Mitt. POLLICHIA	68	129—136	4 Tab.	Bad Dürkheim/Pfalz 1980
				ISSN 0341—9665

Hans-Henning STABEL

Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare*+

Kurzfassung

STABEL, H.-H. (1980): Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 129—136, Bad Dürkheim/Pfalz.

Von Sedimentkernen einiger Eifelmaare wurden chemische Parameter (Trockensubstanz, Glühverlust, HCl-löslicher Anteil der Asche, Gesamt-Phosphat, Eisen und Mangan) bestimmt und mit denen anderer Binnenseesedimente verglichen. Die großen Unterschiede zwischen den Sedimenten verschiedener Maare und die starke Zunahme an organischer Substanz in den obersten Schichten wurden einer zunehmenden Eutrophierung der meisten Maare zugeschrieben. Im oligotrophen Weinfelder Maar sind nur 5,3% des Gesamt-P in organischer Verbindung festgelegt; in den eutrophen Maaren zwischen 16,3 und 21,6%. Die Zusammensetzung der organischen Sedimentanteile wurde mit einem Elementaranalysator ermittelt und die C_{org} : N : P_{org}-Relationen der organischen Substanz in den verschiedenen Sedimenttypen diskutiert.

Abstract

STABEL, H.-H. (1980): Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare (Chemical researches an the surface sediments of some Eifel Maars). — Mitt. POLLICHIA, **68:** 129—136, Bad Dürkheim/Pfalz.

Chemical data of sediment cores from several maar lakes in the Eifel (FRG) (dry weight, loss of ignition, HCl-soluble fractions of the ashes, total-P, iron manganese) werde compared to those of other lake sediments. The great differences between the sediments and the increase of organic matter in their upper layers were attributed to increasing eutrophication in most of the maar lakes. In the oligotrophic Weinfelden Maar, organic phosphorus comprised only 5,3% of total-P, whereas the organic fractions varied. The chemical constitution of the organic matter in the upper layers was evaluated by the use of an elemental analyzer, and C_{org} : N : P_{org}-relationship of the different types of sediments are discussed.

Résumé

STABEL, H.-H. (1980): Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare [Investigations chimiques sur les sédiments superficiels de quelques maars de l'Eifel]. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 129—136, Bad Dürkheim/Pfalz.

Les paramètres chimiques (poids sec, perte de combustion, part de la cendre soluble en HCl, phosphore total, fer et manganèse) furent mesurés dans des carottes de sédiments prises dans plusieurs maars de l'Eifel. Les sédiments sont comparés avec ceux d'autres lacs. Entre les sédiments des diverses maars il y avait de grandes différences de composition qui étaient attribuées

* Die Untersuchungen wurden am Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön/Holst. durchgeführt.
+ Der 68. Band der „Mitt. POLLICHIA" ist überwiegend den Maaren der Eifel gewidmet.

à l'eutrophication progressive de même qu'à l'augmentation considérable de matière organique dans les plus hautes couches. Dans le maar oligotrophique de Weinfeld il n'y a que 5,3% du phosphore total qui est fixé dans la matière organique; mais dans les maars eutrophiques 16,3% à 21,6% du phosphore est fixé. La composition de la portion organique des sédiments a été mesurée à l'aide d'un analysateur élémentaire. Les relations différentes de C_{org} : N : P_{org} dans les diverses types de sédiments sont discutées.

1. Einleitung

Die chemischen Untersuchungen UNGEMACHS (1960) an Sedimentkernen aus 40 limnologisch z. T. sehr unterschiedlichen europäischen Seen führten zu einer vorläufigen Klassifizierung der teils abiogen, teils biogeochemisch gebildeten Ablagerungen. Die Studie erstreckte sich jedoch vornehmlich auf norddeutsche Gewässer, die mit Seen der Alpenregion und einigen afrikanischen Gewässern verglichen wurden.

Die Seesedimente der niedersächsischen Flachseen werden durch den windinduzierten Wellengang ständig aufgewirbelt und stellen sowohl limnologisch als auch geologisch eine besondere Klasse dar (DAHMS 1972, WILLE et al. 1976 und POLTZ 1978). Weitere regional ebenfalls begrenzte Untersuchungen an Schwarzwaldseen (TESSENOW 1973 a und b, 1974, 1975 a und b) und an verschiedenen Stellen des Bodenseegebietes (MÜLLER 1963, 1966 a und b, und 1967 sowie von WAGNER 1968, 1971 und 1972) erweiterten die Kenntnisse des Chemismus der Seesedimente deutscher Gewässer. Dagegen lagen bisher keine Beschreibungen der chemischen Zusammensetzung rezenter Sedimente der Eifelmaare vor.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen an Sedimentkernen aus fünf Eifelmaaren dargestellt (Weinfelder Maar, Schalkenmehrener Maar, Gemündener Maar, Meerfelder Maar und Laacher See). Obwohl die untersuchten Gewässer z. T. sehr nahe beieinander liegen, unterscheiden sie sich erheblich in ihren limnologischen Charakteristika (Schichtungstyp, Trophiegrad, etc.; vgl. MATTERNE & SCHARF 1977 SCHARF & STABEL, dieser Bd.). Die Beschreibung der chemischen Zusammensetzung der obersten Sedimentschichten dient sowohl einem regionalen als auch einem überregionalen Vergleich und wird in Zusammenhang mit limnologischen Parametern diskutiert.

2. Material und Methoden

Die Sedimentkerne wurden stets mit einem Züllig-Schlammstecher mit Plastikrohr (3,5 cm Durchmesser) entnommen, und zwar bei den Dauner Maaren an Stellen der größten Wassertiefe (26. 5. 77). Aus dem Laacher See wurde ein Sedimentkern bei 38 m Tiefe (etwa 500 m nordöstl. vom Klosteranleger) entnommen (26. 5. 77).

Die Probe aus dem Meerfelder Maar (bei 18 m Wassertiefe) wurde am 6. 6. 1978 von Dr. SCHARF eingeholt.

Die Sedimentkerne wurden unmittelbar nach der Entnahme in etwa 5 cm starke Abschnitte unterteilt und in Plastikbeutel oder Glasflaschen verpackt.

Die Trockengewichtsbestimmung und die Bestimmung des Glühverlusts erfolgte wie bei UNGEMACH (1960) angegeben (105°C, 24 h und 530°C, 4 h). Der Glührückstand wurde mit 1n HCl auf dem Sandbad aufgeschlossen (Siedetemperatur, 8 h), der danach verbleibende Rückstand filtriert und nach Veraschung des Filters rückgewogen.

Das Filtrat wurde auf 100 ml aufgefüllt und daraus Phosphat und Eisen nach ALBRECHT & OVERBECK (1969) mit Hilfe des Technicon Auto Analyzers bestimmt. Gelöstes Mangan wurde nach der Methode von HENRIKSEN (1966) und von STUMM & MORGAN (1970) im Aufschluß bestimmt.

Nach der Methode von CHANG & JACKSON (1957), modifiziert durch GOLACHOWSKA (1978), wurden die Anteile der verschiedenen anorganischen Phosphorverbindungen im Sediment bestimmt (AL-P, Fe-P, Ca-P). Der organisch-gebundene Phosphor wurde nach METHA et al. (1954) bestimmt (vgl. BLUME et al. 1978).

Mit einem CHN-Elementaranalysator (Carlo Erba Science Modell 1106) wurde die Element-Zusammensetzung der organischen Substanz in den obersten Sedimentschichten bestimmt. Der organische Kohlenstoff wurde aus der Differenz zwischen Gesamt-Kohlenstoff und anorganischen Kohlenstoff errechnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die hier untersuchten Seen liegen in einer geochemisch recht einheitlichen Umgebung. Die Dauner Maare (Weinfelder, Schalkenmehrener und Gemündener Maar) sowie das Meerfelder Maar liegen im Unterdevon mit Einschaltungen von känozoischer, basaltischer Asche, Lapilli und Schlacken; der Laacher See ist von Bimssteintuff umgeben. Dennoch unterscheiden sich die Sedimentkerne der Gewässer erheblich in ihrem Habitus (Tab. 1) und in ihrem Chemismus (Tab. 2—4).

Tab. 1: Färbung der Sedimentkerne.

Tiefe cm	Schalkenm. Maar*	Weinfelder Maar	Gemündener Maar*	Meerfelder Maar	Laacher See
0 — 0,5	grüngelb	sandfarb.-braun	tiefschwarz	gelbbraun	tiefschwarz
0,5— 6	tiefschwarz	grau-braun	tiefschwarz	tiefschwarz	tiefschwarz
6 —12	tiefschwarz	grau-braun	tiefschwarz	tiefschwarz	tiefschwarz
12 —18	tiefschwarz	gelb-braun	tiefschwarz	tiefschwarz	braun-schwarz
18 —24	tiefschwarz	rotbraun	tiefschwarz	tiefschwarz	grau-schwarz
24 —33	tiefschwarz	—	—	braun-schwarz	—
33 —41	—	—	—	grau-schwarz	—
41 —47	—	—	—	braun-schwarz	—
47 —50	—	—	—	rötlich	—
50 —53	—	—	—	0,5 cm Warven (braun, schwarz, rötl. und grau-schwarz, abwechselnd)	—

* Bei diesen Sedimenten trat H_2S-Geruch auf.

Bei der Segmentierung der Probe aus dem Gemündener Maar fiel eine ungewöhnlich starke Gasblasenentwicklung innerhalb des Sedimentkerns auf. Dabei handelte es sich vermutlich um CO_2.

Die anorganisch-chemischen Parameter der verschiedenen Sedimente sind in Tab. 2 zusammengestellt. Mit einem Trockensubstanzanteil von 22,2% ist das Oberflächensediment (0—6 cm) des oligotrophen Weinfelder Maars als Mineralsediment anzu-

Tab. 2: Anorganisch-chemische Zusammensetzung der Eifelmaarsedimentkerne (FS = Frischgewicht, TS = Trockensubstanz).

Weinfelder Maar	TS (% d. FS)	Glühverl. (% d. TS)	HCl-lösl. (% d. TS)	Ges.-P (mg/g TS)	Fe (mg/g TS)	Mn (mg/g TS)
0— 6 cm	22,2	6,9	12,2	1,307	18,99	0,62
6—11 cm	24,6	11,4	23,0	0,879	26,08	0,88
11—16 cm	30,1	17,2	12,5	2,380	22,18	0,66
16—24 cm	37,8	16,9	16,3	1,949	52,14	1,28
24—34 cm	29,4	16,3	16,1	1,648	—	1,49
Schalkenmehrener Maar						
0— 6 cm	3,7	20,5	23,2	2,684	67,5	3,02
6—12 cm	12,3	12,5	16,9	1,839	47,02	2,33
12—20 cm	28,7	8,3	18,5	2,416	34,7	3,23
20—30 cm	25,8	10,9	16,8	2,052	39,41	1,61
Gemündener Maar						
0— 6 cm	4,8	26,5	25,5	3,173	64,12	2,02
6—12 cm	26,0	12,5	19.7	2,429	33,07	0,88
12—18 cm	29,5	15,1	20,9	2,596	32,53	0,91
18—24 cm	39,0	11,5	21,3	2,233	28,36	0,69
Meerfelder Maar						
0— 5 cm	3,6	44,1	27,1	1,559	—	2,61
5—10 cm	11,0	39,7	—	—	—	—
10—15 cm	9,6	24,6	26,5	5,732	—	4,83
15—20 cm	72,8	4,2	8,5	0,928	—	0,89
20—25 cm	76,1	6,7	5,9	0,710	—	0,69
25—30 cm	64,6	5,7	10,9	1,085	—	0,76
30—35 cm	67,7	5,7	9,0	2,441	—	1,09
Laacher See						
0— 6 cm	4,9	21,1	24,0	1,443	54,0	0,55
6—12 cm	14,7	13,9	26,6	1,706	44,5	0,91
12—18 cm	17,0	16,5	14,6	1,584	28,25	0,343
18—24 cm	18,8	14,1	20,4	2,631	34,75	0,31

sprechen, während alle anderen obersten Sedimentlagen sowohl von der Färbung als auch vom Trockensubstanzanteil her als Gyttjen gelten müssen. Der Übergang zu verhältnismäßig hohen Festsubstanzanteilen vollzieht sich bei den obersten Schichten (0—12 cm) des Schalkenmehrener Maars langsamer als in den benachbarten Gewässern. Ein Trockengewichtsanteil von 20—30% wird erst in den tieferen, diagenetisch fortgeschritteneren Sedimentlagen (etwa ab 12 cm) erreicht. Von dieser Tiefe an scheint die chemische Zusammensetzung der Sedimente aus den Dauner Maaren fast einheitlich zu sein.

Entsprechend einer hohen Produktion — verursacht durch Eutrophierung in jüngster Zeit — setzten sich in allen Maaren Oberflächensedimente mit relativ hohen organischen Anteilen ab. Eine Ausnahme ist das oligotrophe Weinfelder Maar: der ständige Kontakt der Sedimentoberfläche mit aerobem Seewasser führt zu einem weitgehenden Abbau der sedimentierten Materie (nur 6,9% Glühverlust).

Im Vertikalprofil des Meerfelder Sedimentkerns wurden die größten Veränderungen festgestellt. Über einem rein mineralischen Sediment mit Trockensubstanzanteilen zwischen 65 und 76% und sehr niedrigen organischen Anteilen (4—7%) lagerte sich ein etwa 15 cm mächtiges Sapropel mit einem Gehalt von 44,1% organischer Substanz ab. Diese Veränderungen im Chemismus weisen auf eine intensive Eutrophierung des Meerfelder Maars hin.

Vermutlich steht der drastische Anstieg der Eutrophierung im Zusammenhang mit einer Seespiegelabsenkung des Meerfelder Maars im Jahre 1890. Ohle (1972, 1973) leitet eine ,,rasante Eutrophierung'' aus einschneidenen Änderungen im Chemismus der Sedimentkerne des Großen Plöner Sees ab, hervorgerufen durch Seespiegeländerungen (in diesem Fall Anhebung des Seespiegels).

Die Eifelmaare haben — folgt man der Klassifizierung nach Ungemach (1960) — zunächst Mineralsedimente abgelagert, die mit dem Anstieg der Gewässerproduktivität mehr und mehr in Gyttjen übergingen. Im Folgenden sollen einige der anorganisch-chemischen Parameter (vgl. Tab. 2) mit denen anderer Seesedimente verglichen werden.

In den obersten Schichten der Bodenseesedimente schwanken die Fe-Anteile zwischen 1,5 und 2,5% der Trockensubstanz (Werle 1975). In einem Profilschnitt im Bodensee (von Friedrichshafen nach Frasnacht) entnommene Bohrkerne enthielten zwischen 0,2—1,6% Mn in der obersten Schicht (0—1 cm) mit Maxima an der tiefsten Stelle (Ostendorp 1977). Tessenow (1975) wies am Beispiel des Feldseesediments (Schwarzwald) nach, daß der Mn- und Fe-Gehalt vor allem von der Seetiefe, an der die Proben entnommen werden, abhängt. Er fand dort durchschnittlich 3—4% Fe, 0,07—0,08% Mn und 0,16—0,175 Gesamt-P in der Trockensubstanz. Im Plußseesediment (Schleswig-Holstein, bei Plön), einer Laub-Dy mit geringen Hinweisen auf Gyttjaanteile, fand Ungemach (1960) 2,6% Fe in der Trockensubstanz.

Sedimente aus der größten Tiefe der Dauner Maare enthalten demnach höhere Fe- und Mn-Anteile als die der zitierten anderen Seen (vgl. Tab. 2). Dieser Befund läßt sich vermutlich auf die geochemisch andere Zusammensetzung der Gesteine im Einzugsbereich der Maare zurückführen.

Die Eutrophierungserscheinungen in den verschiedenen Maaren lassen sich auch in den Gesamt-Phosphoranteilen ihrer obersten Sedimentlagen ablesen. Erwartungsgemäß wurden die niedrigsten P-Gehalte im Weinfelder Maar gefunden (0,13% der TS); dagegen wurde im Meerfelder Maar der höchste Wert gemessen (0,57% der TS). Zum Vergleich werden wiederum einige Gesamt-P-Werte aus anderen Seesedimenten

genannt: In Mineralsedimenten ermittelte UNGEMACH (1960) ungefähr 0,05% Gesamt-P/TS, in Humussedimenten zwischen 0,1 und 0,2% der TS. Diese Werte erscheinen etwas niedrig, z. B. fand WERLE (1975) 0,1—0,15% an der tiefsten Stelle des Bodensees und zwischen 0,1 und 0,28% bei 100 m Wassertiefe im gleichen Gewässer.

Die in Tab. 3 dargestellten prozentualen Anteile der Phosphorfraktionen geben erste Eindrücke der P-Bindung in den verschiedenen Sedimenttypen wieder.

Tab. 3: Phosphorfraktionen im Sediment der Eifelmaare (0—6 cm): in µg P/g TS.

	Al-P		Fe-P		Ca-P		Mineral-P		Org.-P	
	absol.	in %	absol.	in %	absol.	in %	absol.	in %	absol.	in %
Weinfelder Maar	38	2,9	620	47,4	580	44,4	1238	94,7	69	5,3
Schalkenm. Maar	26	1,0	1580	58,9	510	19,0	2120	87,8	564	21,2
Gemündener Maar	36	1,1	2160	68,1	460	14,5	2656	83,7	517	16,3
Laacher See	11	0,8	480	33,3	640	44,4	1131	78,4	312	21,6

In den eisenreichsten Sedimenten (Schalkenmehrener Maar und Gemündener Maar) ist auch der an Fe gebundene Anteil des Gesamtphosphors am höchsten. Die Ca-Phosphorfraktion war mit der Bindung des Phosphors in organischen Stoffen negativ korreliert.

Im reinen Mineralsediment des Weinfelder Maars sind relativ geringe Mengen des Gesamt-Phosphors in organischen Verbindungen festgelegt. Diese Fraktion steigt in den Schlämmen der eutrophierten Maare auf etwa 20% an.

Mit einem Verfahren nach WILLIAMS et al. (1971) zur Bestimmung der Phosphatfraktionen in kalkhaltigen Seesedimenten bestimmte WERLE (1975) die anorganisch gebundenen Phosphorgehalte und mit der Methode von LEGG & BLACK (1955) den organisch gebundenen Phosphor in verschiedenen Sedimentkernen aus dem Bodensee. Er fand nur geringe Schwankungen im Gehalt an organisch gebundenem Phosphor (20—30%) zwischen den einzelnen Kernen und kaum Abnahme innerhalb der Sedimentsäule. Die verwendete Methode ist jedoch nur bedingt mit der hier benutzten vergleichbar. Sehr hohe P_{org}-Gehalte fanden auch BLUME & RÖPER (1972) in den Sedimenten des Tegeler Sees.

In den obersten Schichten der Dy-Gyttja des eutrophen Plußsees schwankt der organisch gebundene Anteil des Sedimentphosphors zwischen 56,6 und 80,3% des Gesamt-Phosphors im Jahresverlauf (GOLACHOWSKA 1978).

Tab. 4: Zusammensetzung der organischen Anteile einiger Eifelmaarsedimente (in % der TS).

	C_{org}	N_{Ges}	H	P_{org}	Atomverhältnis C : N : P
Weinfelder Maar	5,86	0,61	1,41	0,0020	239 : 21 : 1
Schalkenm. Maar	10,4	1,21	1,99	0,0178	49 : 5 : 1
Gemündener Maar	12,99	1,27	2,17	0,0162	67 : 6 : 1
Laacher See	11,13	1,21	2,08	0,0097	95 : 9 : 1

Ob ein direkter Zusammenhang zwischen organischer Phosphorbindung und organischem Kohlenstoffanteil — verbunden mit zunehmender Eutrophierung — besteht, kann aufgrund der wenigen bisher vorliegenden Daten nicht abschließend beurteilt wer-

den, obwohl einzelne Ergebnisse darauf hinweisen. Hier müssen die Daten weiterer Untersuchungen an verschiedenen Gewässern mit einheitlicher Methodik abgewartet werden.

Die Umwandlungsprozesse des Primärsediments lassen sich auch an der Zusammensetzung der organischen Materie im Sediment ablesen (Tab. 4). Bei der Berechnung des Stickstoffgehalts wurde der Anteil des anorganischen (gelösten oder adsorbierten) Stickstoffs im Sediment nicht berücksichtigt. Bei fast konstanten C/N-Verhältnissen (11,3—9,8) schwankten die C/P-Verhältnisse der einzelnen Sedimente erheblich (vergl. Tab. 4). Geht man von einer stöchiometrischen C : N : P-Relation von 106 : 16 : 1 im Phytoplankton aus (UHLMANN 1975), so wird im oligotrophen Weinfelder Maar eine weitestgehende Remineralisation des organischen Kohlenstoffs erzielt. Die Sedimente der anderen Maare haben niedrigere C : P-Raten. Dies deutet darauf hin, daß in eutrophen Sedimenten mit Sauerstoffdefiziten an der Schlamm-Wasser-Kontaktzone der Abbau der organischen Materie verzögert verläuft und eine schlechtere Ausnutzung des in der organischen Substanz gebundenen Phosphors — unter Umständen sogar eine interne P-Limitierung — stattfindet.

Danksagung:

Frau Dr. J. B. Golachowska bestimmte freundlicherweise die in Tab. 3 angeführten anorganischen Phosphatfraktionen. Den Herren Prof. Dr. H. P. Blume und Prof. Dr. M. Tilzer danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literaturverzeichnis

ALBRECHT, D. & OVERBECK, J. (1969): Wasseranalysen in der Limnologie mit Hilfe des Technicon Auto Analyzers. — Technicon Wasserkolloquium, Sdnr. R 855: 1—15, Bad Nauheim.

BLUME, H.-P. & RÖPER, H.-P. (1972): Veränderungen hydromorpher Böden durch Überflutung und Uferinfiltration verschmutzter Gewässer. — Mitt. Deutsch. Bodenkundl. Ges., **16**: 272—279, Göttingen.

BLUME, H.-P, KEMPF, T., MULJADI, S., LACATUSU, R. & ANDRES, K. F. (1978): Bor- und Phosphordynamik Berliner Gewässer und deren ökologische Bedeutung. — Verh. Ges. Ökol., 1977: 323—330, Kiel.

CHANG, S. C. & JACKSON, M. L. (1957): Fractionation of soil phosphorus. — Soil Sci., **84**: 133—144, Baltimore.

DAHMS, E. (1972): Limnogeologische Untersuchungen im Dümmerbecken im Hinblick auf seine Bedeutung als Landschafts- und Naturschutzgebiet. — Diss. Berlin.

GOLACHOWSKA, J. B. (1979): Phosphorus forms and their seasonal changes in water and sediments of Lake Plußsee. — Arch. Hydrobiol., **86**: 217—241, Stuttgart.

HENRIKSEN, A. (1966): An automatic, modified formaldoxim method for determining low concentrations of maganese in water containing iron. — Analyst, **91**: 647—651, Cambridge.

LEGG, J. O. & BLACK, C. A. (1955): Determination of organic phosphorus in soils. II. Ignition method. — Proc. Soil. Sci. Am., **19**: 139—143, Madison.

MATTERNE, M. & SCHARF, B. W. (1977): Zur Eutrophierung und Restaurierung des Laacher Sees. — Arch. Hydrobiol., **80**: 506—518, Stuttgart.

MEHTA, N. C., LEGG, J. O., GORING, G. A. & BLACK, C. A. (1954): Determination of organic phosphorus in soils. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **18**: 221—232, Madison.

MÜLLER, G. (1963): Die rezenten Sedimente im Obersee des Bodensees. — Naturw., **50**: 550, Berlin.

— (1966 a): Die Verteilung von Eisenmonosulfid ($FeS \cdot nH_2O$) und organischer Substanz in den Sedimenten des Bodensees. — Ein Beitrag zur Frage der Eutrophierung des Bodensees. — gwf, **107**: 364—368, München.

— (1966 b): Die Sedimentbildung im Bodensee. — Naturw., **53**: 237—247, Berlin.
— (1967): Beziehungen zwischen Wasserkörper, Bodensediment und Organismen im Bodensee. — Naturw., **54**: 454—466, Berlin.

OHLE, W. (1972): Die Sedimente des Großen Plöner Sees als Dokumente der Zivilisation. — Jahrb. f. Heimatkunde, **2**: 7—27, Plön.
— (1973): Die rasante Eutrophierung des Großen Plöner Sees in frühgeschichtlicher Zeit. — Naturwiss., **73**: 47, Berlin.

OSTENDORP, W. (1977): Untersuchungen zum Mangangehalt der Sedimentoberschichten im Bodensee (Obersee, Gnadensee). — Diplomarbeit, Univers. Freiburg.

POLTZ, J. (1978): Untersuchungen an Sedimenten in niedersächsischen Flachseen. — I. Die Sedimente des Steinhuder Meeres. — Arch. Hydrobiol., **82**: 1—19, Stuttgart.

STUMM, W. & MORGAN, J. J. (1970): Aquatic Chemistry. — 583 S., New York, London, Sydney, Toronto (Wiley).

TESSENOW, U. (1973 a): Lösungs-, Diffusions- und Sorptionsprozesse in der Oberschicht von Seesedimenten. II. Rezente Akkumulation von Eisen-(II)-phosphat (Vivianit) im Sediment eines meromiktischen Moorsees (Ursee, Hochschwarzwald) durch postsedimentäre Verlagerungen. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **42**: 143—189, Stuttgart.
— (1973 b): Lösungs-, Diffusions- und Sorptionsprozesse in der Oberschicht von Seesedimenten III. Die chemischen und physikalischen Bedingungen im Sediment-Wasser-Übergangsbereich eines meromiktischen Moorsees (Ursee) als Voraussetzung zur Vivianitakkumulation. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **42**: 273—339, Stuttgart.
— (1974): . . . IV. Reaktionsmechanismen und Gleichgewichte im System Eisen-Mangan-Phosphat im Hinblick auf die Vivianitakkumulation im Ursee. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **47**: 1—79, Stuttgart.
— (1975 a): . . . V. Die Differenzierung der Profundalsedimente eines oligotrophen Bergsees (Feldsee, Hochschwarzwald) durch Sediment-Wasser-Wechselwirkungen. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **47**: 325—412, Stuttgart.
— (1975 b): Akkumulationsprozesse in der Maximaltiefe von Seen durch postsedimentäre Konzentrationswanderungen. — Verh. Intern. Verein. Limnol., **19**: 1251—1262, Stuttgart.

UHLMANN, D. (1975): Hydrobiologie. — 345 S., Jena (VEB. G. Fischer).

UNGEMACH, H. (1960): Sedimentchemismus und seine Beziehungen zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen. — Diss. Univers. Kiel.

WAGNER, G. (1968): Petrographische, mineralogische und chemische Untersuchungen an Sedimenten in den Deltabereichen von Schussen und Argen. — Schweiz. Z. Hydrol., **30**: 75—137, Basel.
— (1971): FeS-Konkretionen im Bodensee. — Intern. Rev. ges. Hydrobiol., **56**: 265—272, Berlin.
— (1972): Stratifikation der Sedimente und Sedimentationsrate im Bodensee. — Verh. Intern. Verein. Limnol., **18**: 475—481, Stuttgart.

WERLE, R. (1975): Gesamtphosphatgehalt und Phosphatfraktionen in der obersten Sedimentschicht des Bodensees sowie deren Beziehung zur Seetiefe und zum Redoxzustand. — Staatsexamensarbeit, Univers. Freiburg.

WILLE, W., DEMBKE, K. & POLTZ, J. (1976): Limnologische Untersuchungen des Steinhuder Meeres 1964—1971. — Mitt. NWA Hildesheim, **1**: 1—64, Hildesheim.

WILLIAMS, J. D. H., SYERS, J. K., HARRIS, R. F. & ARMSTRONG, D. E. (1971): Fractionation of inorganic phosphat in calcareous lake sediments. — Proc. Soil Sci. Soc. Am., **35**: 250—255, Madison.

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 25. 10. 1979)

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans-Henning Stabel, Limnologisches Institut d. Universität, Mainaustraße 212, D-7750 Konstanz-Egg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Stabel Hans-Henning

Artikel/Article: Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare 129-136