER, J. (1980): *Hydrochemische Untersuchungen zum Karbonatkreislauf des Attersees (Salzkammergut, Österreich)*. - Arb. Lab. Weyregg 4, 235-257.

- SIGG, L., STURM, M., MART, L., NÜRNBERG, H. W., & STUMM, W. (1982): *Schwermetalle im Bodensee: Mechanismen der Konzentrationsregulierung*. – Naturwissenschaften (im Druck).
- TILZER, M., STABEL, H.-H., & SOMMER, U. (1981): *Die Rolle von Primärproduktion und Sedimentation für den Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf des Bodensee-Überlinger Sees*. – Int. DFG-Bericht, Limnol. Inst. Univ. Konstanz.
- ZEITSCHEL, B., DIEKMANN, P., & VALMANN, L. (1978): *A new multisample sediment trap*. – Marine Biol. 45, 285–288.