Download unter www.biologiezentrum.at

HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM KARBONATKREISLAUF DES ATTERSEES (SALZKAMMERGUT, ÖSTERREICH)

Heinz Gerd SCHRÖDER und Jürgen SCHNEIDER

1. Summary

Hydrochemical investigations in the carbonate cycle of the Attersee (Salzkammergut, Austria)

During 1978/79 water samples were taken in the litoral zone of the Attersee, in the open water column and one profile in the deeper part of the lake.
By measuring temperature, pH, Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{--}, Cl^{-}, O_2 contents and alkalinity it was possible to calculate and interpretate saturation ratios of calcite and oxygen, ΣCO_2, and partial pressure of CO_2.
The investigations led to the following results:

a. In the epi/hypolimnion of the lake biogenic decalcification takes place during summer when the second annual planctonic bloom has happened.
b. In deeper parts of the lake some of the solid calcium carbonate species is dissolved by influence of respiratory activity on the water chemistry.
c. In the shallow sublitoral area the production of benthonic micro-algal calcareous crusts changes the chemical composition of the sublitoral water column according to a diurnal cycle. Autochthonous carbonate sedimentation of the Attersee is part of an ecological process depending not only on physico - chemical reactions but also on the biogenic activities within the water of the lake.
A short discussion about inorganic and organic limnetic carbonates is given as appendix.

2. Einleitung und Problemstellung

In den Jahren 1978/79 wurden 287 Wasserproben von 3 Probenahmepunkten chemisch untersucht und ausgewertet unter der Fragestellung: Wie wirken sich chemische Zusammensetzung des Wassers und biogene Vorgänge im Wasserkörper auf den Karbonathaushalt und die damit verbundene Sedimentgenese im See aus?
Dieser übergeordnete Gesichtspunkt der Untersuchung kann in 3 Einzelaspekte unterteilt werden:

 download unter www.biologiezentrum.at

A. Chemismus des freien Wasserkörpers unter besonderer Berücksichtigung des Epi- und Metalimnions.

B. Chemismus des hypolimnischen Tiefenwassers.

C. Chemismus des seichten Litoralwasserkörpers.

Messpunkte:
Die Auswahl der Messpunkte entspricht der jeweiligen Fragestellung und wurde deshalb analog gegliedert (vgl. Abb. 1, S.237).

A. 30 m Station: 30 m Wassertiefe, Schelfhang, 1 km nordöstlich Litzlberg, ca. 150 m vom Ufer entfernt
   Probenahme: 13./14.09.78, 19./20.03.79, 9./10.06.79, 6./7.09.79, jeweils alle 4 Stunden
B. Tiefenprofil: 160 m Wassertiefe, Teilbecken zwischen Parschallen und Seeleiten, ca 1,5 km nördlich Seefeld, 500 m vom Ostufer des Attersees entfernt
   Probenahme: 22.08.79
C. Litoralstation: 0,5 m Wassertiefe, ufernahes Litoral, Krustensteinzone 1 km nordöstlich der Ortschaft Litzlberg
   Probenahme: 9./10.06.79, jeweils alle 2 Stunden.

Gemessene Parameter:
T, pH, Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+},K^{+}, SO_4^{--}, Cl^{-}, O_2, Alkalinität als $mHCO_3^{-}$. Daraus berechnete Werte: Sättigung Calcit (S_c), Sättigung O_2
ΣCO_2 ($=CO_3^{--} + HCO_3^{-} + H_2CO_3$), - log pCO_2 (CO_2 - Partialdruck)

download unter www.biologiezentrum.at

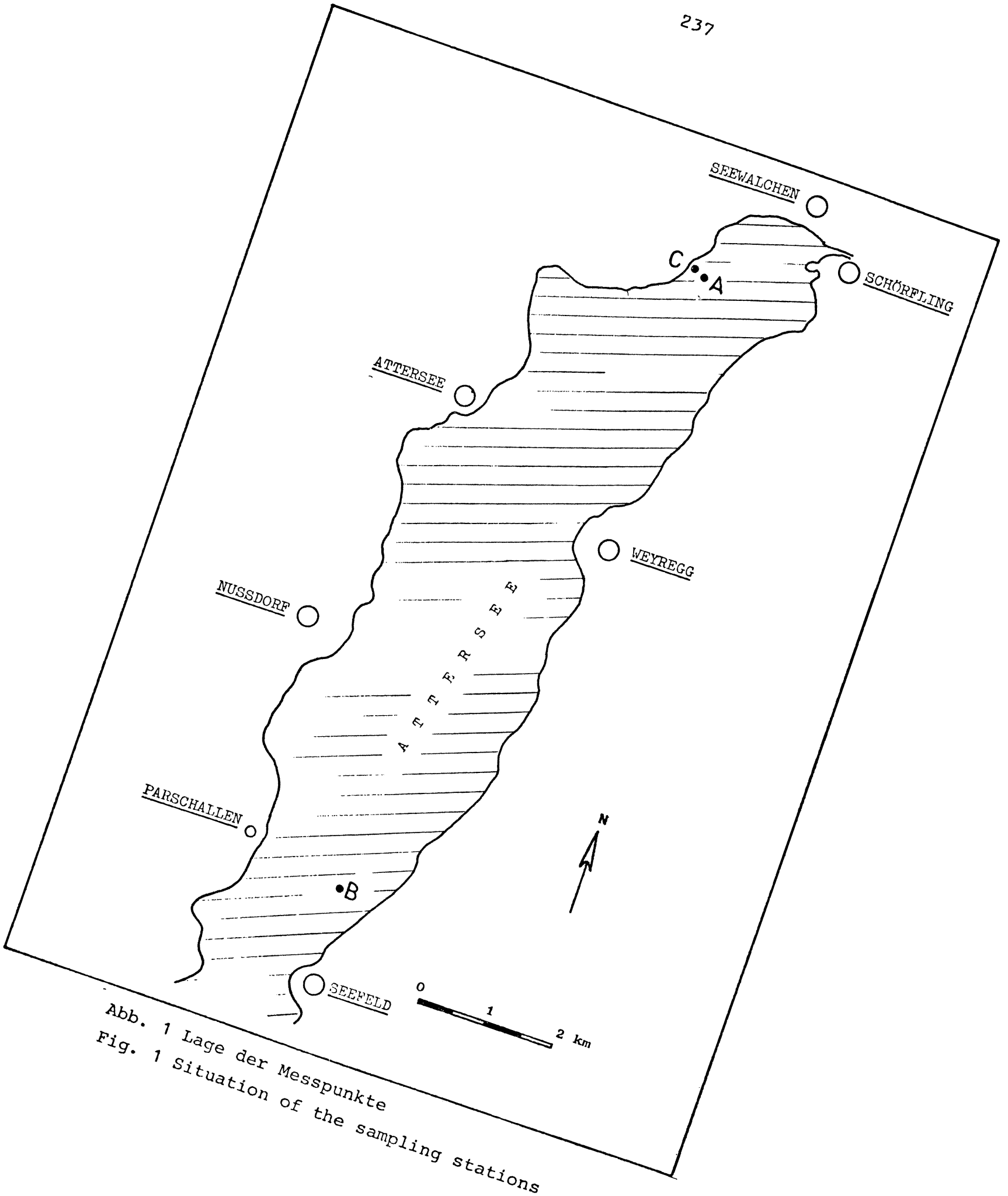


Abb. 1 Lage der Messpunkte
Fig. 1 Situation of the sampling stations

Download unter www.biologiezentrum.at

3. Methodik

3.1 Probenahme und Messungen

Probenahme: Wasserschöpfer nach RUTTNER (Hydrobios) Spezialpipette nach SCHNEIDER (1976), geeichte 50 ml Glasflaschen, 200 ml Polyäthylenflaschen

T-Messung: Braun - Tastotherm P 4, an Labor-Thermometer geeicht, Genauigkeit $\pm$ 0,1°C.

pH-Messung: Knick - Portamess 902/Elektroden: Ingold HA 450 Metrohm EA 121 3 e, Genauigkeit $\pm$ 0,03.

Ca^{++}/Mg^{++} - Bestimmung: Potentiographisch mit Metrohm Potentiograph E 436 (nach HERRMANN 1975, S. 126 ff.), Genauigkeit $\pm$ 2 %.

K^{+}/Na^{+} - Bestimmung: AAS (nach FISHMAN, M.J. et al. 1966), Genauigkeit $\pm$ 2 %.

Cl^{-} - Bestimmung: Titrimetrisch (nach MOHR, WINKLER, vgl. HÖLL 1970, S. 48 ff.), Genauigkeit $\pm$ 2 %.

SO_4^{--} - Bestimmung: Titrimetrisch (nach SIJDERIUS, vgl. HÖLL 1970, S. 58), Genauigkeit $\pm$ 3 %.

O_2 - Bestimmung: Titrimetrisch (nach WINKLER, vgl. GRASSHOFF 1976), Genauigkeit $\pm$ 2 %.

Alkalinität: Bestimmung des m und p - Wertes nach DEV (1979), Genauigkeit $\pm$ 2 %. Berechnet als $mHCO_3^{-}$.

Sättigung O_2: Sauerstoff-Sättigungswerte bezogen auf 760 mm Hg, höhenkorrigiert für Attersee nach MORTIMER (1956).

Temperatur- und pH Messungen wurden unmittelbar bei der Probenahme gemessen, Alkalinitäts-Bestimmung und Sauerstoff-Titration erfolgten im Anschluß an das Meßprogramm im ÖEP Labor in Weyregg. Die übrigen Parameter wurden in den Chemie-Labors des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Göttingen ca. 5-8 Tage nach der Probenahme analysiert. Die Wasserproben lagerten bis zur Bearbeitung kühl und dunkel in verschlossenen 200 ml Polyäthylen Flaschen.

3.2 Berechnung der Kalzit Sättigung (S_c), ΣCO_2 und des CO_2 Partialdruckes ($p\ CO_2$)

Die vorliegenden Sättigungsberechnungen wurden mit Hilfe eines Rechenprogramms mit einem Texas Instruments Rechner Typ SR 60 durchgeführt. Prof. Dr. E. USDOWSKI (Sedimentpetrographisches Institut der Universität Göttingen) stellte das von ihm ausgearbeitete Programm W 1 freundlicherweise zur Verfügung.

download unter www.biologiezentrum.at

Das folgende Fließschema (Abb. 2, S.240) veranschaulicht den Rechenablauf mit den zur Berechnung notwendigen Gleichungen. (Zu thermodynamischen Aspekten der Wasserchemie vgl. STUMM and MORGAN 1970; BERNER 1971).
Die Konstanten A und B (zur Berechnung der Aktivitätskoeffizienten) wurden von BERNER 1971 übernommen; log K_C nach JACOBSON and LANGMUIR 1974; log K_G nach MARSHALL and SLUSHER 1968; log K_O und log K_1 nach HARNED and DAVIES 1943; log K_2 nach HARNED and SCHOLES 1941.

Folgende Messwerte wurden als Mittelwerte für die Berechnung der Ionenaktivität eingesetzt (die Analysen erbrachten weder jahreszeitlich noch tageszeitlich bedingte Schwankungen): Mg^{++}: 7,0 ppm, Na^{+}: 2,3 ppm, K^{+}: 0,9 ppm, Cl^{-}: 6,7 ppm, SO_4^{--}: 4,8 ppm.

4. Ergebnisse

4.1 Durchschnittswerte der 30 m Station A

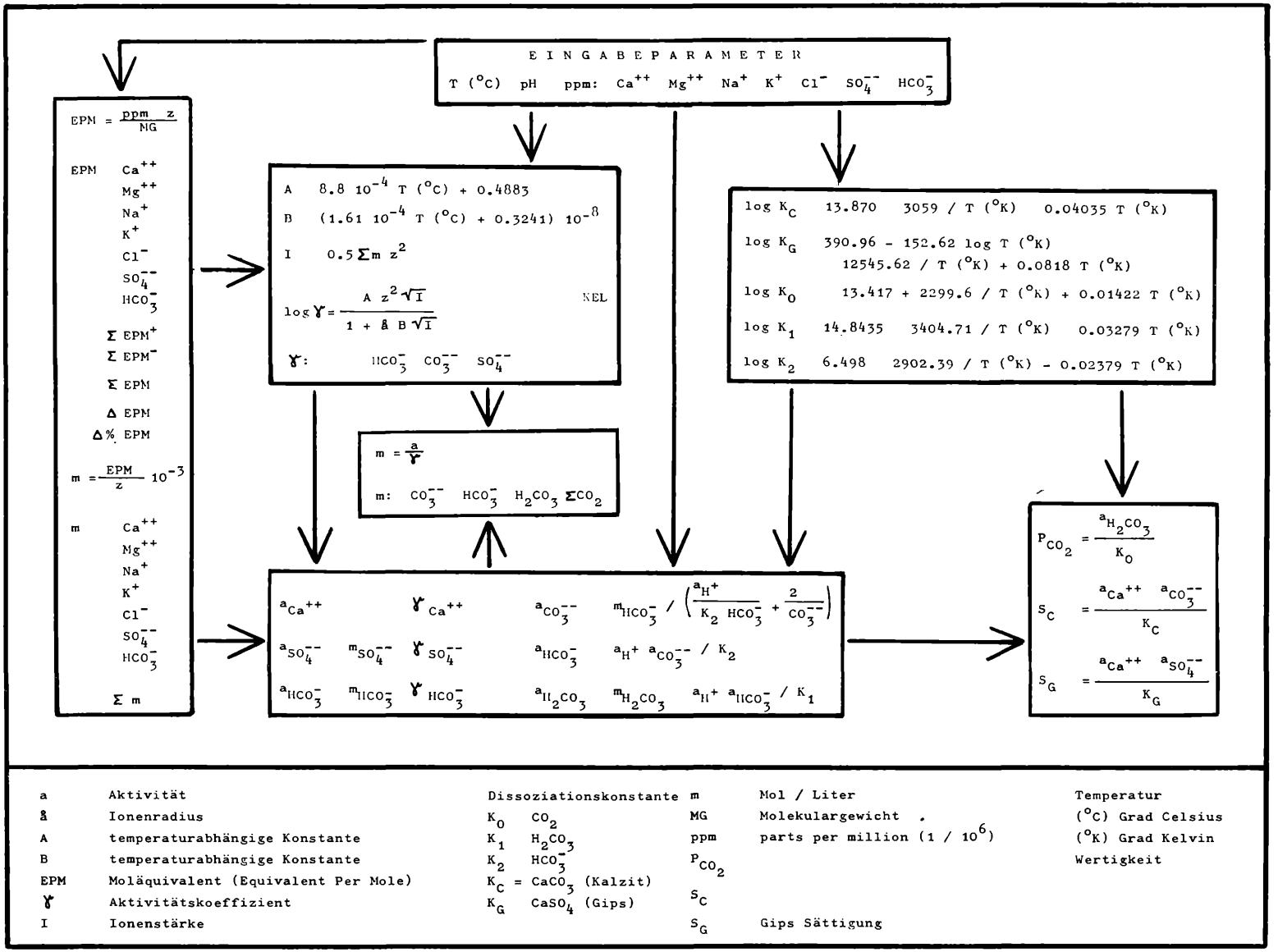
(vgl. Abb. 1, S.237)

Fragestellung: Wie wirken sich chemische Zusammensetzung und biogene Vorgänge im Wasserkörper auf die Sedimentgenese des Sees aus?

T: Bis auf die Meßreihe im März (Vollständige Durchmischung) zeigen die Temperaturprofile eine deutliche Thermokline, die im Sommer am ausgeprägtesten ist. Eine Einteilung des Wasserkörpers in Epi-, Meta- und Hypo-Limnion ist daher möglich (vgl. WETZEL 1975, S. 70).
Die niedrigste Temperatur wurde im März (3,4°C), die höchste im Juli (19,3°C) gemessen (vgl. Abb. 3, S.242).

pH: Entsprechend den Temperaturlinien verlaufen die pH-Profile. Der Einfluß des Temperatursprungs ist jedoch nur im September-Profil (1978) auffällig, ansonsten verlaufen die pH-Änderungen kontinuierlich, wobei die niedrigsten Werte im Sommer und Herbst an den tiefsten Bereich gebunden sind, und nur im Winter-Profil eine leichte pH-Abnahme zur Oberläche hin auftritt. (Mögliche Ursache: Verstärkte CO_2-Lösung an der Luft-Wasser-Grenze.) Die pH-Werte schwanken zwischen 7,9 und 8,5 (vgl. Abb. 3)

download unter www.biologiezentrum.at



a	Aktivität	Dissoziationskonstante		m	Mol / Liter
å	Ionenradius	K_0	CO_2	MG	Molekulargewicht
A	temperaturabhängige Konstante	K_1	H_2CO_3	ppm	parts per million ($1 / 10^6$)
B	temperaturabhängige Konstante	K_2	HCO_3^-	P_{CO_2}	
EPM	Moläquivalent (Equivalent Per Mole)	K_C	$CaCO_3$ (Kalzit)	S_C	
γ	Aktivitätskoeffizient	K_G	$CaSO_4$ (Gips)	S_G	Gips Sättigung
I	Ionenstärke				

Temperatur
(°C) Grad Celsius
(°K) Grad Kelvin
Wertigkeit

Abb. 2 Flußdiagramm des Rechenprogramms W 1

Fig. 2 Flow diagram of the calculating program W 1

 download unter www.biologiezentrum.at

Ca^{++}: Ausgehend vom März-Profil der vollständigen Wassermischung finden sich gleichverteilte Ca^{++}-Gehalte von 1,01 mmol/l bzw. 40,5 ppm. Dieser Zustand ist auch noch im Juli zu beobachten. Die beiden September-Profile hingegen zeigen signifikant niedrigere Werte des Ca^{++}-Gehaltes in den oberen 15 - 20 m von 0,15 mmol/l bzw. 6,0 ppm (dieser Wert entspricht einer Abnahme von ca. 16 % im Vergleich zum Tiefenwasser) (vgl. Abb. 4, S.243).

S_c: Vergleicht man die Sättigungswerte in Bezug auf Calcit ($CaCO_3$) mit den Ca-Gehalten, bietet sich folgendes Bild: Im März gleichförmiger Sättigungsverlauf (1,3 - 1,5), im Juni hohe Übersättigung in den obersten 10 m (bis 4,5), die sich in den September-Profilen wieder abbaut (vgl. Abb. 4, S.243).

O_2: Ausgehend von gleichförmiger O_2-Verteilung im März (0,375 mmol/l) zeigt das Juni-Profil an der Oberfläche geringere O_2-Werte (0,311 mmol/l), zwischen 10 und 15 m findet sich ein Maximum (0,41 mmol/l), das sich nach unten hin wieder reduziert. Die September-Profile weisen noch ein schwaches Maximum bei - 15 m (0,318 bzw. 0,346 mmol/l) auf, mit der Tendenz zu einer gleichförmigen Verteilung (vgl. Abb. 5, S.244).

Sättigung O_2: Bei den Profilen der O_2-Sättingungswerte ist der Temperatureffekt des Wassers mit berücksichtigt. Das März-Profil zeigt einheitlich 100 % Sättigung. Die Sättigungswerte der übrigen Profile verlaufen fast analog zu den absoluten O_2-Gehalten. Untersättigung tritt unterhalb - 15 m in dem geschichteten Wasserkörper auf. Maximale Sättigungswerte: im Juni zwischen 10 und 15 m Wassertiefe: 120-124 % (vgl. Abb. 5, S.244).

ΣCO_2: Während in den März- und Juni-Profilen fast gleichmäßige Verteilung vorliegt (2,5-2,6 mmol/l), zeigen die September-Profile eine klare Abnahme der ΣCO_2 auf 2,2 bzw. 2,28 mmol/l) oberhalb 16 bzw. 20 m Wassertiefe (um 14 bzw. 18 %) (vgl. Abb. 6,245).

pCO_2: Entsprechend den ΣCO_2-Werten verhält sich der CO_2-Partialdruck. Hier ist jedoch auch schon im Juni-Profil eine Zunahme mit der Tiefe zu beobachten (vgl. Abb. 6)

download unter www.biologiezentrum.at

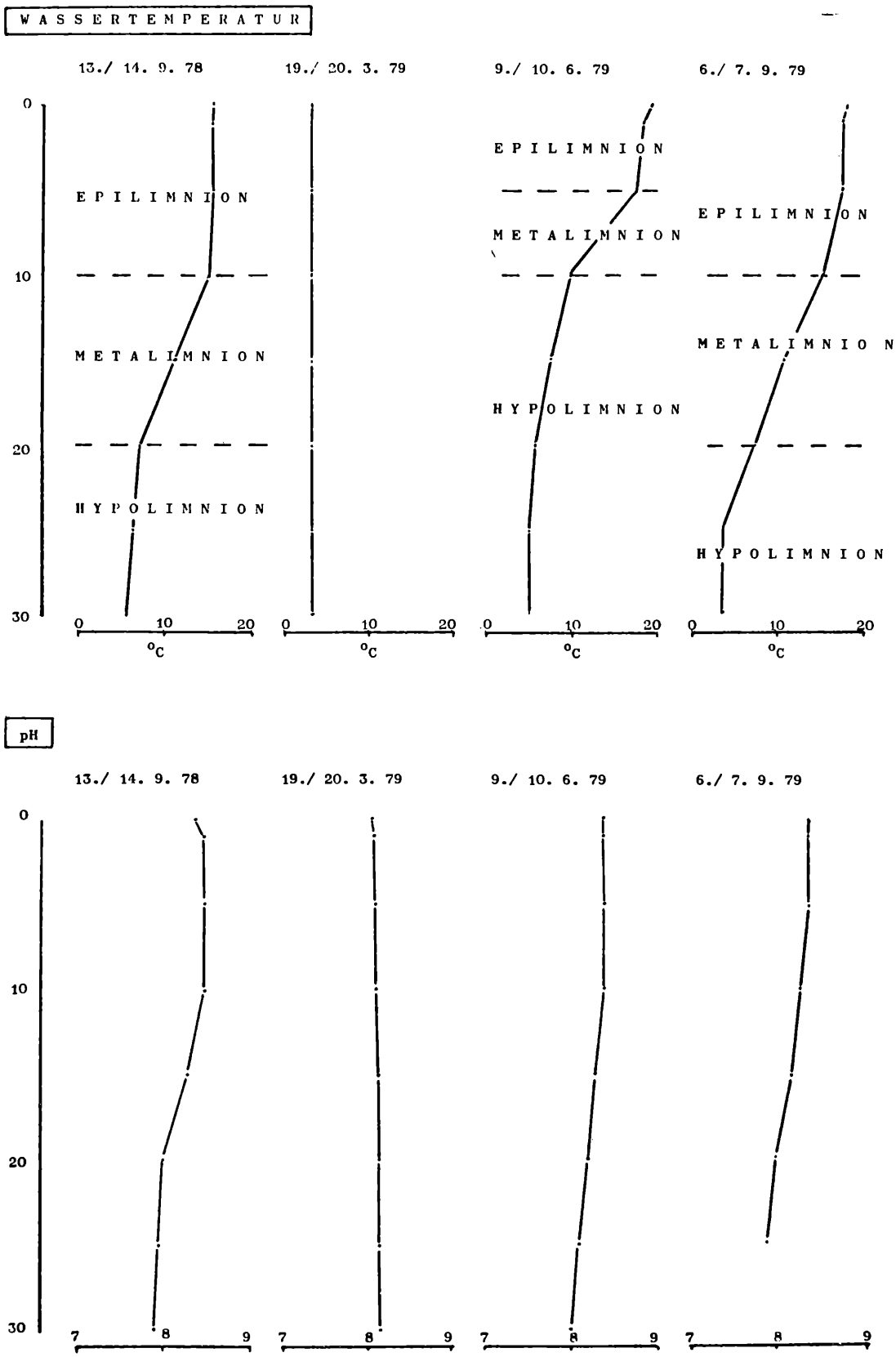


Abb. 3 Station A (T-, pH- Profile)

Fig. 3 Station A (T-, pH- profiles)

download unter www.biologiezentrum.at

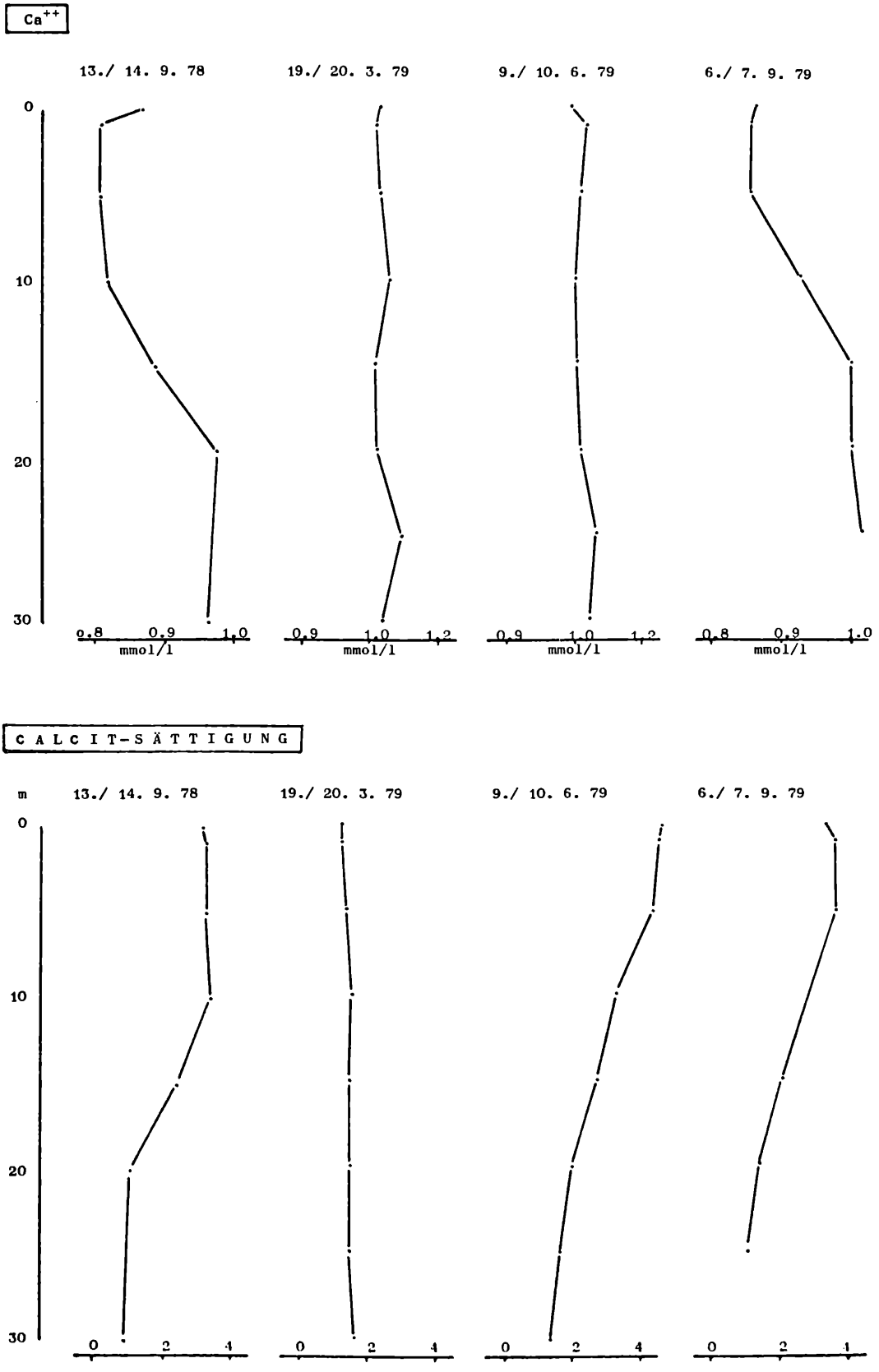


Abb. 4 Station A (Ca^{++}-, S_c- Profile)

Fig. 4 Station A (Ca^{++}-, S_c- profiles)

download unter www.biologiezentrum.at

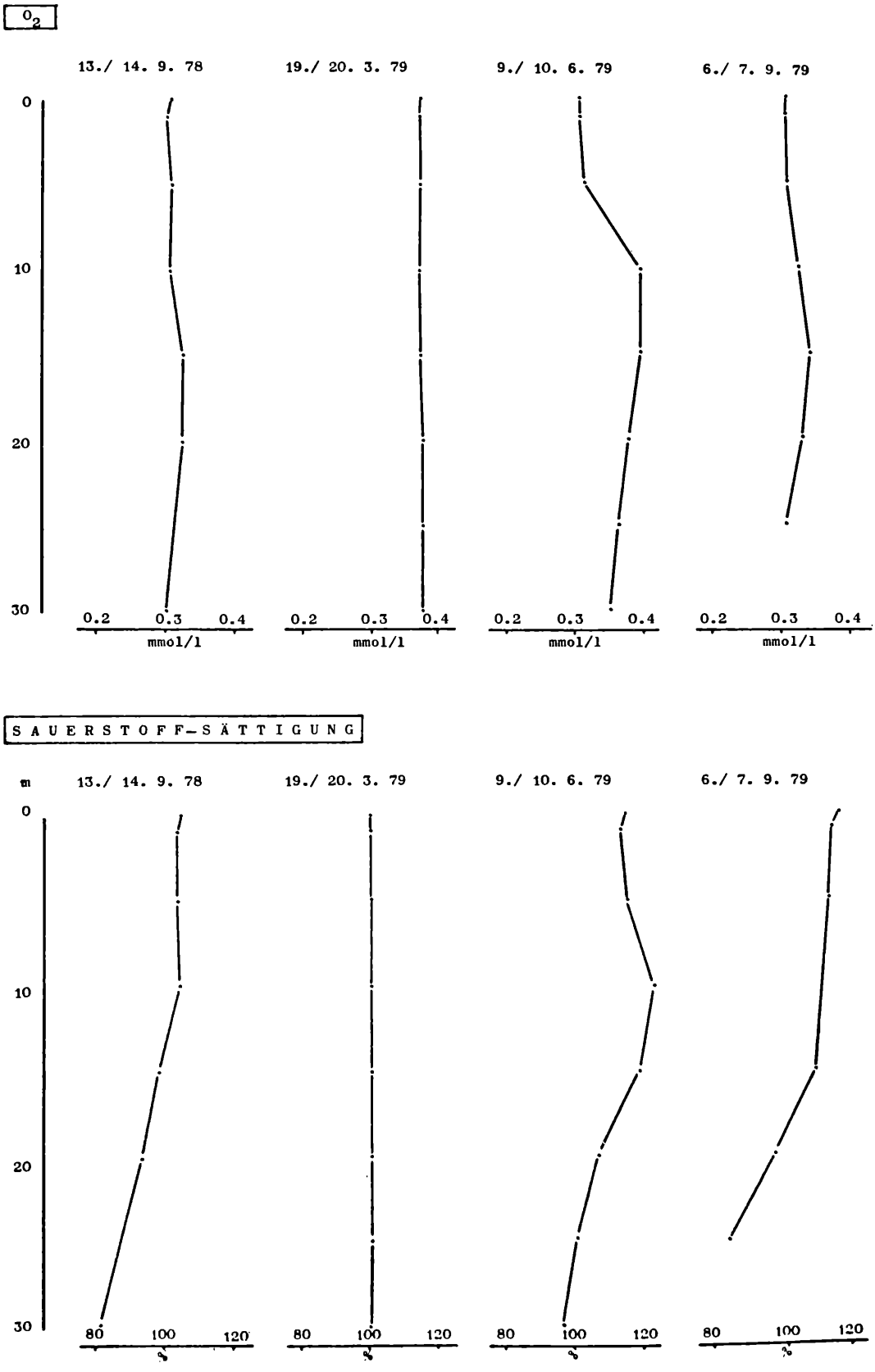
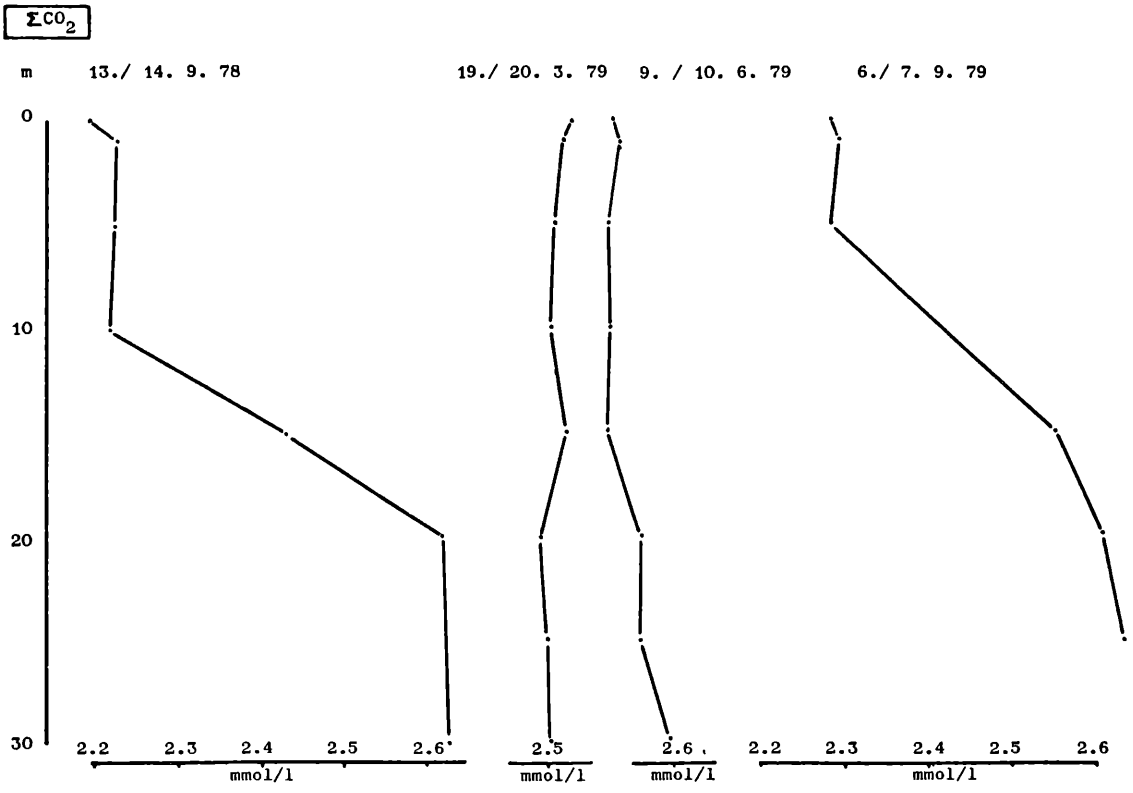


Abb. 5 Station A (O_2-, S O_2- Profile)

Fig. 5 Station A (O_2-, S O_2- profiles)

download unter www.biologiezentrum.at



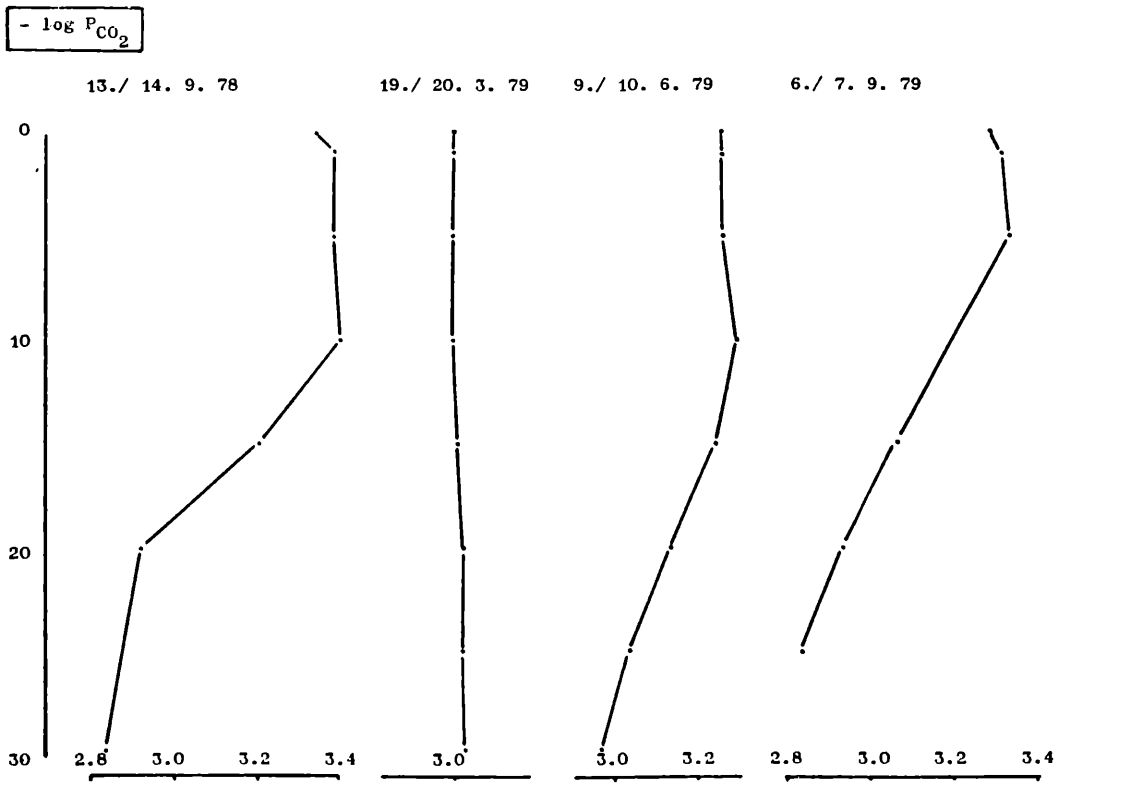


Abb. 6 Station A (ΣCO_2-, P CO_2- Profile)

Fig. 6 Station A (ΣCO_2-, P CO_2- profiles)

 download unter www.biologiezentrum.at

Schlußfolgerung:

Temperatur-, pH-, und hydrochemische Profile des Attersees entsprechen dem typischen Bild eines oligotrophen, kalkreichen Gewässers mit epilimnischer Entkalkung (vgl. WETZEL 1975, S. 126 ff., S. 174 ff.). Aus den Ca^{++} Werten bzw. den $CaCO_3$ Sättigungsberechnungen läßt sich ablesen, daß dem Wasserkörper in der Zeit zwischen Juni und September Ca^{++} Ionen entzogen werden, und - bezieht man die gleichzeitige Abnahme der ΣCO_2 mit ein - als $CaCO_3$ ausgefällt werden. Die im Juni auftretende 4,5 fache Sättigung in Bezug auf $CaCO_3$ (Calcit) (hohe Wassertemperatur, niedriger CO_2Partialdruck) reicht offensichtlich nicht aus, eine $CaCO_3$Fällung zu verursachen. Erst in Kombination mit der ab Juli/August auftretenden zweiten Planktonblüte (vgl. MÜLLER 1979, S. 153 ff.) fällt der Ca^{++}-Gehalt ab, d.h. die Entkalkung findet statt.
In Bezug auf die Sedimentgenese bedeutet dies: der Wasserkörper des Sees trägt durch seine Zusammensetzung und die biogen induzierten Fällungsreaktionen direkt zur Sedimentproduktion bei. (Zur Wasserchemie des Sees vgl. auch NEUHUBER 1976, NEUHUBER et al. 1978 und BROSSMANN et al. 1979)

4.2 Tiefenprofil B

(vgl. Abb. 1)

Das am 22.08.79 gemessene Tiefenprofil soll als Momentaufnahme den Chemismus eines tieferen Teilbeckens des Attersees beleuchten. Fragestellung:
Inwieweit beeinflußt die Wassertiefe (und die damit verbundenen physiko-chemischen sowie biologischen Parameter) das Karbonat-System?

T: Der Temperaturverlauf zeigt einen gut geschichteten Wasserkörper mit einer maximal 15°C betragenden Temperaturdifferenz.

pH: Der pH-Wert des Wassers ist an der Oberfläche am größten (8,85) und nimmt dann zur Tiefe hin kontinuierlich ab (bis 7,45).

Download unter www.biologiezentrum.at

pCO_2: Vergleicht man die pH Werte mit dem Verlauf der -log pCO_2 Kurve, so fällt die gute Parallelität beider Wertekurven auf. Man kann daraus schließen, daß das pH-Regime des Wasserkörpers im wesentlichen vom Karbonatsystem kontrolliert wird.

Ca^{++}: Der Gehalt an Ca^{++} Ionen geht im Epilimnion deutlich zurück (von 0,9 auf 0,77 mmol/l bzw. 36,1 auf 30,9 ppm) und steigt zum tieferen Hypolimnion hin wieder an (0,93 mmol/l bzw. 37,3 ppm).

S_C: Die Sättigungswerte für Calcit zeigen im Epi-und Metalimnion z.T. starke Übersättigung (5,76), die zur Tiefe hin kontinuierlich abnimmt, bei 30 m in Untersättigung übergeht und am Boden 0,3 fache Sättigung erreicht.

ΣCO_2: Die ΣCO_2-Kurve zeigt Ähnlichkeit mit den Ca^{++} Werten. Der ΣCO_2-Gehalt ist im Epilimnion mit 2,28 mmol/l am geringsten und steigt dann zum Beckentiefsten hin an (2,85 mmol/l).

O_2: Die höchsten O_2-Werte finden sich im Epi- und Metalimnion (0,345 - 0,372 mmol/l) und nehmen dann zur Tiefe hin ab.

S O_2: Die Sättigungswerte für O_2 nehmen von 122 % an der Oberfläche bis 74 % im unmittelbaren Bodenwasser ab (vgl. Abb. 7, S.248).

Schlußfolgerung

Im Epi/Metalimnion findet ein Entzug an Ca^{++}-Ionen mit gleichzeitigem Rückgang der ΣCO_2-Werte statt, d.h. Kalkausfällung. Die Sättigungswerte für Calcit sind in diesem Bereich am höchsten. Gleichzeitig steigen die Ca^{++}-Ionengehalte über dem Sedimentboden an, wie auch die ΣCO_2-Werte ansteigen; man kann diese Zunahme als Folge einer teilweisen $CaCO_3$-Auflösung verstehen, insbesondere wenn man die Untersättigung in Bezug auf Calcit im Tiefenwasser und den niedrigen pH mitberücksichtigt.

download unter www.biologiezentrum.at

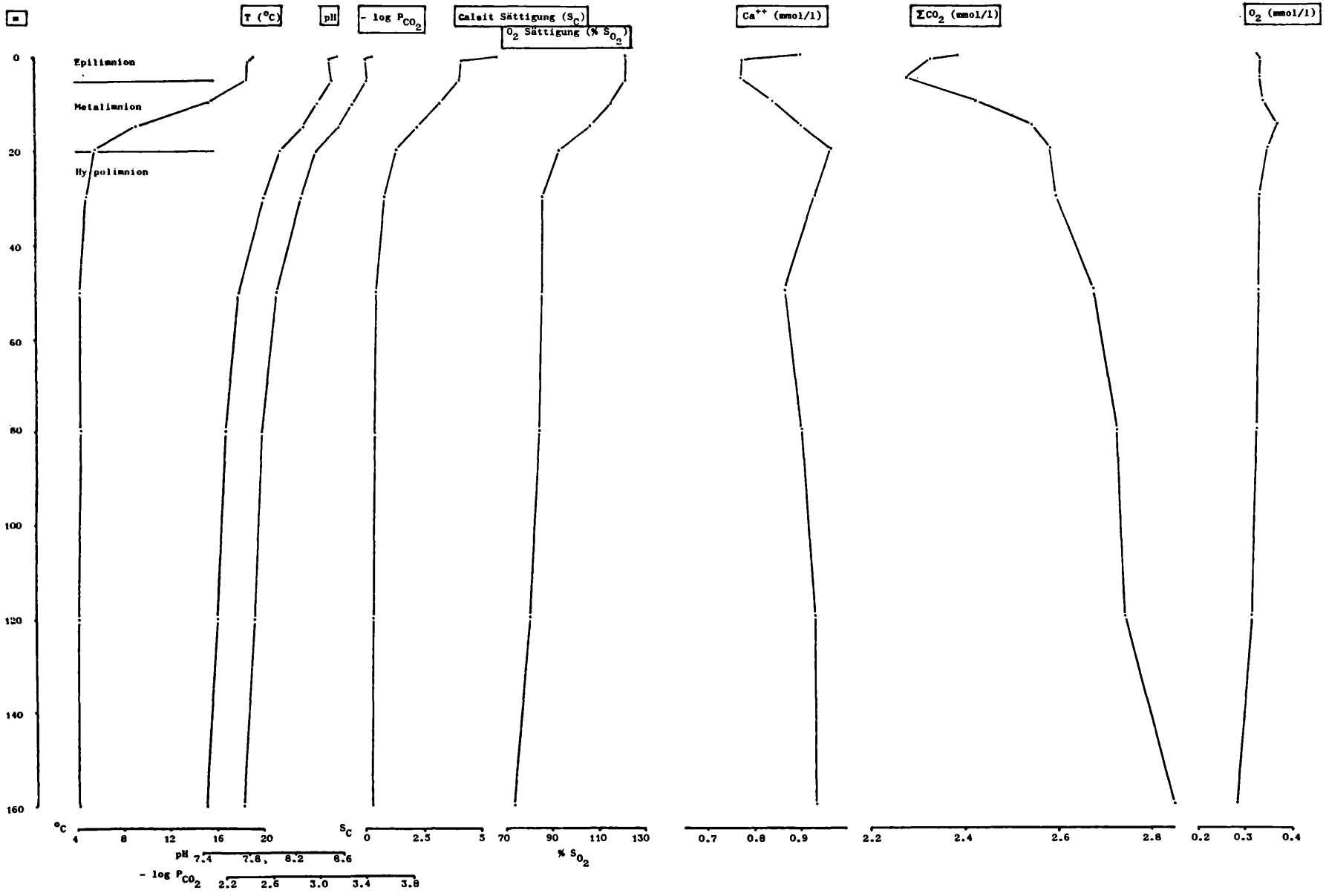


Abb. 7 Station B (T-, pH-, P CO_2-, S_c-, S O_2-, Ca^{++}-, ΣCO_2-, O_2- Profile)
Fig. 7 Station B (T-, pH-, P CO_2-, S_c-, S O_2-, Ca^{++}-, ΣCO_2-, O_2- profiles)

 download unter www.biologiezentrum.at

Deutung:
Im Sommer (August) erreicht die zweite Planktonblüte ihr Maximum. Daraus resultiert im Epi/Metalimnion eine höhere Produktion an Biomasse, die einerseits dem Oberflächenwasser CO_2 entzieht und dann das Karbonatsystem in Richtung auf $CaCO_3$-Fällung beeinflußt und andererseits dem Tiefenwasser tote organische Substanz zuführt, die ans Tiefenwasser via Benthosrespiration (vgl. NEW RKLA 1978, S. 209 ff.) CO_2 abgibt und damit Teile der vorhandenen Karbonatphase wieder auflöst.

4.3 24 Stunden Meßreihe Litoral (-0,5m) (vgl. Abb. 1)
24 Stunden Meßreihe Station A (-1m)

Fragestellung:
Nachweis einer biogenen benthischen Entkalkung im flachen (ca-0,5m) Litoralbereich anhand der Veränderungen des Wasserchemismus in Abhängigkeit vom Tag/Nacht Rhythmus

T: Der Temperaturverlauf weist nur geringe Schwankungen innerhalb von 24 Stunden auf. Die höchsten Tagestemperaturen liegen bei 21,6°C, die tiefsten Werte frühmorgens bei 17,5°C. Die Temperaturlinie der 30 m Station verläuft relativ monoton um 18°C (vgl. Abb. 8, S.251).

pH: Während der Nacht fällt der pH auf 8.13 und zeigt tagsüber Spitzenwerte von 8,41. Im offenen Wasserkörper sind keine signifikanten pH Schwankungen messbar; der pH Wert liegt bei 8,4 (vgl. Abb. 8, S.251).

Ca^{++}: Zu Beginn der Dunkelphase steigt der Ca-Gehalt des Litoralwassers von ursprünglich 0,96 mmol/l bzw. 38,5 ppm auf 1,01 mmol/l bzw. 40,5 ppm an und erreicht damit den einheitlichen Wert der 30 m Station. In der Hellphase verringert sich der Ca^{++}-Gehalt im Litoralwasser wieder auf 0,96 mmol/l bzw. 38,5 ppm (vgl. Abb. 9, S.252).

S_c: Analog zu den absoluten Ca^{++}-Gehalten verhält sich die $CaCO_3$ Sättigung: nahezu konstante Übersättigung im offenen Wasserkörper (4,5). Im Litoralbereich: abnehmende Sättigungswerte während der Nacht (2,2) und tagsüber wieder Anstieg auf 4,5 (vgl. Abb 9, S.252).

download unter www.biologiezentrum.at

O_2: Der Sauerstoffgehalt im Litoralwasser erreicht nachts mit 0,259 mmol/l seinen Tiefpunkt; tagsüber gibt es Spitzenwerte von 0,378 mmol/l. Demgegenüber verhalten sich die O_2Werte des offenen Wasserkörpers fast konstant mit Werten um 0,31 mmol/l.

S O_2: Der Verlauf der O_2Werte spiegelt sich in den Sättigungswerten wider. Litoral: In den Nachtstunden treten Untersättigungen bis 92 % auf, während die Spitzenwerte des Tages bei 142 % liegen. Die Sättigung des Wassers der 30 m Station beträgt rund 110 % (vgl. Abb. 8, S.251).

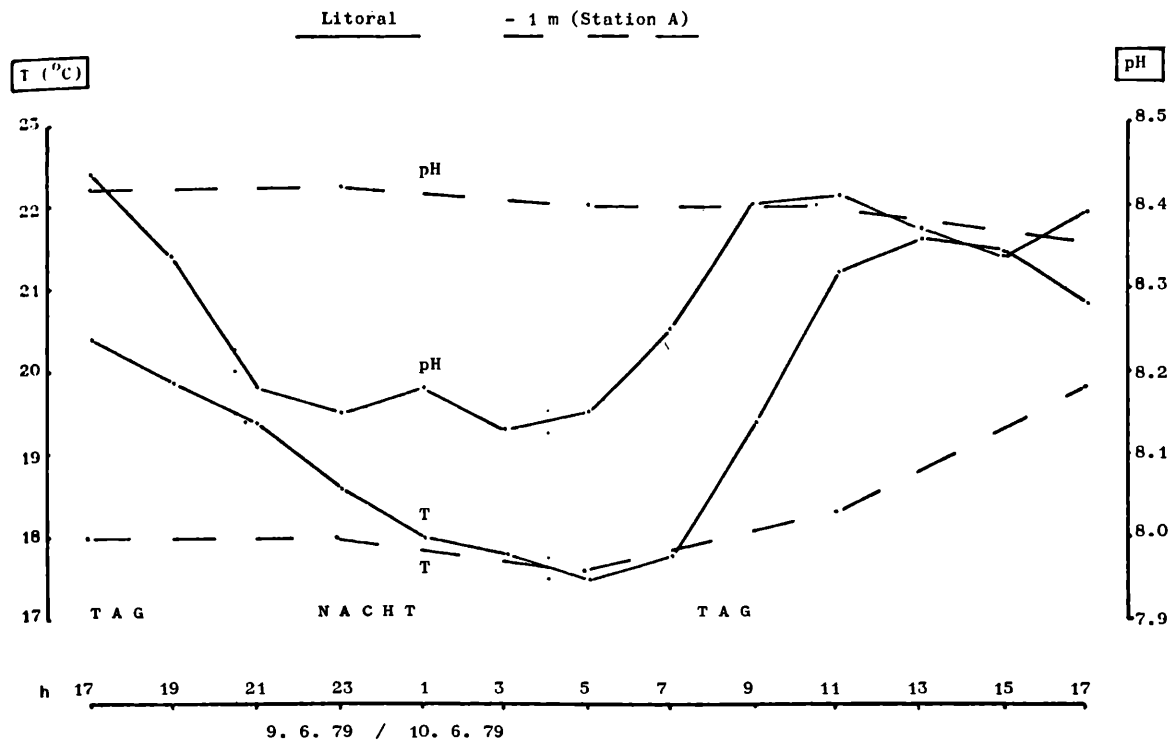
ΣCO_2: Im Litoralbereich beobachtet man einen Anstieg der ΣCO_2 auf 2,65 mmol/l in den frühen Morgenstunden, dem tagsüber ein Abfall bis auf 2,4 mmol/l folgt. Die Werte des offenen Wasserkörpers bewegen sich um 2,55 mmol/l (vgl. Abb. 9, S.252).

pCO_2: Der CO_2-Partialdruck steigt ebenfalls frühmorgens an ($- \log p\ CO_2 = 2{,}994$) und sinkt dann wieder ab ($- \log p\ CO_2 = 3{,}274$) (vgl. Abb. 8, S.251).
Die Werte der 30 m Station liegen bei 3,25. Bei beiden Meßstationen ist der CO_2-Partialdruck im Wasserkörper stets höher als der Atmosphärenwert von $10^{-3,5}$ atm (vgl. STUMM & MORGAN 1970, S. 126); daraus folgt, daß der Wasserkörper in bezug auf das CO_2-System stets übersättigt ist.

Schlußfolgerung:

Die hydrochemischen Parameter des Litoralwasserkörpers sind tageszeitlichen Schwankungen unterworfen, deren Ursache in biogen induzierten Prozessen zu sehen ist. Nachts, wenn sämtliche Organismen O_2 veratmen und CO_2 abgeben, findet man infolgedessen Sauerstoffschwund, ΣCO_2 Anstieg und damit verbunden einen Rückgang des pH-Wertes. Die Anteile gelöster Ca^{++}Ionen entsprechen dem Gesamtwasser-System. Mit Beginn der Photosynthese des benthischen Phytals (in erster Linie Mikrophytal auf Moränengeröllen - Krustensteine - und Onkoide, vgl. KANN 1941, SCHNEIDER 1977, SCHRÖDER & SCHNEIDER 1979,

download unter www.biologiezentrum.at



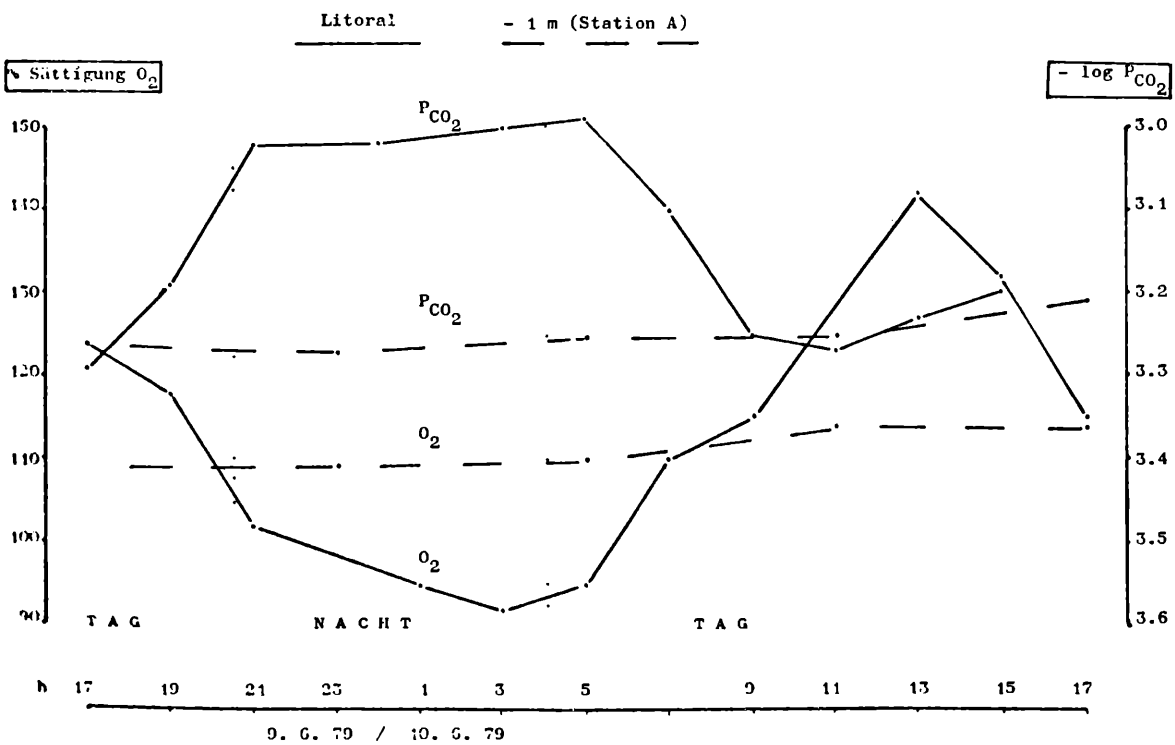
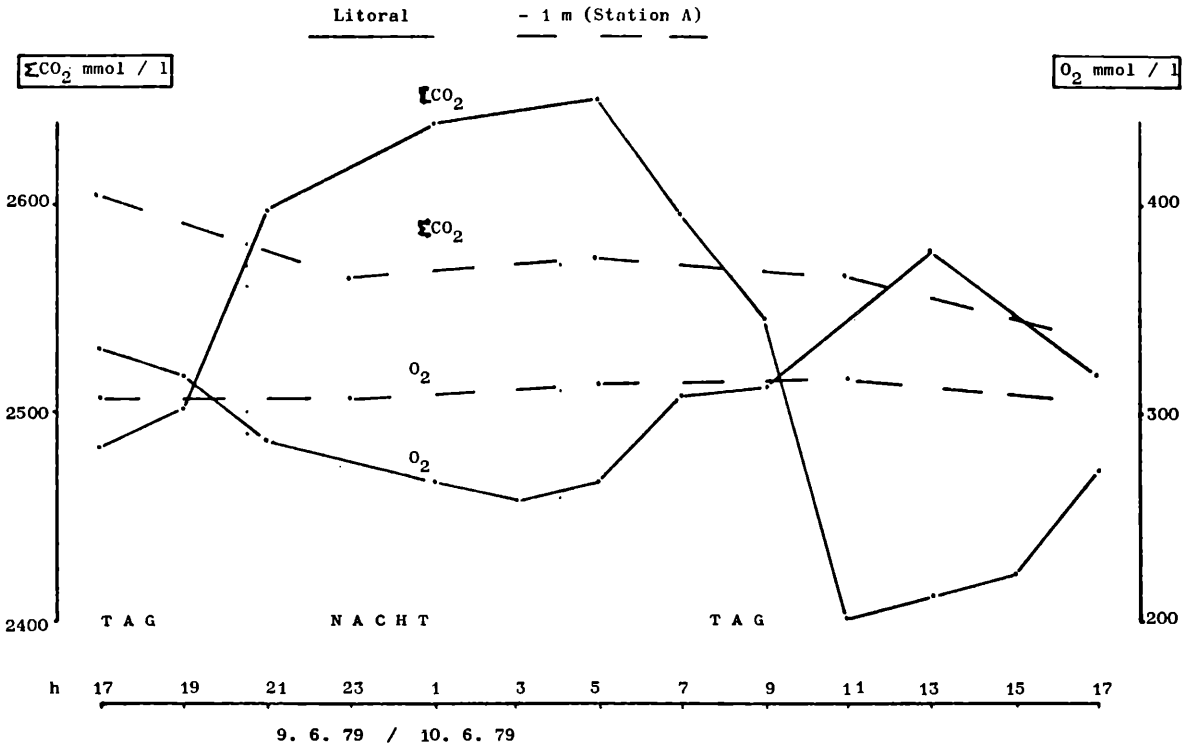


Abb. 8 Station C (T-, pH-, S O_2-, P CO_2- Profile)
Fig. 8 Station C (T-, pH-, S O_2-, P CO_2- profiles)

download unter www.biologiezentrum.at



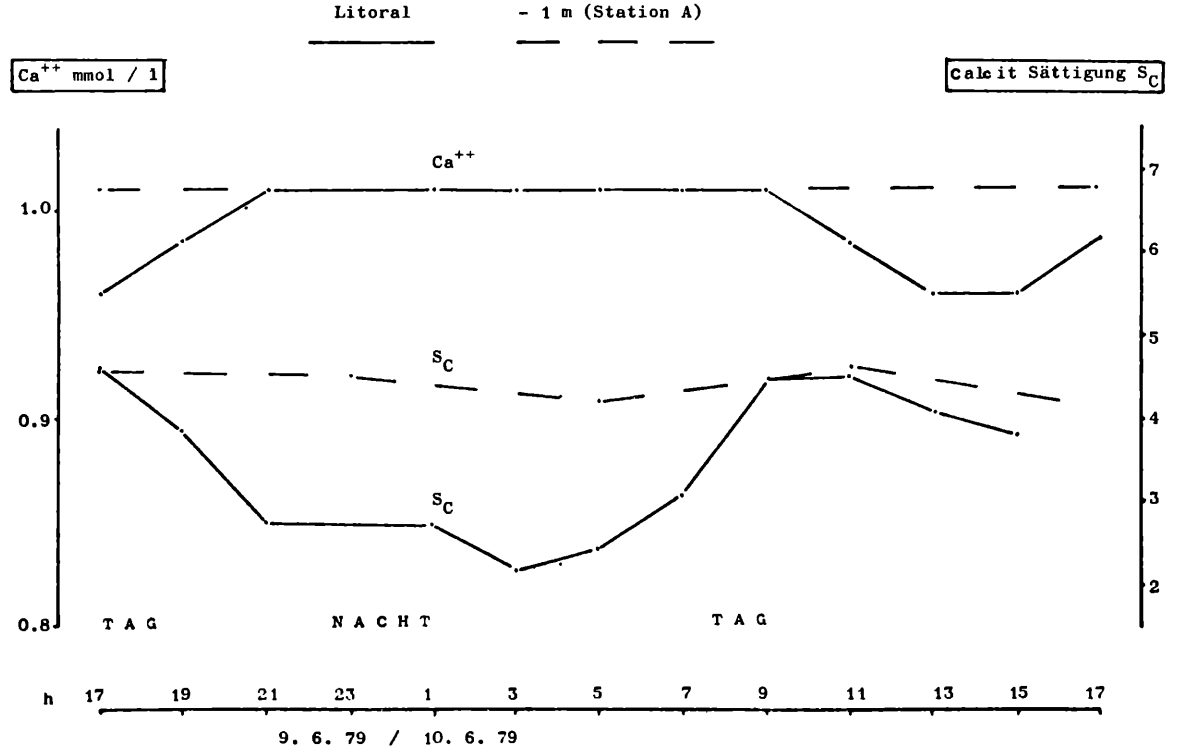


Abb. 9 Station C (ΣCO_2-, O_2-, Ca^{++}-, S_c- Profile)
Fig. 9 Station C (ΣCO_2-, O_2-, Ca^{++}-, S_c- profiles)

Download unter www.biologiezentrum.at

steigt der O_2 Gehalt merklich an, der ΣCO_2 Wert geht zurück und als wichtige Konsequenz für das Karbonatsystem verringert sich der Gehalt an gelösten Ca^{++}-Ionen proportional zur Abnahme der CO_2-Spezies. Mit anderen Worten: dem Wasserkörper wird Ca^{++} in Form von $CaCO_3$ entzogen, es kommt zur biogen induzierten Kalk-Krusten-Bildung im Litoralbereich.

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anhand von hydrochemischen Untersuchungen im Verlauf der Jahre 1978/79 konnte für den Karbonathaushalt des Attersees folgendes nachgewiesen werden:

1. Eine biogen induzierte epi/metalimnische Entkalkung während der sommerlichen Planktonblüte spiegelt sich im Chemismus des Wasserkörpers wider.
2. In größeren Wassertiefen kommt es zur teilweisen Auflösung von $CaCO_3$.
3. Im Litoralbereich findet biogene benthische Karbonatproduktion hauptsächlich durch Mikrophytal-Krusten statt.

Die autochthone Karbonatsedimentation im Attersee hängt als Teilprozeß eines komplexen Ökosystems unmittelbar von den biologischen Vorgängen in diesem Gewässer ab und ist nur im Zusammenwirken physikochemischer Parameter mit biogenen Prozessen zu deuten und zu verstehen.

5. Diskussion zur limnischen Karbonatgenese

Über den Einfluß biogener Vorgänge auf das Karbonatsystem und die damit verbundene Sedimentbildung finden sich unterschiedliche Beschreibungen in der Literatur (eine Übersicht geben KELTS und HSÜ 1978). NIPKOW 1920 und MINDER 1922 deuten die Kalkfällung des Zürichsees als biogene Entkalkung.

d unter www.biologiezentrum.at

STUMM und STUMM-ZOLLINGER 1968 erläutern den Zusammenhang zwischen pH-Änderungen und Photosynthese - bzw. Respirationsvorgängen und deren Auswirkung auf den Kalksättigungswert eines Wasserkörpers.

MÜLLER 1966, 1971, SCHÄFER 1973 und SCHÄFER & STAPF 1978 beschreiben biogene benthische Karbonatproduktion aus dem eutrophen Untersee des Bodensees.

ROSSKNECHT 1977 weist in seinen Untersuchungen biogene epi/metalimnische Entkalkung im oligotrophen Obersee des Bodensees nach, sowie eine teilweise Kalklösung in tieferen Wasserschichten.

Andererseits weisen BRUNSKILL 1969, JACOBSEN und USDOWSKI 1975 und USDOWSKI et al. 1979 rein anorganische Kalkfällung für einen See bzw. ein Fließgewässer nach.

KELTS und HSÜ 1978 schließlich berücksichtigen für den Zürichsee die Wichtigkeit der an die Temperatur gebundenen CO_2-Entgasung ebenso wie den CO_2-Entzug durch Photosynthese, ohne jedoch den einen oder anderen Faktor als dominant anzusehen.

Es stellt sich nun die Frage nach der möglichen Ursache, die einmal rein anorganische Kalkbildung in natürlichen Gewässern bewirkt und ein anderes Mal biogen gesteuerte Kalkfällung zur Folge hat.
Vergleicht man die Gewässer, in denen rein anorganische Kalkfällung beobachtet wurde, so fällt auf:
1. Es handelt sich um relativ kleine Wasserkörper mit im Vergleich zum Wasservolumen großer Oberfläche. (So beträgt z.B. das Verhältnis Oberfläche/Volumen beim Fayetteville Green Lake (vgl. BRUNSKILL, 1969) 0,07 beim Attersee jedoch nur 0,01. Der von JACOBSEN und USDOWSKI (1975) beschriebene Westerhöfer Bach in der Nähe von Göttingen läuft über mehrere Kaskaden und Wasserfälle, die erheblich zur Oberflächenvergrößerung der Wasserschicht beitragen.)

Download unter www.biologiezentrum.at

2. Der Gehalt an Ca^{++}-Ionen des Wassers ist hoch und entsprechend groß sind die in den Sommermonaten gemessenen Übersättigungen (Fayetteville Lake: 10,4 mmol Ca^{++}/l (416,8 ppm) bzw. 9,4 fache Sättigung; Westerhof: 3,5 mmol Ca^{++}/l (140,3 ppm) bzw. 14 fache Sättigung; vgl. Attersee: 0,96 mmol Ca^{++}/l (38,5 ppm) bzw. 4,7 fache Sättigung (Maximum im Litoral!))

Schlußfolgerung:

Anorganische Kalkfällung ist dann möglich, wenn die physikochemischen Bedingungen eines Gewässers extreme Sättigungswerte erlauben, d.h. im Fall der diskutierten Beispiele: große Wasseroberflächen, die eine intensive CO_2 Entgasung fördern und hohe Calciumgehalte als Voraussetzung für Übersättigung.

Im Falle des Attersees sind die Bedingungen für rein anorganische Kalkfällung nicht gegeben, so daß erst durch biogene Aktivität fällungsrelevante Sättigungskonzentrationen im Mikromilieu planktonischer bzw. benthonischer Algen auftreten, die dann nachweisbar ihren Anteil zur gesamten Sedimentbilanz beisteuern (vgl. SCHRÖDER und SCHNEIDER 1979).

Danksagung

Die Arbeiten wurden im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft dankenswerterweise geförderten Projektes durchgeführt (DFG Az.: Schn 16/8).
Einen Teil der chemischen Untersuchungen führten wir am Attersee im ÖEP - Labor Weyregg durch (Projektleiter: Dr. G. MÜLLER, Dr. O. MOOG). Für die Hilfsbereitschaft und Gastfreundschaft sagen wir an dieser Stelle unseren Dank.
Dr. J. PAUL und H. PETERS (Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Göttingen) unterstützten den analytischen Teil der Untersuchung durch technische Anleitung und zahlreiche kritische Diskussionen.
Prof. Dr. E. USDOWSKI (Sedimentpetrographisches Institut der Universität Göttingen) stellte sein Rechenprogramm W1 zur weiteren Auswertung der Analysen zur Verfügung und beteiligte sich intensiv an der Diskussion der Ergebnisse. Allen sei für ihre hilfreiche Unterstützung herzlich gedankt.

Download unter www.biologiezentrum.at

Literaturverzeichnis

BERNER, R.A., 1971, Principles of Chemical Sedimentology, McGraw-Hill Book Company, New York, 240 S.

BROSSMANN, H., NEUHUBER, F., ZAHRADNIK, P., 1979, Chemische Untersuchungen des Attersees 1978, Arb. Lab. Weyregg, 3, 131-152

BRUNSKILL, G.J., 1969, Fayetteville Green Lake, New York. II: Precipation and sedimentation of calcite in a meromictic lake with laminated sediments. Limnol. Oceanogr., 14 (6), 830-847

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV) 1979, (Hrsg. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker), 3. Aufl., 8. Lieferung 1979, Verlag Chemie, Weinheim

FISHMAN, M.J. and DOWNS, S.C., 1960, Methods for Analysis of Selected Metals in Water by Atomic Absorption, Geol. Survey Water Supply Paper 1540 C, 45 S.

GRASSHOFF, K., 1976, Methods of sea water analysis, Chemie Verlag Weinheim - New York, 317 S.

HARNED, H.S. and DAVIES, R., 1943, The ionization constant of carbonic acid in water and the solubility of carbon dioxide in water and aqueous salt solutions from 0 to 50°C, J. Am. Chem. Soc., 65, 2030-2037

HARNED, H.S. and SCHOLES, S.R., 1941, The ionization constant of HCO_3^- from 0 to 50°C, J. Am. Chem. Soc., 63, 1706-1709

HERRMANN, A.G., 1975, Praktikum der Gesteinsanalyse, Chemisch-instrumentelle Methoden zur Bestimmung der Hauptkomponenten, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 204 S.

HÖLL, K., 1970, Wasser - Untersuchung - Beurteilung - Aufbereitung - Chemie - Bakteriologie - Biologie. 5. Aufl., Verlag W. de Gruyter, Berlin, 473 S.

JACOBSON, R.L. and LANGMUIR, D., 1974, Dissociation constants of calcite and $CaHCO_3^+$ from 0 to 50°C, Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 301-318

JACOBSON, R.L. and USDOWSKI, H.E., 1975, Geochemical controls on a calcite precipitating spring. Contr. Mineral. Petrol., 51, 65-74

KANN, E., 1941, Krustensteine in Seen, Arch. Hydrobiol., 37, 504-532

KELTS, K. and HSÜ, K.J., 1978, Freshwater Carbonate Sedimentation. In: LERMAN, A. (Ed.): Lakes, Chemistry - Geology - Physics, Springer Verlag New York, 295-323

MARSHALL, W.L. and SLUSHER, R., 1968, Solubility to 200°C of Calcium Sulfate and Its Hydrates in Sea Water and Saline Water Concentrates, and Temperature-Concentration Limits, J. Chem. and Eng. Data, 13, 83-93

MINDER, L., 1922, Über biogene Entkalkung im Zürichsee, Verh. Int. Ver. Limnol., 1, 20-23

MORTIMER, C.H., 1956, The oxygen content of air-saturated fresh waters, and aids in calculating the percentage saturation, Mitt. int. Ver. Limnol., 6, 120 S.

MÜLLER, German, 1966, Die Sedimentbildung im Bodensee, Naturwissenschaften, 53, 237-247

Download unter www.biologiezentrum.at

MÜLLER, German, 1971, Sediments of Lake Constance. In Sedimentology of Parts of Central Europe, Guidebook, VII Int. Sed. Congress, Heidelberg, 237-252
MÜLLER, Günter, 1979, Das Phytoplankton des Attersees. In: MÜLLER, G. (Hrsg.): Jahresbericht 1978, Arb. Lab. Weyregg, 3, 153-164
NEUHUBER, F., 1976, Chemismus des Sees. In: Attersee-bericht 1976, 74-90
NEUHUBER, F., BROSSMANN, H., ZAHRADNIK, P., 1977, Chemismus des Sees. In: Atterseebericht 1977, 41-51
NEWRKLA, P., 1979, Benthosrespiration im Attersee. In: Atterseebericht 1978, 209-220
NIPKOW, F., 1920, Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee, Z. Hydrol., 1, 1-27
ROSSKNECHT, H., 1977, Zur Autochthonen Calcitfällung im Bodensee-Obersee, Arch. Hydrobiol., 81, 35-64
SCHÄFER, A., 1973, Zur Entstehung von Seekreide, N. Jahrb. Geol. Pal. Mh., 4, 216-230
SCHÄFER, A. and STAPF, R.G., 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, 1976, Biological and Inorganic Factors in the Destruction of Limestone Coasts, Contributions to Sedimentology, No. 6, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 112 S.
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, 248-260
SCHRÖDER, H.G. und SCHNEIDER, J., 1979, Sedimentgeologische Untersuchungen zum Karbonatkreislauf und zur Sedimentationsgeschichte des Attersees, Arb. Lab. Weyregg, 3, 229-242
STUMM, W. and STUMM-ZOLLINGER, E., 1968, Chemische Prozesse in natürlichen Gewässern, Chimia, 22, 325-337
STUMM, W. and MORGAN, J., 1970, Aquatic Chemistry, Wiley Interscience, New York, 583 S.
USDOWSKI, E., HOEFS, J. and MENSCHEL, G., 1979, Relationship between ^{13}C and ^{18}O Fractionation and Changes in Major Element Composition in a recent Calcite-depositing Spring - a Model of Chemical Variations with Inorganic $CaCO_3$ Precipitation, Earth and Planetary Science Letters, 42, 267-276
WETZEL, R.G., 1975, Limnology, W.B. Saunders, Philadelphia, PA., 743 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Arbeiten aus dem Labor Weyregg

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 4_1980

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

Artikel/Article: HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM KARBONATKREISLAUF DES ATTERSEES (SALZKAMMERGUT, ÖSTERREICH) 235-257