

SEDIMENTGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM KARBONAT- KREISLAUF UND ZUR SEDIMENTATIONSGESCHICHTE DES ATTERSEES

Heinz Gerd SCHRÖDER und Jürgen SCHNEIDER

1. Summary

Sedimentological investigations in the carbonate cycle and sedimentary history of the Attersee

The investigations have an emphasis on the biogenic epilimnetic decalcification and on the production of benthonic micro-algal calcareous crusts in the shallow sublittoral area. The quantitative contribution of these carbonates to the sedimentation from shallow sublittoral to deep basins should be determined.

First results of sediment cores from a profile of the asymmetric northern lake basin show the influence of the western carbonate shelf and its calcareous algal crusts on the different sedimentation areas. An environmentally relevant aspect of the investigation is given by the importance of the calcareous crusts on the water quality within the littoral zones.

2. Einleitung und Problemstellung

Untersuchungen zum limnischen Karbonatkreislauf und zur Sedimentationsgeschichte im limnischen Milieu wurden am Attersee begonnen, weil hier die dazu notwendige Zusammenarbeit mit Biologen durch das ÖEP, Projekt Salzkammergut gegeben ist. Der Attersee ist durch die Arbeiten der österreichischen Limnologen in den letzten Jahren unter verschiedenen Gesichtspunkten bearbeitet worden (Atterseebericht 1976, 1977). Die im Herbst begonnenen sedimentgeologischen Arbeiten fügen sich in den Rahmen der Gesamtproblematik ein.

Karbonat- Fällung und -Lösung sind weitgehend gesteuert von den Lebensprozessen (Atmung/ Photosynthese - Karbonat- lösung/ Fällung). Zumindest seit der Evolution der H_2O - Photosynthese sind der C_{org} - und der C_{Karb} - Kreislauf engstens miteinander verknüpft.

Besonders im Berührungspunkt zwischen Lithosphäre, Hydro- sphäre und Biosphäre liegt ein Schlüssel zum Verständnis des Karbonatkreislaufes, wie zB. im System von Kalkalpen- seen und ihrem Hinterland (Siehe Abbildung 1 und GOLUBIC et al. 1979).

Biologische Erosion erzeugt zusammen mit lösungsfähigen Wässern gelöstes und partikuläres Karbonat und entspre- chende Abbauformen (zB. Biokarst, Siehe SCHNEIDER et al. 1979). Biogene Bildung von Kalkkrusten in Seen bs. durch Cyanophyceen (Siehe KANN 1941, 1959; SCHNEIDER 1977) und die biogene Entkalkung im Epilimnion erzeugen parti- kuläre Karbonate, die in verschiedenen Korngrößen zur allgemeinen oder lokal begrenzten Sedimentation beitragen. Daneben wird die Art der Sedimentation in einem Becken von der Morphologie und geologischen Zusammensetzung des Einzugsgebietes sowie durch die Zahl und Art der Zuflüsse bestimmt.

Die Stoffumsätze des Mikrophytals in bezug auf die Karbo- natbilanz der flachen sublitoralen Zonen (0 bis ca. 4 m) sind noch weitgehend unbekannt. Die Krusten werden bei Sturm und Wellengang zerschlagen, bilden Onkoide (Schnegglisande Siehe v. PIA 1933, SCHÖTTLE und MÜLLER 1968, SCHÄFER 1978) und Seekreideanteile; sie tragen also in verschiedener Form zur Sedimentbildung bei. Neben der von Mitte Juni bis Spätsommer (MÜLLER 1977, p. 5) auftretenden biogenen Entkalkung im gesamten Epilimnion des Sees stellt die offenbar ganzjährige benthische Karbonatproduktion durch das Mikrophytal einen bisher

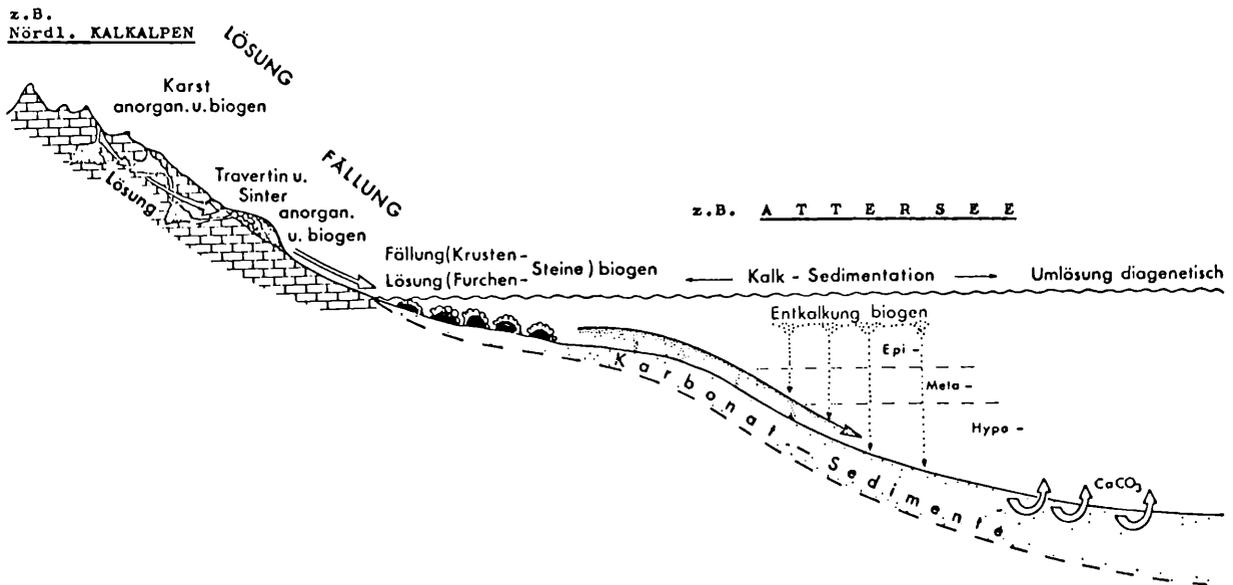


Abbildung 1: Karbonat- Fällung und -Lösung in terrestrischen und limnischen Milieus (nach SCHNEIDER 1977)

Carbonate construction and decomposition in terrestrial and freshwater environments (after SCHNEIDER 1977)

noch nicht quantitativ erfaßten Anteil an der Karbonatproduktion des Sees dar. Hierbei stellen sich Fragen nach der Art der Kalzifizierung der submersen Makro- und Mikrophyten, nach der Mengenbilanz des biogen erzeugten Karbonates, dessen Korngrößen und Struktur (Ausmaß und Art der Zementierung) und dem quantitativen Beitrag der Kalkkrusten- und Onkoid- Bildung zur Gesamt- Sedimentationsrate; weitere Aspekte der Untersuchung sind: die Bestimmung des Volumens und der Verteilung des so erzeugten Karbonat- Materials im Sedimentationsraum vom flachen Sublitoral über die Schelf- und Schelfhang- Region bis in das Beckentiefste.

Zum Vergleich rezenter und historischer Prozesse werden Untersuchungen zur Sedimentationsgeschichte des Sees durchgeführt.

Langfristiges Ziel ist es, die Karbonatbilanz eines Kalkalpensees in ihren Einzelschritten besser zu verstehen als es bisher möglich war.

3. Erste Ergebnisse

3.1. Wasserchemie

Zur Erfassung einiger grundlegender hydrochemischer Parameter, zum Test einiger Methoden und um Auskunft über die CaCO_3 -Sättigungsverhältnisse der küstennahen Gewässer zu erhalten, wurden erste hydrographische 24-Stunden-Meßserien durchgeführt. Im Verlauf der weiteren Untersuchungen sollen im freien Wasser und in möglichst naturnahen Versuchen sowie durch Auswerten von seit drei Jahren laufenden Aufwuchs-Experimenten die "Kalkfällungsleistungen" der Krustensteine bestimmt werden. Mit Hilfe einer Auskartierung der Krustensteingürtel des gesamten Seeufers (Siehe Kapitel 5) soll dann auf die Summe der Kalkproduktion im Krustensteingürtel des Sees hochgerechnet werden.

Die ersten Bestimmungen ergaben, daß während der Meßserie am 13./14. September 1978 das Uferwasser zu 345% an CaCO_3 übersättigt war. Der Ca-Gehalt (bestimmt mit $\pm 2\%$ Fehler, potentiographische Titration nach HERRMANN 1975, p. 126 ff.) betrug im Uferbereich direkt über den Krustensteinen 33 mg Ca/l, im Oberflächenwasser einer Referenzstation (ca. 200 m vom Ufer, 35 m Wassertiefe) 35 mg Ca/l. Während im Epilimnion der Ca-Gehalt auf 32 mg absank, erreichte er unterhalb der Thermokline ($15,8^\circ\text{C}/7,3^\circ\text{C}$, 4 Tage nach einem Sturm schwankend zwischen 12 und 16 m Tiefe) Werte von 39 mg Ca/l. Nähere Aussagen zur Deutung der Werte können

allerdings erst gemacht werden, wenn Messungen über alle Jahreszeiten vorliegen und wenn die Ergebnisse der früheren hydrochemischen Untersuchungen zum Vergleich mit herangezogen werden (NEUHUBER 1976).

3.2. Sedimentgeologie

Der Attersee ist, grob betrachtet, ein langgestrecktes asymmetrisches Sedimentationsbecken, das in sich noch in zahlreiche Becken und Schwellenregionen gegliedert ist (Siehe HAEMPEL 1926).

Wir haben bisher nur ein Profil mit Sedimentkernen beprobt, das im nördlichen Teil des Attersees liegt (Abbildung 2 a und 2 b).

Das Profil zeigt eine deutliche Asymetrie, die hervorgerufen ist durch die steilen Hänge des Flysch- Gebietes vom Gahberg- Häferlberg im Osten (mit schmaler vorgelagerter Moränenschulter) und die flacheren Hügel der wärmzeitlichen Moränen im Westen (Siehe geologische Karte 1:50 000, HÄUSLER und SCHWARZBÜCK 1970).

Infolge dieser Asymetrie ist im Osten nur ein sehr schmaler, steil abfallender Schelf ausgebildet, während im Westen ein relativ breiter, flacher Schelf entwickelt ist. Da der westliche Schelf weite seichte Partien aufweist, die mit Makrophytal bestanden sind und häufig einen dichten Krustensteingürtel tragen, spielt sich hier die wesentliche Karbonatproduktion ab.

Die unterschiedlichen regionalen Einflüsse der sedimentliefernden Prozesse sind in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

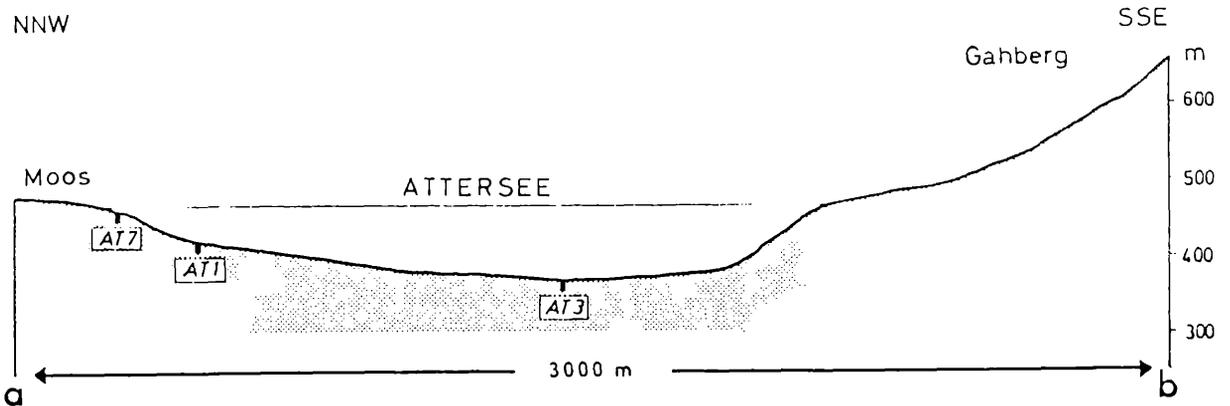
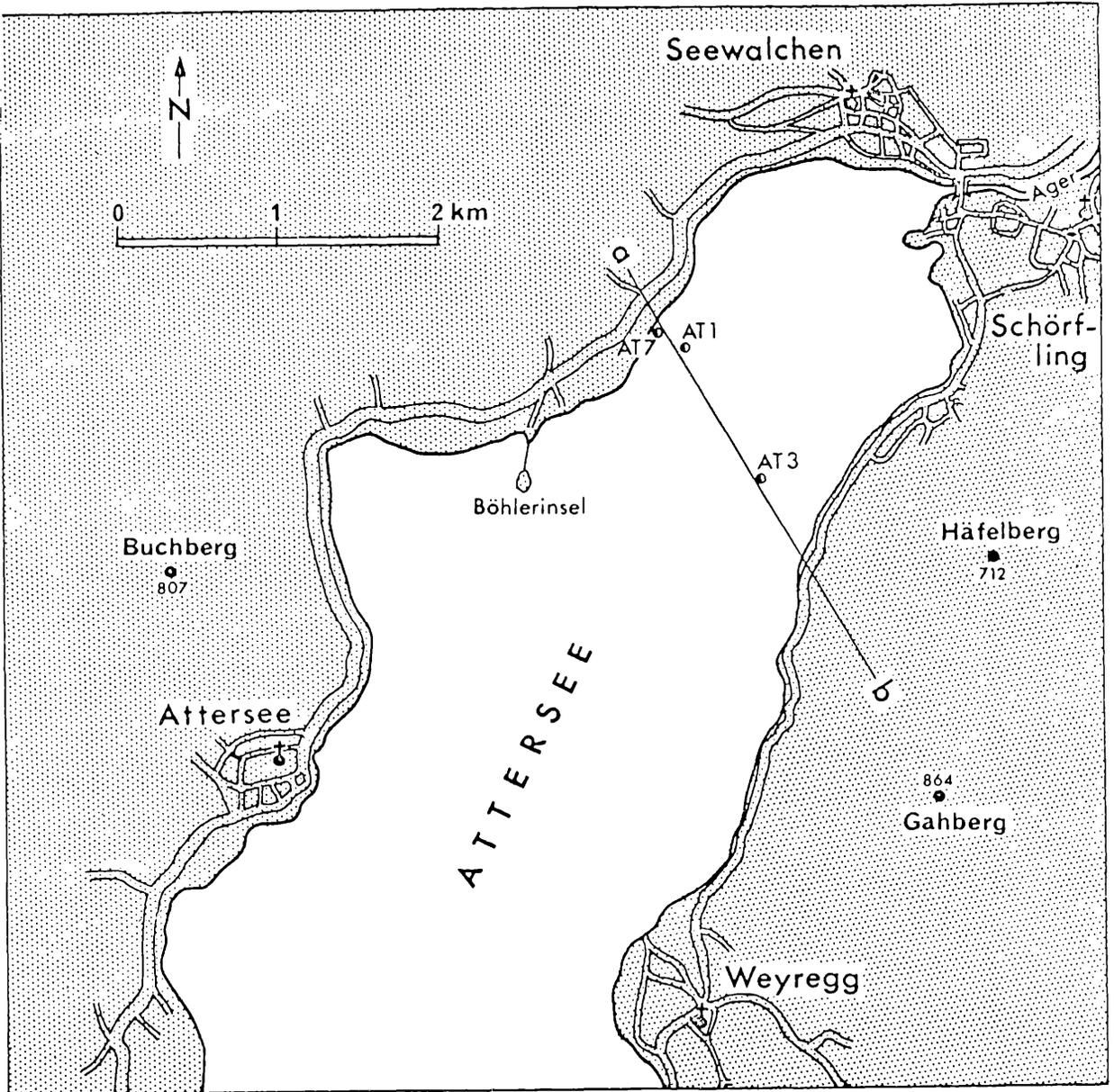


Abbildung 2 a (oben) und 2 b (unten):

Lage der Probennahmepunkte von Sedimentkernen, AT 7 (Karbonatschelf), AT 1 (Schelfhang) und AT 3 (Becken)

Position of the sampling points of sediment cores, AT 7 (carbonate shelf), AT 1 (shelf slope), AT 3 (basin)

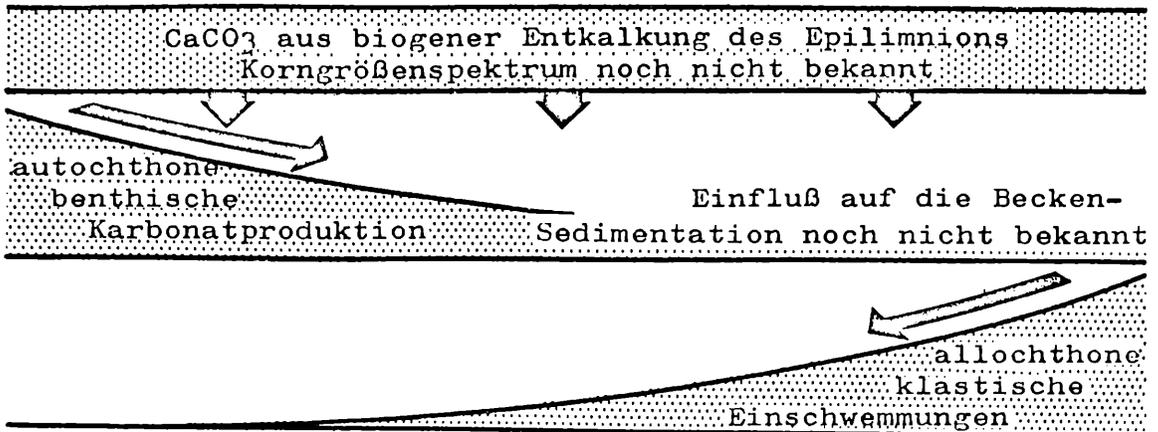


Abbildung 3: Schematische Darstellung der regional unterschiedlichen Einflüsse der sedimentliefernden Prozesse

Schematic representation of the regionally different influences of the sediment supplying processes

Drei Sedimentkerne sollen dieses Bild erläutern:

Kern AT 7 stammt vom Karbonatschelf aus 0,5 m Wassertiefe, Sedimente zwischen den Krustensteinen (Mergelkalk, Seekreide, 83 % CaCO₃)

Kern AT 1 stammt vom Schelfhang, 43 m Wassertiefe, offensichtlich noch beeinflusst vom Karbonatschelf (Seemergel, 60 % CaCO₃)

Kern AT 3 stammt aus dem tiefsten Punkt des Profils, aus 96 m Wassertiefe (toniger Mergel, 34 % CaCO₃)

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der sedimentgeologischen Analyse der Oberflächensedimente von AT 7, AT 3 und AT 1 sowie einer Algenkalkkruste, die mechanisch aufbereitet wurde (CaCO₃-Gehalt bestimmt mit der "Karbonat-Bombe" nach MÜLLER und GASTNER 1971).

Der Kern AT 7 stammt aus der unmittelbaren Umgebung der Krustensteine und setzt sich theoretisch überwiegend aus mechanisch aufbereiteten Krustenteilen zusammen.

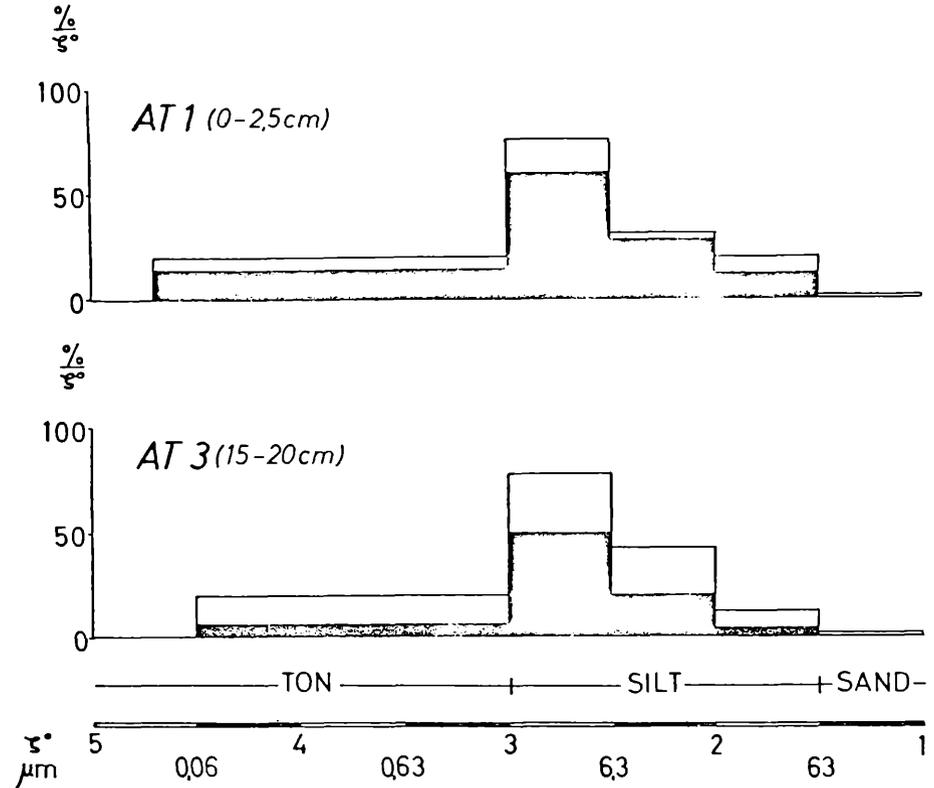
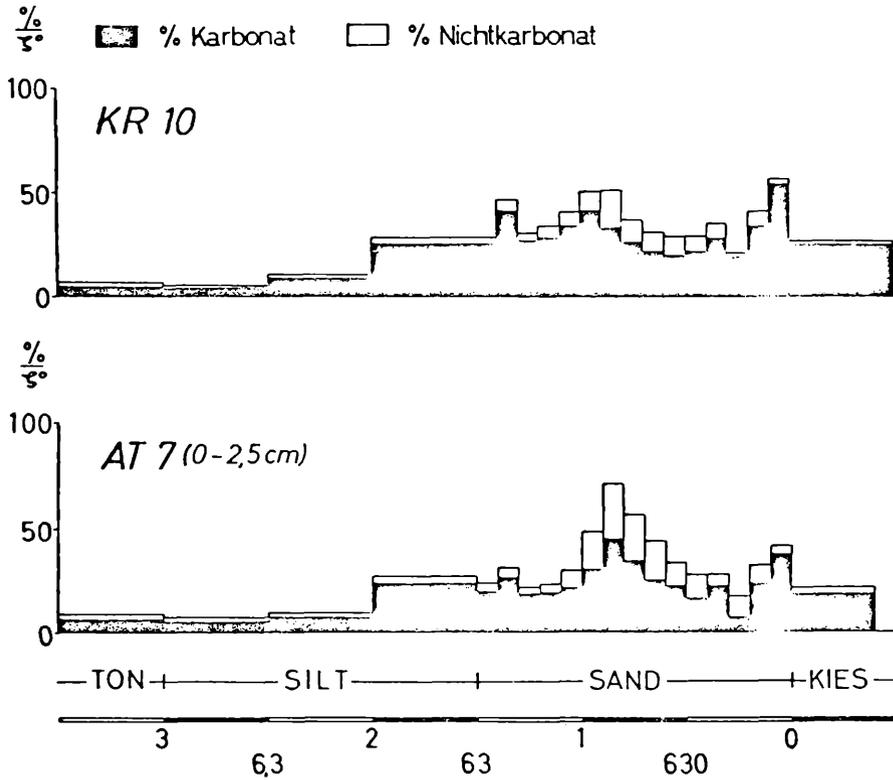


Abbildung 4: Sedimentgeologische Analyse von 3 Kernen (Oberflächensediment) und 1 Algenkalkkruste
 AT 7 Sediment zwischen Krustensteinen (0,5 m Wassertiefe)
 KR 10 "künstliches" Sediment aus dem Abrieb von Krustensteinen
 AT 1 Sediment vom Schelfabhang (43 m Wassertiefe)
 AT 3 Sediment vom tiefsten Entnahmepunkt im Becken (96 m Wassertiefe)

Sedimentological analysis of 3 sediment cores (surface sediments) and 1 calcareous algal crust
 AT 7 sediment among the "Krustensteine" (0,5 m depth)
 KR 10 "artificial" sediment from abrasion of crusts
 AT 1 sediment from shelf slope (43 m depth)
 AT 3 sediment from basin (96 m depth)

Um dies zu belegen, ist durch vorsichtiges Abbürsten von Krustensteinen ein "künstliches" Sediment (KR 10) erzeugt worden und die Korngrößen und Kornstrukturen wurden mit jenen aus AT 7 verglichen. Es zeigt sich eine deutliche Ähnlichkeit der beiden Sedimente; der Hauptanteil der Kornkollektive liegt im Bereich Grobsilt bis Kies mit einem Korngrößenmaximum im Mittelsandbereich.

Die Sedimente der Krustensteinzone sind also sehr wahrscheinlich zu einem Großteil aus der mechanischen Aufbereitung (Wellenschlag, Seegang) der vom Mikrophytal geschaffenen Karbonatkrusten erzeugt. Eine detaillierte Analyse der Strukturen des vom Mikrophytal erzeugten Karbonates und seines Zementationsgrades (Schizothrix, Calothrix, Rivularia etc. Siehe SCHNEIDER 1977) wird dieses Bild bestätigen oder differenzieren. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der ersten Untersuchungen an den Kernen AT 1 und AT 3.

Die beiden Kerne AT 1 und AT 3 zeigen im Oberflächensediment (und auch in tieferen Partien) ein deutliches Korngrößenmaximum im Feinsilt-Bereich. Sie unterscheiden sich damit eindeutig von den Sedimenten des Karbonat-schelfes.

Der zum Becken hin abnehmende Karbonatgehalt belegt den verstärkten Einfluß der allochthonen klastischen Einschwemmungen in das flyschnahe Becken (AT 3). In AT 1 ist der Einfluß der benthischen Karbonatproduktion bisher noch nicht sicher auflösbar.

Dr. Roland SCHMIDT (Limnologisches Institut Wien) führte dankenswerterweise einige Pollendatierungen an den Kernen AT 1 und AT 3 durch, welche die folgenden vorläufigen Ergebnisse brachten: In beiden Kernen liegt eine charakteristische Grenze zu Rodungsabschnitten

<u>AT 1</u>			<u>AT 3</u>				
Wassertiefe: 42,6 m			Wassertiefe: 96 m				
Kern ϕ : 56 mm			Kern ϕ : 36 mm				
Kernlänge: 100 cm			Kernlänge: 85 cm				
<u>Kurzbeschreibung</u>			<u>Kurzbeschreibung</u>				
0-1 cm: hell braungrau, oxidiert			0-11 cm: braungrau mit mm-dicken graugrünen Lagen				
1-45 cm: braungrau mit dunklen Schlieren			11-40 cm: braungrau, undeutliche Schichtung				
45-56 cm: braungrau, homogen			40-80 cm: braungrau mit dunkelgrauer Feinschichtung				
56-100 cm: braungrau, undeutliche Schichtung im cm-Bereich			80-85 cm: braungrau				
<u>Meßwerte (Auswahl)</u>							
Tiefe (cm)	pH	E_{Pt} (mV)	Tiefe (cm)	pH	E_{Pt} (mV)		
+0,5 (Wasser)	7,77	-	+3,5 (Wasser)	7,75	-		
-1,0	7,60	+263	-1,0	7,58	-283		
-3,5	7,46	-188	-3,0	7,43	-160		
-6,0	7,35	-312	-6,5	7,25	-180		
-13,5	7,38	-198	-14,0	7,07	-170		
-26,0	7,23	-160	-26,5	7,04	-160		
-46,0	7,08	-130	-44,0	7,02	-150		
<u>Analysenwerte der Sedimentproben (Auswahl)</u>							
Tiefe (cm)	Wassergehalt	CaCO ₃ -Gehalt	C _{org.}	Tiefe (cm)	Wassergehalt	CaCO ₃ -Gehalt	C _{org.}
0-2,5	67 %	60,9 %	2,2 %	0-4	62 %	34,3 %	1,7 %
20-22,5	62 %	60,3 %	1,9 %	15-20	66 %	45,3 %	1,7 %
44-46,5	61 %	51,3 %	1,8 %	40,5-41	58 %	31,4 %	1,7 %
72-74,5	59 %	67,3 %	2,1 %	41,5-42	64 %	43,9 %	1,9 %
97,5-100	53 %	-	1,9 %	64-64,5	59 %	58,3 %	2,1 %
				66,5-67	52 %	46,4 %	1,9 %
				68-69	56 %	60,6 %	1,8 %
				80-85	57 %	50,4 %	1,8 %

Die CaCO₃- und die C_{org.}- Bestimmungen erfolgten mit einem STRÖHLEIN-Coulomat 7012 nach HERRMANN & KNAKE (1973).

Tabelle 1: Ergebnisse der Untersuchungen an den Kernen AT 1 und AT 3

Results of analysis of AT 1 and AT 3

(starker Nicht- Baum- Pollen- Anstieg) in 50 cm Sedimenttiefe. Das bedeutet, daß die Sedimentationsrate bzw. das Verhältnis Sedimentation/ Erosion im Becken und am Schelfhang gleich groß ist.

Die Sedimente des Karbonatschelfes und die des Schelfabhanges bzw. des Beckens sind hinsichtlich ihres Korngrößenspektrums sehr deutlich unterscheidbar, ebenso auch bezüglich der Karbonatgehalte. Wieweit der Einfluß der benthischen Karbonatproduktion zum Becken hin reicht, wird sich allerdings nur aus der Untersuchung der einzelnen kritischen Fraktionen und deren Karbonatanteilen ableiten lassen.

4. Bezüge zum ÖEP, Projekt Salzkammergutseen

Ein umweltrelevanter Aspekt der Arbeiten liegt in der Bedeutung der in der Krustensteinzone enthaltenen Algen-Biomasse für die Sauerstoffversorgung der flachen Uferzonen.

Die Sauerstoffproduktion des Krustensteingürtels hat eine wohl nicht unerhebliche Bedeutung für die Wasserqualität der Litoralzonen. Die Voralpenseen sind sowohl als Erholungsgebiete (Badebetrieb) wie auch als Trinkwasserspeicher für die Zukunft von Bedeutung. Jede Störung des Krustensteingürtels etwa durch undichte Senkgruben von Uferanliegern oder durch Aufschüttungen von Uferpromenaden etc. kann daher nachhaltige Konsequenzen für die Erhaltung der Wasserqualität haben. Auch aus diesem Grund ist die Bearbeitung der Algenkrusten von Bedeutung.

5. Weitere geplante Arbeiten

Im März dieses Jahres wird in Zusammenarbeit mit Dr. Jens MÜLLER vom Lehrstuhl für Geologie der TU München

(Abteilung Sedimentforschung und Meeresgeologie, Doz. Dr. F. FABRICIUS) mit einem Sedimentechographen eine Aufnahme der Sedimente des Attersees auf mehreren Längs- und Querprofilen erfolgen. Die Ergebnisse werden Aufschluß darüber geben, wo eine ev. Probennahme von längeren Sedimentkernen sinnvoll bzw. lohnend ist, um über die Sedimentationsgeschichte des Attersees und damit über den historischen Aspekt des Karbonat-Kreislaufes genauere Ergebnisse zu erhalten.

Durch die Zusammenarbeit mit den Münchener Kollegen bestehen Bezüge zu deren Arbeiten an den bayerischen Voralpenseen (MÜLLER und SIGL 1977, MÜLLER et al. 1977). Um die Zonen des Makrophytals bzw. der Krustensteingürtel kartieren zu können, wird im März durch Doz. Lothar BECKEL (Bad Ischl) eine Befliegung des gesamten Attersee-Litorals erfolgen. Anhand der Luftbilder und der für den Sommer geplanten detaillierten Aufnahme von charakteristischen Schneisenprofilen im Sublitoral wird die Möglichkeit bestehen, die Kalkkrustenbildner quantitativ zu erfassen. Auf diese Weise könnte dann ermittelt werden, wie sich das Volumen des durch Kalkkrusten-, Onkoid- und Seekreidebildung erzeugten Karbonatmaterials auf den Sedimentationsraum vom flachen Sublitoral bis in das Beckentiefste verteilt.

Detaillierte hydrographische Messungen zur Frage der biogenen Kalkfällungsleistung der Krustensteine werden vierteljährlich durchgeführt werden, in speziellen Fällen in Zusammenarbeit mit Dr. Rudi MACHAN vom Zoologischen Institut der Universität Wien (Lehrkanzel für Meeresbiologie, Prof. Dr. Rupert RIEDL).

Die speziellen Untersuchungen über die Zusammensetzung des Mikrophytals der Krustensteine werden in Zusammenarbeit mit Dr. Edith KANN (Wien) durchgeführt.

Die sedimentgeologischen Arbeiten werden dankenswerterweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Az: Schn. 16/8) gefördert.

6. Literatur

- GOLUBIC S., W. KRUMBEIN und J. SCHNEIDER, 1979, The carbon cycle, In: TRUDINER J. A. and D. J. SWAINE (Ed., 1979), Biogeochemical cycling of mineralforming elements, Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 29 - 45
- HAEMPEL O., 1926, Zur Kenntnis einiger Alpenseen, IV, Der Attersee, Int. Rev. ges. Hydrobiol. 15, 5/6, 273 - 322
- HÄUSLER H. und H. SCHWARZBÜCK, 1970, Geologische Karte 1 : 50 000, Karte 12, Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Wasserbau - Hydrographischer Dienst, Ing. Konsulent Dr. techn. H. FLÜGL, Linz, Dezember 1969
- HERRMANN A. G. und D. KNAKE, 1973, Coulometrische Verfahren zur Bestimmung von Gesamt-, Carbonat- und Nichtcarbonat-Kohlenstoff in magmatischen, metamorphen und sedimentären Gesteinen, Z. Anal. Chem. 266, 196 - 201
- HERRMANN A. G., 1975, Praktikum der Gesteinsanalyse, Chemisch-instrumentelle Methoden zur Bestimmung der Hauptkomponenten, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- KANN E., 1941, Krustensteine in Seen, Arch. Hydrobiol. 37, 504 - 532
- KANN E., 1959, Die eulitorale Algenzone im Traunsee (Oberösterreich), Arch. Hydrobiol. 55, 2, 129 - 192
- MINDER L., 1922, Über biogene Entkalkung im Zürichsee, Verh. Int. Ver. Limnol. 1, 20
- MÜLLER German und M. GASTNER, 1971, The "Karbonat-Bombe", a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials, N. Jb. f. Mineralogie Mh. pp. 466 - 469
- MÜLLER Günter, 1977, Einführung, In: Atterseebericht 1977 pp. 1 - 9
- MÜLLER J., W. SIGL, G. MICHLER und SOMMERHOFF, 1977, Die Sedimentationsbedingungen im Ammersee - untersucht an den Sedimentkernen aus dem Delta-, Profundal- und Litoralbereich, Mittl. Geogr. Ges., München, 62, 75 - 88
- MÜLLER J. und W. SIGL, 1977, Morphologie und rezente Sedimentation des Ammersees, N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 154, 2, 155 - 185
- NEUHUBER F., 1976, Chemismus des Sees, In: Atterseebericht 1976, pp. 74 - 90
- PIA J., 1943, Die Kalkbildung durch Pflanzen, Beih. Bot. Zbl. 52, Abt A, 1, 1 - 72
- SCHÄFER A. and K. R. G. STAPF, 1978, Permian Saar-Nahe Basin and Recent Lake Constance (Germany): two environments of lacustrine algal carbonates, Spec. Publs. int. Ass. Sediment 2, 83 - 107
- SCHNEIDER J., 1977, Carbonate construction and decomposition by epilithic and endolithic micro-organisms in salt- and freshwater, In: FLÜGEL E. (Ed.) Fossil algae, Recent results and developments, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 248 - 260

- SCHNEIDER J., S. GOLUBIC and T. LE CHAMPION-ALSUMARD,
(in press), Processes of biokarst formation in fresh-
water and marine environments, Int. Seminar on
Palaeokarstic versus neokarstic processes and their
economic importance, Napoli, 30. bis 31. march 1978
- SCHÜTTLE M. and German MÜLLER, 1968, Recent carbonate
sedimentation in the Gnadensee (Lake Constance),
Germany, In: MÜLLER G. and FRIEDMAN G. (Ed.), Recent
developments in carbonate sedimentology in Central
Europe, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New
York, pp. 148 - 156

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Labor Weyregg](#)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: [3_1979](#)

Autor(en)/Author(s): Schröder Heinz-Gerd, Schneider Jürgen

Artikel/Article: [SEDIMENTGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM
KARBONAT - KREISLAUF UND ZUR SEDIMENTATIONSGESCHICHTE DES
ATTERSEES 229-242](#)