PRIVATE LIBRARY
OF WILLIAM L. PETERS

Sonderabdruck aus
SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR HYDROLOGIE
BIRKHÄUSER VERLAG BASEL
Vol. 35 1973 Fasc. 1

Untersuchungen über die Bodenfauna des Litorals im eutrophierenden Sempachersee

Von PETER PERRET

Zoologische Anstalt der Universität Basel

Manuskript eingegangen am 1. Juni 1973

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung . . . 70
2. Problemstellung . . . 71
3. Methodik . . . 71
3.1 *Biologische Untersuchungsmethoden* . . . 72
3.2 *Physikalische Bestimmungsmethoden* . . . 73
3.3 *Chemische Analysenmethoden* . . . 73
4. Seeuntersuchungen . . . 74
4.1 *Lage und hydrographische Verhältnisse des Sempachersees* . . . 74
4.2 *Physikalische Untersuchungen* . . . 74
4.21 Temperatur . . . 74
4.22 Sichttiefe . . . 75
4.23 Wasserfarbe . . . 77
4.3 *Chemische Untersuchungen* . . . 77
4.31 Sauerstoff . . . 77
4.32 Stickstoff . . . 80
4.33 Phosphat . . . 80
4.34 Gelöste organische Phosphorverbindungen . . . 80
4.35 Geformter oder partikulärer Phosphor . . . 83
4.36 Gesamtphosphor . . . 86
4.37 Kieselsäure . . . 87
4.38 Säurebindungsvermögen–Karbonathärte . . . 87
4.4 *Biologische Untersuchungen* . . . 87
4.41 Morphologie des Litorals . . . 87
4.42 Der benthische Pflanzenbewuchs . . . 89
4.43 Ergebnisse der biologischen Untersuchungen . . . 89
5. Diskussion . . . 110
6. Zusammenfassung . . . 111
Literaturverzeichnis . . . 112

ABSTRACT

The Sempachersee (Switzerland), a facultatively oligomictic lake with visibility measuring according to Secchi of between 1.3 m and 12.9 m, is characterized by an oxygen minimum of 4 mg O_2/l in the metalimnion in autumn and an almost total lack of oxygen in the greatest depths of the lake. Phosphate-phosphorus is used up in the trophogenic zone and is found in quantities of between 20 and 24 μg/l during the overturn period. Nitrate-nitrogen concentrations of between 0.55 and 0.6 mg/l are also present during overturn. Phanerogamic growth along the shore is sparse; the variety of animal species as well as the respective number of organisms are limited although the reason for this has not been determined.

1. Einleitung

Der Sempachersee, ein See des schweizerischen Mittellandes im Kanton Luzern, ist erst in wenigen Publikationen erwähnt. Im Jahre 1894 untersuchte HEUSCHER [1] als erster den Sempachersee. Sein Hauptinteresse galt den Fischereiverhältnissen, wobei eine allgemeine Beschreibung des Sees diese Untersuchungen abrundet. Bemerkenswert dabei ist, dass Heuscher von einer grossen Armut an Wasserpflanzen spricht. So fand er keinen einzigen Vertreter der Laichkräuter (Potamogetonaceae).

1922 verfassten BACHMANN und HOTZ [2] ein Gutachten über die mutmasslichen Folgen einer Absenkung des Sempachersees. Bachmann erwähnt dabei auch den Pflanzengürtel am See. Dabei widerspricht er deutlich Heuscher und hebt hervor, wie unrecht dieser habe, von Pflanzenarmut am Sempachersee zu sprechen. Namentlich erwähnt er den geschlossenen Schilfgürtel und bemerkt sogar, er habe noch an keinem Schweizer See einen solch zusammenhängenden Schilfwald gesehen wie am Sempachersee.

In der Untersuchung von DU BOIS und GEIGY [3] in den Jahren 1932 bis 1934 über *Sialis lutaria* L. erwähnen die Autoren das fakultative Vorkommen von Potamogetonen in der Uferzone. Es werden unterhalb der Potamogetonzone in einer Tiefe von 6 bis 8 m *Chara*wiesen beschrieben. Auf Grund von Chironomidenuntersuchungen durch A. Thienemann und eigenen Beobachtungen kommen die Autoren zum Schluss, der Sempachersee sei ein «Sergentiasee» im Sinne von LENZ [4] und befinde sich in einem Übergangsstadium von Oligotrophie zu Eutrophie.

GROBE [5] veröffentlichte Untersuchungen über Zooplankton im Sempachersee aus den Jahren 1949–1952. Darin stellte sie anhand ihrer Sauerstoffuntersuchungen (Sauerstoffzehrung über Seegrund während Winterstagnation) fest, dass «ein gewisser Eutrophiegrad vorhanden sei».

ZÜLLIG [6] wies im Jahre 1958 auf Grund von Bohrkernen im Seesediment in Tiefen von über 70 m bereits die Folgen einer zunehmenden Eutrophierung nach. Der Autor errechnete den Beginn der Faulschlammbildung mit Hilfe der Xanthophyllmethode auf etwa zehn Jahre zurück, d.h. auf das Jahr 1947. Dazu stellt er fest, dass als Folge zunehmender Nährstoffzufuhr zum Sempachersee die Produktion an Phytoplankton innerhalb von etwa fünfzehn Jahren auf das rund Zehnfache angestiegen ist.

Diese seit der Jahrhundertwende erschienenen Arbeiten über den Sempachersee zeigen deutlich eine einigermassen direkte Entwicklung vom mesotrophen, vielleicht sogar oligotrophen Gewässer mit schwachem Pflanzengürtel zum eutro-

phen See mit anaerober Phase im tiefen Hypolimnion und abnehmendem, spärlichem Pflanzengürtel.

2. Problemstellung

Die Aufgabe dieser Arbeit bestand darin, die Nährstoffverhältnisse des Sees abzuklären und die tierische Besiedelung des Litorals festzuhalten.

Die chemisch-physikalischen Messungen wurden im Pelagial durchgeführt. Die Untersuchungen im Litoral beschränkten sich auf eine qualitative Aufnahme der tierischen Besiedlung auf der gesamten Uferlänge.

Die Arbeit entstand auf Anregung und unter der Leitung meines verehrten Lehrers, Prof. Dr. Rud. Geigy, dem ich für seine jederzeitige tatkräftige Unterstützung herzlich danken möchte. Als Beobachtungs- und Arbeitsdomizil stand mir ein Zimmer in der Schweizerischen Vogelwarte in Sempach zur Verfügung. Dem Leiter der Vogelwarte, Dr. A. Schifferli, bin ich ebenfalls zu grossem Dank verpflichtet. Die chemischen Seewasseranalysen durfte ich in den Räumen des Hydrobiologischen Laboratoriums der ETH in Kastanienbaum vornehmen. Ich möchte auch dem damaligen Direktor der EAWAG, Prof. Dr. O. Jaag, sowie dem Leiter des Hydrobiologischen Laboratoriums, Prof. Dr. H. Ambühl und Dr. R. Gächter für die Überlassung der Laboratoriumseinrichtungen und manche angeregte Diskussion danken. Wertvolle Hilfe und Anregung erhielt ich auch von Frau Dr. D. Grobe, der ich zu speziellem Dank verpflichtet bin.

3. Methodik

Zur Untersuchung der chemisch-physikalischen Verhältnisse im Pelagial wurden vom verankerten Boot aus Wasserproben mit Hilfe eines Friedinger Wasserschöpfers von 2 Liter Volumen aus 11 verschiedenen Tiefen entnommen. Die Untersuchungs-

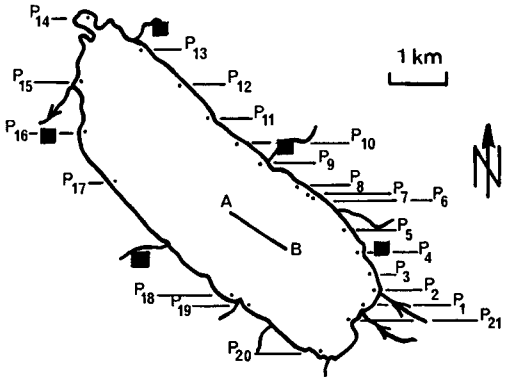

Abb. 1. Sempachersee. *A–B*: Stellen der physikalischen und chemischen Probennahmen. P_1–P_{21}: Stellen der faunistischen Probennahmen.

Fig. 1. Sempachersee. *A–B*: Places des prélèvements physico-chimiques. P_1–P_{21}: Places des prélèvements de la faune en zone littorale.

Fig. 1. Sempachersee. *A–B*: Places of physical and chemical investigations. P_1–P_{21}: Places of investigations of littoral fauna.

stellen befinden sich auf der in Abbildung 1 eingezeichneten Linie zwischen den Koordinaten 8°10′20″ E/47°08′10″ N und 8°09′37″ E/47°08′30″ N.

Die gefundenen Wassertiefen reichten von 62,6 m bis 85,6 m. Die in LEEMANN [7] angegebene maximale Seetiefe von 87 m konnte nie ausgelotet werden, obwohl die nach Landeskarte tiefste Seestelle von 417 m ü.M. genau eingemessen werden konnte.

Aus folgenden Tiefen wurden Wasserproben entnommen: 0 m, 2,0 m, 5,0 m, 7,5 m, 10,0 m, 15,0 m, 20,0 m, 30,0 m, 40,0 m, 60,0 m sowie 1 m über dem Seegrund.

3.1 *Biologische Untersuchungsmethoden*

Die biologischen Untersuchungen im Litoral erstreckten sich auf tierische Makrobenthonten. Die Grenze gegen das Profundal ist im Sempachersee nicht leicht festzulegen, da der See eine beinahe pflanzenlose Halde aufweist. Die untere Untersuchungsgrenze wurde an jener Stelle gezogen, wo auf der Seehalde die Ansammlung von leeren Molluskenschalen beginnt (Abb. 2). Diese Ansammlung (= Zone der leeren Molluskenschalen) nimmt ihren Anfang ungefähr bei 6 m Wassertiefe und verläuft der Seehalde entlang abwärts bis zu einer Wassertiefe von ungefähr 9 m. Schon DU BOIS und GEIGY [3] hatten auf Grund der mangelnden Pflanzenbesiedlung festgestellt, dass die Seehalde stellenweise profundalen Charakter aufweise. Dies trifft heute ausserhalb des Schilf- und Binsengürtels auf dem ganzen Seeumfang zu.

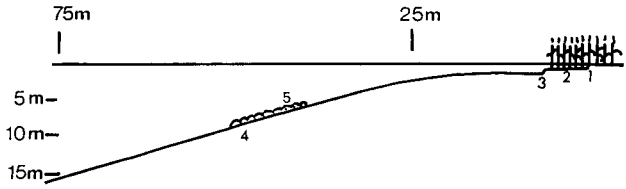

Abb. 2. Schema des Litorals. *1* Böschung; *2* Uferbank; *3* Stufe; *4* Seehalde; *5* Zone der leeren Molluskenschalen.

Fig. 2. Schéma de la zone littorale. *1* bord; *2* banc du bord; *3* marche; *4* pente; *5* zone des coquilles vides.

Fig. 2. Scheme of littoral. *1* border; *2* bench of the shore; *3* stair; *4* slope; *5* zone of snail's schells.

Für die Auswahl der zu untersuchenden Organismen aus dem Tierreich war folgende Tatsache massgebend: Felduntersuchungen, die das gesamte Tierreich umfassen sollen, können von einem einzelnen Bearbeiter allein nicht durchgeführt werden. Deshalb sind Einschränkungen notwendig. In unserem Falle erfolgten diese auf die makroskopischen Bodentiere, da deren Bearbeitung in vertretbarer Zeit möglich ist. Qualitative Untersuchungen erfolgten in den verschiedenen Wassertiefen der Seehalde mit Hilfe einer Netzdredsche und in unmittelbarer Ufernähe sowie im Röhrichtgürtel mit einem Pfahlkratzer. In der Brandungszone wurden Steine aus Zement oder aus gebranntem Ton exponiert und von Zeit zu Zeit kontrolliert. Die Netzdredsche, ein dreieckiger Eisenrahmen mit einem Sack aus Griessgaze, deren Maschenweite 250 μ beträgt, kam vor allem an jenen Stellen in der See-

halde zum Einsatz, wo die Beschaffenheit des Substrats den Einsatz eines Schlammgreifers nicht zuliess. Für einigermassen quantitative Probenentnahmen kam der Schlammgreifer von Friedinger zum Einsatz. Dieses Gerät erfasst eine Bodenfläche 20 × 20 cm.

Die mit Netzdredsche und Bodengreifer gefassten Bodenproben wurden anschliessend portionenweise in ein Nylonnetz gebracht und an der Wasseroberfläche so lange gespült, bis der feine Detritus ausgewaschen war. Das Auslesen der lebenden Organismen erfolgte in kleinen Abschnitten unter der Lupe mit Hilfe von Pinzette, Pipette und Pinsel. Erst nach der Auslese wurden die Tiere getötet und in 4% Formaldehydlösung konserviert; Hydracarinen gelangten in Koeniksche Lösung (5 Teile Glyzerin, 2 Teile Essigsäure, 3 Teile Wasser). Die Probestellen sind ebenfalls in Abbildung 1 eingezeichnet. Eine Zusammenstellung der erfolgten Probenentnahmen befindet sich auf Seite 110 in Tabelle 10.

3.2 *Physikalische Bestimmungsmethoden*

3.21 Temperatur

In der ersten Zeit der Untersuchungen kam die Schöpfthermometermethode, wie sie von RUTTNER [8] beschrieben wird, zur Anwendung. Misstrauen gegenüber den erhaltenen Resultaten führte zur Anschaffung eines Tiefsee-Kippthermometers. In der Folge wurde die Temperatur nur noch in situ mit dem Kippthermometer gemessen.

3.22 Sichttiefe

Die Durchsichtigkeit des Wassers wurde mit der Secchischen Scheibe bestimmt.

3.3 *Chemische Analysenmethoden*

3.31 Sauerstoff

Fixierung an Ort und Stelle nach Winkler. Die Sauerstoffsättigungskonzentration wurde aus den Werten von MONTGOMERY et al. [9], kombiniert mit der Barometerformel von SCHMASSMANN [10], berechnet.

3.32 Karbonathärte

Der Bikarbonatgehalt des Seewassers wurde durch Titrieren von 100 ml Wasser mit 0,1 *n* HCl gegen Methylorange als Indikator bestimmt.

3.33 Phosphat

Aus dem Filtrat des rohen Seewassers (Sartorius-Membranfilter, Porenweite 0,45 μm) wurde der Gehalt an Phosphationen nach der von AMBÜHL und SCHMID [11] modifizierten Ammoniummolybdat-Zinnchlorid-Methode von Ohle bestimmt.

3.34 Gesamtphosphor

Dieser wurde nach der von SCHMID und AMBÜHL [12] modifizierten Methode von Ohle bestimmt.

3.35 Nitrat

Bestimmung nach der Salicylatmethode von MÜLLER und WIDEMANN [13].

3.36 Kieselsäure

Bestimmung durch Molybdänblaumethode aus *Standard Methods* [14].

4. Seeuntersuchungen

4.1 *Lage und hydrographische Verhältnisse des Sempachersees*

Der Sempachersee liegt im Tal der Suhre, welches von Südost in nordwestlicher Richtung verläuft und bei Sursee durch eine grosse, halbkreisförmige Endmoräne unterbrochen wird. Diese bildete eine Stirnmoräne beim Rückzug des Reussgletschers während des *Zürichstadiums* der *Würmeiszeit* (GUTERSOHN [15]). Nach dem Abschmelzen des Gletschers trat an seine Stelle der See, der sich seinen Abfluss durch den abschliessenden Moränenwall zuerst schaffen musste. Dei Abfluss erfolgte nicht in der Mitte des Moränenwalls, sondern an seiner äussersten Südwestbegrenzung. Seit der künstlichen Tieferlegung des Seeniveaus um 1,7 m in den Jahren 1806/07 (HEUSCHER [1], HALBFASS [16]) wird der Ausfluss der Suhre bei Oberkirch künstlich geregelt.

Im langjährigen Mittel liegt die Seeoberfläche auf einer Meereshöhe von 503,77 m [17]. Bei dieser Kote beträgt die Wasserspiegelfläche 14,4 km². Die maximalen Pegelschwankungen betrugen in den Untersuchungsjahren:
1967: 47 cm; 1968: 41 cm; 1969: 43 cm.

Diese Veränderungen des Seeniveaus sind gering und lassen sich mit der relativ geringen Grösse des Einzugsgebiets von 76,7 km² und den ausgeglichenen Niederschlagssummen erklären. Auf der offiziellen Regenmeßstation in Sempach wurden die folgenden Niederschlagsmengen totalisiert:
1967: 1099 mm; 1968: 1117 mm; 1969: 968 mm.

Die grösste Tiefe des Sees beträgt 86,77 m (bezogen auf die durchschnittliche Jahreskote von 503,77 m); die mittlere Seetiefe (Volumen/Oberfläche) 46 m.

Die Uferlänge des Sempachersees misst 18,5 km. In bezug auf Oberfläche und mittlere Tiefe findet sich der Sempachersee an 14. Stelle aller Seen der Schweiz [7].

4.2 *Physikalische Untersuchungen*

4.21 Temperatur

In der Isothermendarstellung in Abbildung 3 sind die Messungen, die mit der Schöpfthermometermethode entstanden, gestrichelt, jene mit der Kipptherm ometermethode mit ausgezogenen Linien gezeichnet.

Der Temperaturverlauf im Winter 1967/68 zeigt Homothermie während dreier Monate. Wie aus den Sauerstoffmessungen (S. 78) ersehen werden kann, zirkulierte das Seewasser während dieser Zeit.

Im Unterschied dazu stellte sich im Winter 1968/69 keine lange dauernde Homothermie ein. Durch das Ausbleiben stärkerer Winde kühlte sich das Wasser an der Oberfläche bis auf 2,7 °C ab. Die daraus resultierende inverse Schichtung hielt bis Ende März 1969 an.

Das Metalimnion bildete sich in beiden Jahren zwischen Juli und August. Dabei wies das Epilimnion im August eine Mächtigkeit von 7,5 m auf. Die herbstliche Abkühlung verlagerte die Sprungschicht allmählich in die Tiefe. Am 16. Dezember

1968 konnten noch die letzten Spuren zwischen 20 und 30 m gefunden werden. Die nachfolgende inverse Schichtung wurde im April von einer kurzen homothermen Phase abgelöst.

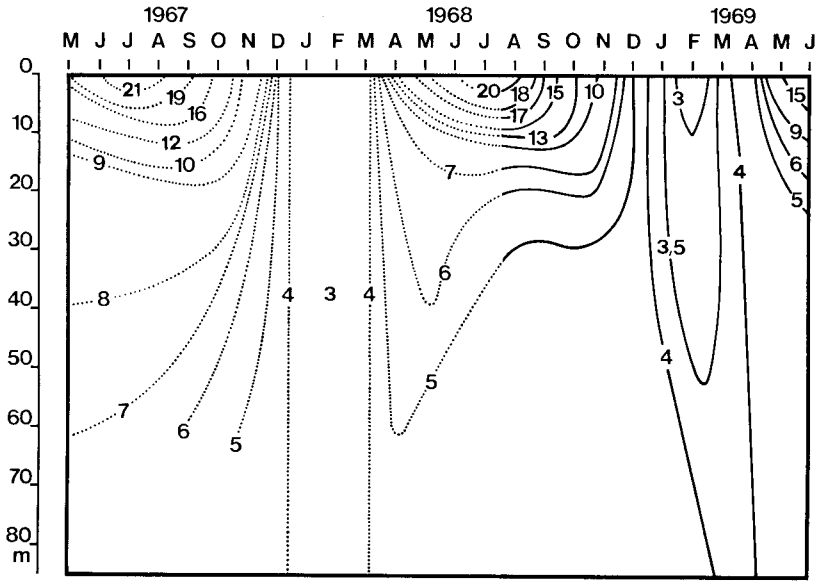

Abb. 3. Isothermen.
Fig. 3. Isothermes.

Diese beiden Beobachtungsjahre zeigen, dass der See nicht jedes Jahr eine Vollzirkulation aufweist.

Die Temperaturschwankung über dem Seegrund betrug innerhalb von 11 Monaten 0,8 °C. Die maximale Temperatur über Grund fand sich im Dezember, zu Beginn der Vollzirkulation.

Schon THEILER [18] hatte das Temperaturmaximum über Grund im Dezember festgestellt. Er registrierte am 30. Dezember 1910 ebenfalls 4,7 °C.

4.22 Sichttiefe

Bei exakter Anwendung liefert die Secchi-Scheibe auch heute noch brauchbare Unterlagen für die Beschreibung von Seen, da die Methode seit Jahrzehnten dieselbe geblieben ist.

Dadurch ist es möglich, Ergebnisse aus früheren Jahren [5] zu vergleichen. In neuester Zeit wird die Sichttiefe zur Berechnung der Einleitungstiefe gereinigter Abwässer in Seen herangezogen [19].

Der Verlauf der Sichttiefenkurve in Abbildung 4 zeigt ein steiles Ansteigen vom Minimumwert im September 1967 zum Höchstwert des Winters 1967/68 im Dezember. Die erreichte Sichttiefe von rund 10 m wird während dreier Monate beibehalten.

Das erste Minimum wird im April erreicht, im folgenden Jahr einen Monat später. Das an das erste Minimum anschliessende kurze Anwachsen der Sichttiefe

in einem Frühsommermaximum ist dreimal zu beobachten. Es ist wohl die Folge des Abklingens eines ersten Produktionsmaximums. Die Zunahme der Sichttiefe im Jahre 1968 setzt Ende August ein und erfolgt sehr gleichmässig bis in den Januar 1969; entsprechend dem allmählichen Rückgang der im Spätsommer gebildeten Biomasse.

Die einsame Höhe des Sichttiefenmaximums von beinahe 13 m hält sich im

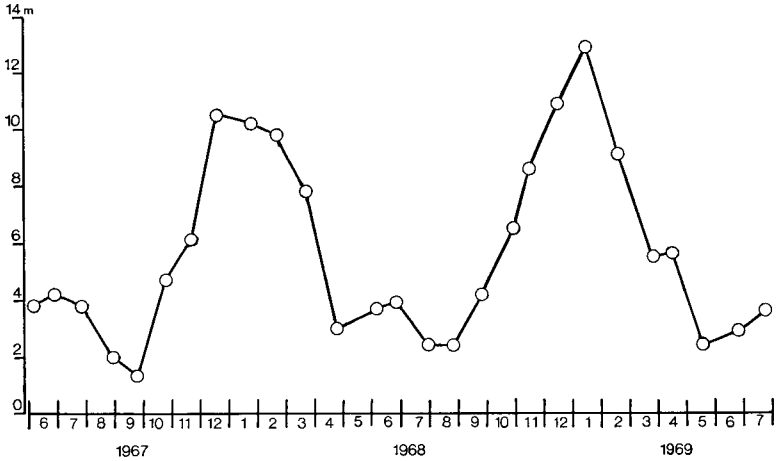

Abb. 4. Sichttiefe nach Secchi.
Fig. 4. La transparence de l'eau (disque de Secchi).
Fig. 4. The transparency of water (Secchi disc).

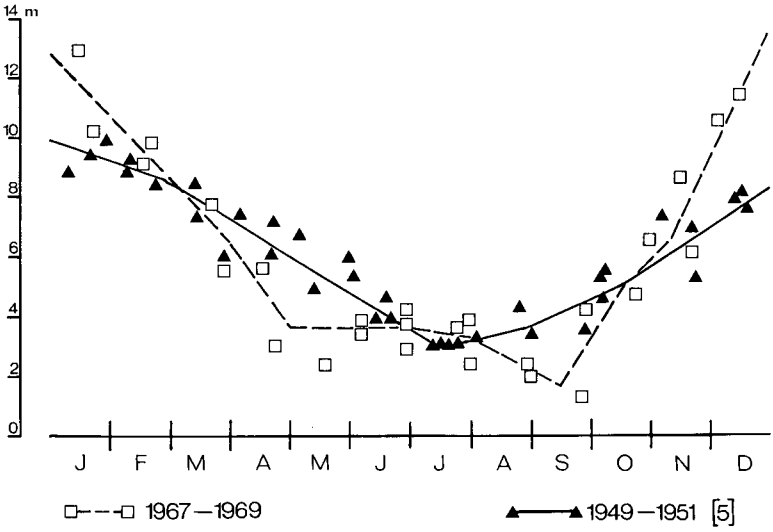

Abb. 5. Sichttiefenvergleich mit Grobe [5].
Fig. 5. Comparaison de la transparence avec Grobe [5].
Fig. 5. Comparison of transparency with Grobe [5].

Gegensatz zum vorherigen Winter nur über kurze Zeit. Die Sichttiefenverminderung bis zum Monat März kann eine Folge der Winterstagnation sein. Durch die inverse Schichtung des Sees konnte sich in den durchlichteten obersten Wasserschichten trotz den niedrigen Temperaturen eine Organismenpopulation entfalten.

In Abbildung 5 werden die Ergebnisse der Sichttiefenmessungen von GROBE [5] aus den Jahren 1949–1951 jenen unserer Untersuchungen von 1967 bis 1969 gegenübergestellt: die Sichttiefenmaxima liegen heute tiefer, die Minima höher als vor 20 Jahren. Die veränderte Nährstoffsituation ist aus dem steileren Abfallen der Kurve aus dem Wintermaximum ersichtlich. Infolge des heute höheren Nährstoffangebots (höhere Zirkulationsmittel) ist die Frühjahrsproduktion intensiver und führt zu einer höheren Planktondichte bzw. Trübung, die das Licht stärker absorbiert. Die Minimawerte lagen bei Grobe durchwegs bei 3 m und konnten alle im Juli gemessen werden. Heute finden sich die Minimawerte um 2 m und darunter und sind erst später, im August oder September, anzutreffen.

4.23 Wasserfarbe

Die Eigenfarbe des Seewassers wurde mit der Farbstufenreihe nach FOREL und ULE [20] verglichen (Tab. 1). Zur Zeit der grössten Produktion in der trophogenen Schicht erreicht die Seefarbe die Stufe 10 (gelbgrün) der Skala. In Zeiten geringerer Produktion sinkt sie auf die Stufe 8 (grün).

Tabelle 1. Wasserfarbe nach Forel-Ule-Farbstufenskala (FU).
Tableau 1. La couleur de l'eau référée à la gamme du Forel-Ule.
Table 1. The colour of water by scale of Forel-Ule.

1968:	21. 2.: FU 9		14. 11.: FU 8
	22. 4.: FU 10		16. 12.: FU 8
	5. 6.: FU 8	1969:	15. 1.: FU 8
	27. 6.: FU 10		18. 2.: FU 9
	31. 7.: FU 9		26. 3.: FU 9
	26. 8.: FU 9		16. 4.: FU 9
	26. 9.: FU 10		19. 5.: FU 10
	29. 10.: FU 9		26. 6.: FU 10

4.3 *Chemische Untersuchungen*

4.31 Sauerstoff

Der Verlauf des Sauerstoffgehalts im Wasserkörper eines Sees erlaubt den Rückschluss auf die Bioaktivität bzw. auf die Produktion und Destruktion organischer Stoffe.

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Sauerstoffverhältnisse. Die untere Begrenzung der Abbildung steht für eine Seetiefe von 1 m über Grund.

Ab August zeigen sich im Metalimnion «Inseln» mit geringeren Sauerstoffwerten als im Epi- oder Hypolimnion. Dieses metalimnische Sauerstoffminimum dehnt sich, gleichzeitig mit dem Sinken der Temperatursprungschicht, in die Tiefe aus. Während der Zeit des metalimnischen Sauerstoffminimums werden auch allmählich die Sauerstoffvorräte über dem Seeboden aufgezehrt. Zwischen Dezember 1967 und Januar 1968 verändern sich die Verhältnisse schlagartig. Durch die Homo-

thermie und günstige Witterungsverhältnisse, vor allem viele heftige Winde mit Niederschlägen, wurde der See vollständig durchmischt. Durch diese winterliche Zirkulation kam die gesamte Wassermasse mit atmosphärischer Luft in Berührung, womit eine Sauerstoffanreicherung im ganzen See möglich wurde. Im Frühjahr und Hochsommer konnte eine Übersättigung an Sauerstoff im Epilimnion beobachtet werden (Tab. 2). Nach Eintritt der Sommerstagnation trat wieder ein metalimnisches Sauerstoffminimum auf. Gleichzeitig begann die Sauerstoffkonzentration in der Tiefe gleichmässig abzunehmen, mit Minimalwerten unter 1 mg O_2/l während längerer Zeit.

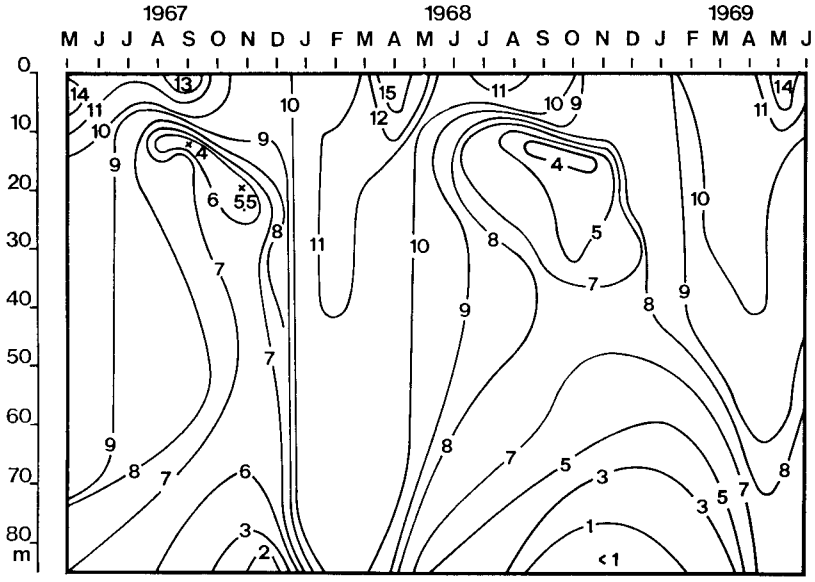

Abb. 6. Sauerstoff, Isopletendarstellung mg O_2/l.
Fig. 6. Oxygène.
Fig. 6. Oxygen.

Wegen der im Winter 1968/69 aufgetretenen Stagnation kam es nur zu einer Teilzirkulation mit unvollständiger Sauerstoffanreicherung im Wasserkörper. Erst nach einer sehr kurzen Frühjahrszirkulation konnte in der Tiefe eine Zunahme gemessen werden, jedoch nur bis zu einer Sättigung von 66%. Der See trat demnach mit einem erheblichen Sauerstoffdefizit im Hypolimnion in die Sommerstagnation ein.

Der höchste Wert im Epilimnion konnte am 22. April 1968 in 2 m Tiefe mit 22,5 mg O_2/l gemessen werden. Der niedrigste Wert im Metalimnion war am 25. September 1967 in 10 m Tiefe mit 4,0 mg O_2/l und am 29. Oktober und 18. November 1968 in 15 m Tiefe mit 3,9 mg O_2/l festzustellen. Die Werte 1 m über dem Seeboden unterhalb 80 m Seetiefe schwanken zwischen 10,4 mg O_2/l (20. März 1968 bei 81,8 m) und 0,2 mg O_2/l (26. September 1968 bei 83,8 m).

Tabelle 2. Sauerstoffsättigungsprozente [9, 10].
Tableau 2. Saturation en oxygène dissous.
Table 2. Saturation of dissolved oxygen.

	6. 6. 1967	28. 6. 1967	26. 7. 1967	30. 8. 1967	25. 9. 1967	23. 10. 1967	21. 11. 1967	19. 12. 1967	23. 1. 1968
0 m	132	140	140	135	155	110	87	66	79
2 m	138	138	136	139	157	114	89	81	79
5 m	128	121	125	122	129	107	90	67	80
7,5 m	—	108	95	81	113	107	90	62	81
10 m	100	102	79	57	41	102	93	76	83
15 m	92	91	75	65	69	41	84	68	85
20 m	87	88	76	68	71	51	51	67	85
30 m	85	90	75	72	71	62	57	76	85
40 m	85	78	72	75	75	65	57	61	82
60 m	83	80	70	73	70	62	55	56	85
	73 m: 69	70 m: 77		80 m: 54		83,7 m: 33	76 m: 41	81,3 m: 13	75,7 m: 83

	21. 2. 1968	20. 3. 1968	22. 4. 1968	5. 6. 1968	27. 6. 1968	31. 7. 1968	26. 8. 1968	26. 9. 1968	29. 10. 1968
0 m	87	83	161	144	119	134	144	117	106
2 m	86	84	226	141	122	138	142	117	105
5 m	87	84	128	119	120	127	135	117	101
7,5 m	88	84	109	98	102	75	110	115	100
10 m	89	84	104	94	78	62	42	71	100
15 m	90	85	94	89	77	63	53	49	35
20 m	90	84	87	86	78	71	63	72	46
30 m	90	84	86	88	76	76	66	66	41
40 m	91	84	85	85	83	76	77	72	—
60 m	83	84	86	83	73	63	61	70	53
	81,4 m: 81	81,8 m: 84	82,7 m: 78	82,2 m: 60	83,5 m: 40	80,8 m: 46	81,6 m: 31	83,8 m: 2	83,1 m: 2

	14. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	86	72	69	85	87	90	144	124
2 m	87	72	70	84	85	90	144	124
5 m	86	70	70	80	83	88	139	120
7,5 m	86	70	70	77	84	88	103	101
10 m	86	70	70	76	84	85	87	84
15 m	34	70	70	76	84	85	84	70
20 m	45	70	70	75	84	83	81	71
30 m	56	55	70	75	84	85	80	72
40 m	64	61	70	73	71	81	79	73
60 m	50	47	42	45	49	77	74	68
	83 m: 2	84,5 m: 3	85 m: 3	85 m: 11	85 m: 16	82,1 m: 51	84,9 m: 66	85 m: 41

4.32 Stickstoff

In vorwiegend aeroben Seen ist Nitrat die hauptsächlichste Erscheinungsform anorganischen Stickstoffs. Die Resultat der Nitratbestimmungen (Tab. 3) stimmen für beide Untersuchungsjahre überein. Nitrat wird im Herbst bis in das Metalimnion aufgezehrt, wobei im Oktober 1967 bis zu einer Tiefe von 7,5 m kein Nitrat mehr messbar war. Gleichzeitig trat die Blaualge *Aphanizomenon flos-aquae* in Massen auf und bildete eine Wasserblüte.

Mit dem Einsetzen der Herbstzirkulation 1967 kommt es wieder zu einer gleichmässigen Verteilung von Nitratstickstoff in alle Wasserschichten mit Konzentrationen zwischen 0,55 mg/l und 0,6 mg/l. Als Vergleich sei auf die nur wenige Kilometer südöstlich liegende Horwer Bucht des Vierwaldstättersees hingewiesen, in der nach den Untersuchungen von GÄCHTER [21] während der Vollzirkulation eine mittlere Konzentration von 0,4 mg NO_3-N/l festzustellen ist.

Im Herbst 1968 konnte *Aphanizomenon flos-aquae* nicht mehr gefunden werden (nach einer mündlichen Mitteilung von A. Schwander, Sempach).

Die im Vergleich zum Herbst–Winter 1967/68 niedrigeren Werte an Nitratstickstoff über dem Seegrund im Winter 1968/69 haben ihre Ursache in den Denitrifikationsprozessen, die sich wegen der sehr geringen Sauerstoffkonzentration in jener Tiefe abspielten [22].

Die zur Zeit der Zirkulation herrschenden mittleren NO_3-N-Konzentrationen lassen den Sempachersee in der von VOLLENWEIDER [23] postulierten Trophieskala als *meso-eutrophen See* einstufen. Dabei bezeichnet der Autor diese Gewässer vom Standpunkt der Eutrophierung aus gesehen als *gefährdete* Gewässer.

4.33 Phosphat

Aus Abbildung 7 (Phosphat-Isopleten) geht deutlich eine steile Abnahme der Phosphatkonzentration mit dem Beginn der Vegetationsperiode hervor. Der Phosphatanteil wird in beiden Produktionsperioden im ganzen Epilimnion beinahe völlig aufgezehrt. Gleichzeitig nimmt in der Seetiefe der Phosphatgehalt zu. Im Winter 1967/68 führte jedoch die Zirkulation wieder zu einer beinahe gleichmässigen Verteilung über das ganze Tiefenprofil. Im Winter 1968/69 bewirkte eine Teilzirkulation im Januar und Februar eine Neuverteilung bis zu einer Tiefe von etwa 50 m. Die Wassermassen der grösseren Tiefen wurden erst später von einer Zirkulation erfasst, während gleichzeitig in der trophogenen Schicht die Produktion mit der damit verbundenen Phosphatabnahme bereits wieder einsetzte.

Aus Tabelle 4 geht deutlich hervor, dass die PO_4-P-Konzentration in geringen Bodentiefen, nämlich zwischen 60 und 80 m, nicht so hoch ist wie in Tiefen über 80 m. Hoch sind auch die Werte über dem Seeboden im Winter 1968/69. Im April 1969 fallen sie wieder beträchtlich. Zur gleichen Zeit war die Sauerstoffkonzentration beinahe null (Tab. 2).

4.34 Gelöste organische Phosphorverbindungen (GOP)

Unter gelösten organischen Phosphorverbindungen sind alle mit Ammoniummolybdat nicht reagierenden Phosphorverbindungen zu verstehen, wie Phospholipide, Zuckerphosphate und kondensierte anorganische Phosphate.

Tableau 3. Répartition de l'azote en forme de nitrate.
Table 3. Nitrate-nitrogen.

	6. 6. 1967	28. 6. 1967	26. 7. 1967	30. 8. 1967	25. 9. 1967	23. 10. 1967	21. 11. 1967	19. 12. 1967	23. 1. 1968
0 m	0,15	0,07	0,02	0,14	0,02	0,0	0,15	0,5	0,62
2 m	0,15	0,09	0,03	0,11	0,06	0,0	0,14	0,55	0,6
5 m	0,15	0,2	0,18	0,1	0,04	0,0	0,16	0,6	0,63
7,5 m	–	0,34	0,4	0,4	0,06	0,0	0,15	0,56	0,61
10 m	0,4	0,48	0,55	0,61	0,53	0,17	0,13	0,5	0,62
15 m	0,56	0,6	0,65	0,7	0,59	0,57	0,22	0,56	0,63
20 m	0,62	0,64	0,66	0,69	0,6	0,6	0,64	0,48	0,62
30 m	0,61	0,69	0,66	0,70	0,63	0,59	0,69	0,59	0,62
40 m	0,69	0,67	0,64	0,7	0,61	0,65	0,7	0,72	0,62
60 m	0,65	0,66	0,75	0,74	0,6	0,59	0,73	0,76	0,65
	73 m: 0,65	70 m: 0,68		70 m: 0,69			76 m: 0,74	81,3 m: 0,67	75,7 m: 0,67

	21. 2. 1968	20. 3. 1968	22. 4. 1968	5. 6. 1968	27. 6. 1968	31. 7. 1968	26. 8. 1968	26. 9. 1968	29. 10. 1968
0 m	0,55	0,57	0,19	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
2 m	0,55	0,6	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,1
5 m	0,55	0,59	0,41	0,09	0,06	0,04	0,06	0,04	0,1
7,5 m	0,57	0,58	0,48	0,28	0,15	0,14	0,05	0,05	0,11
10 m	0,57	0,6	0,51	0,36	0,39	0,35	0,38	0,18	0,11
15 m	0,57	0,56	0,62	0,5	0,56	0,57	0,68	0,54	0,6
20 m	0,59	0,54	0,58	0,55	0,61	0,61	0,68	0,56	0,62
30 m	0,56	0,56	0,61	0,54	0,6	0,61	0,68	0,57	0,65
40 m	0,55	0,57	0,65	0,57	0,61	0,61	0,68	0,57	0,65
60 m	0,61	0,59	0,61	0,58	0,62	0,6	0,65	0,57	0,65
	81,4 m: 0,64	81,8 m: 0,57	82,7 m: 0,6	82,2 m: 0,54	83,5 m: 0,58	80,8 m: 0,57	81,6 m: 0,6	83,8 m: 0,57	83,1 m: 0,52

	18. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	0,22	0,43	0,44	0,53	0,45	0,5	0,07	0,07
2 m	0,22	0,43	0,53	0,53	0,41	0,48	0,07	0,09
5 m	0,22	0,43	0,51	0,54	0,48	0,45	0,17	0,1
7,5 m	0,22	0,42	0,52	0,54	0,47	0,46	0,34	0,22
10 m	0,22	0,41	0,5	0,54	0,46	0,48	0,46	0,34
15 m	0,66	0,43	0,48	0,54	0,47	0,49	0,42	0,54
20 m	0,66	0,41	—	0,54	0,49	0,5	0,48	0,58
30 m	0,69	0,63	0,5	0,54	0,48	0,52	0,53	0,58
40 m	0,69	0,63	0,5	0,54	0,53	0,48	0,54	0,58
60 m	0,66	0,62	0,65	0,62	0,58	0,51	0,52	0,56
	83 m: 0,48	84,5 m: 0,45	85 m: 0,54	85 m: 0,62	85 m: 0,51	82,1 m: 0,56	84,9 m: 0,51	85 m: 0,56

Tabelle 4. Phosphatphosphor (µg PO_4-P/l).
Tableau 4. Répartition du phosphore en forme de phosphate.
Table 4. Phosphate-phosphorus.

	6. 6. 1967	28. 6. 1967	26. 7. 1967	30. 8. 1967	25. 9. 1967	25. 10. 1967	21. 11. 1967	19. 12. 1967	23. 1. 1968
0 m	2,2	2,0	0,2	1,1	2,0	1,0	1,7	7,2	23,2
2 m	4,0	3,6	0,1	1,0	1,0	1,0	0,7	–	20,5
5 m	3,9	6,2	2,5	1,2	1,6	1,0	0,7	5,2	21,2
7,5 m		9,8	3,9	0,7	0,5	1,4	0,9	–	21,5
10 m	4,0	13,6	4,2	0,7	1,8	1,0	1,0	5,2	21,7
15 m	3,6	7,4	2,0	0,5	1,8	1,0	4,8	–	22,3
20 m	4,7	7,0	11,0	4,0	2,5	1,0	3,5	5,5	24,0
30 m	19,0	16,0	21,6	18,3	13,5	17,7	6,8	–	21,0
40 m	30,6	14,5	33,2	26,4	16,5	33,1	30	24,0	23,7
60 m	33,5	31,8	34,0	37,0	15,0	43,5	36,4	41,0	22,5
	70 m: 36,0	70 m: 29,4		70 m: 34,5			76 m: 41,3	81,3 m: 43,0	75,7 m: 24,2

	21. 2. 1968	20. 3. 1968	22. 4. 1968	5. 6. 1968	27. 6. 1968	31. 7. 1968	26. 8. 1968	26. 9. 1968	29. 10. 1968
0 m	21,0	20,0	2,0	0,8	1,8	1,0	0	0,5	0,8
2 m	21,2	19,0	3,0	1,8	1,0	1,0	0,5	1,0	1,8
5 m	21,0	19,7	2,0	1,8	1,6	1,0	0	1,5	0,7
7,5 m	21,0	19,2	1,0	2,5	1,9	1,0	0,5	1,5	0,9
10 m	20,5	19,5	2,0	2,5	2,0	2,0	0	2,5	1,0
15 m	21,0	19,6	1,0	3,2	4,7	2,5	3,3	0,5	3,2
20 m	18,5	20,0	14,5	12,5	9,3	5,0	3,8	2,6	8,2
30 m	20,2	19,8	22,5	16,5	18,8	20,6	20,0	20,3	20,2
40 m	22,0	19,7	23,0	19,3	22,0	25,5	23,8	25,0	24,5
60 m	26,5	19,7	24,5	25,0	27,0	32,6	32,3	33,5	33,0
	81,4 m: 26,5	81,8 m: 20,0	82,7 m: 22,0	82,2 m: 31,0	83,5 m: 40,0	80,8 m: 49,0	81,6 m: 48,0	83,8 m: 89,0	83,1 m: 97,0

	18. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	0	8,5	16,6	16,0	7,5	9,0	4,0	4,0
2 m	1,3	10,6	16,3	18,0	8,0	10,5	2,3	4,0
5 m	4,0	9,0	16,8	20,0	8,5	9,5	8,2	4,7
7,5 m	3,0	9,3	16,0	20,0	8,0	10,0	0,0	6,8
10 m	4,5	8,3	16,0	22,0	8,0	11,3	2,2	6,8
15 m	5,5	7,5	16,0	22,0	9,0	11,5	8,0	7,0
20 m	9,5	9,0	16,0	21,0	16,0	12,8	11,8	10,4
30 m	23,0	22,3	16,0	21,0	16,0	12,8	16,0	18,5
40 m	28,5	27,8	16,0	20,0	18,5	13,0	16,5	22,9
60 m	37,0	36,0	33,2	40,0	34,0	16,3	20,1	22,9
	83 m: 130,0	85 m: 125,0	85 m: 84,0	85 m: 60,0	85 m: 54,0	82,1 m: 16,3	84,9 m: 25,8	85 m: 35,1

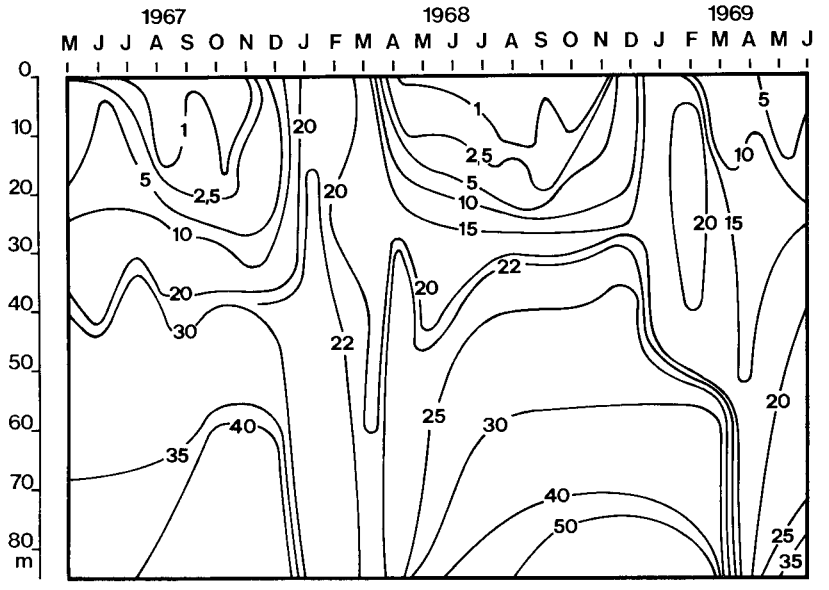

Abb. 7. Orthophosphat, Isopletendarstellung µg PO_4-P/l.
Fig. 7. Phosphore en forme de phosphate.
Fig. 7. Phosphate-phosphorus.

Zur Zeit der Stagnation sind die Werte (Tab. 5) im Epilimnion meist höher als im Hypolimnion. Durch die Zirkulation werden auch die GOP regelmässig auf das ganze Tiefenprofil verteilt. Auffallend hoch sind die Werte im Oktober 1967. Sie fallen zeitlich zusammen mit der *Aphanizomenon*-Wasserblüte. Die beim Zerfall der *Aphanizomenon*zellen freigesetzten organischen Phosphorverbindungen wurden nicht sofort abgebaut, betrug doch die Konzentration von Orthophosphat gleichzeitig nur 1 µg/l.

Im allgemeinen zeigen die Tiefen 0–2 m die höchsten Werte.

4.35 Geformter oder partikulärer Phosphor (PP)

Die Konzentration an PP (= des im Seston, insbesondere in den planktischen Organismen, inkorporierten Phosphors) ist während der Sommerstagnation in der trophogenen Schicht durchwegs hoch (Tab. 6).

Die hohen PP-Werte zur gleichen Zeit in der Seetiefe zeigen eine starke Sedimentation von Organismen an. Der durch die Sedimentation entstandene Verlust an PP macht sich durch Abnahme der Werte in der trophogenen Schicht bemerkbar. Der Nachschub an Düngstoffen in der trophogenen Schicht ist somit während der Stagnationsperiode zu gering, um die Sedimentationsverluste ganz zu ersetzen.

Nach der Winterzirkulation bewirken die ersten äusseren, für die Organismen günstigen Bedingungen (erhöhte Lichtintensität) eine massive Produktion, die sich in den hohen PP-Werten im April 1968 sowie im März, April und Mai widerspiegelt. Die extrem hohen Werte von September bis November 1967 fallen mit der Wasserblüte von *Aphanizomenon flos-aquae* zusammen.

Tabelle 5. Gelöste «organische» Phosphorverbindungen (µg P/l)
Tableau 5. Répartition du phosphore «organique» dissous.
Table 5. Dissolved 'organic' phosphorus.

	6. 6. 1967	28. 6. 1967	26. 7. 1967	30. 8. 1967	25. 9. 1967	23. 10. 1967	21. 11. 1967	19. 12. 1967	23. 1. 1968
0 m	9,1	8,0	–	11,4	7,9	34,5	12,2	10,0	7,0
2 m	9,0	9,7	25,0	11,0	10,5	30,0	12,7	–	8,6
5 m	7,4	8,2	22,5	10,0	7,4	41,0	10,1	13,0	6,9
7,5 m		11,6	15,9	10,6	9,4	16,4	9,9	–	6,7
10 m	8,1	7,1	21,0	10,7	6,8	16,7	10,5	11,9	5,1
15 m	6,8	7,8	16,5	7,9	5,5	7,8	9,7	–	5,5
20 m	5,7	6,4	13,5	9,0	12,3	13,8	8,2	11,6	3,2
30 m	3,6	8,0	13,7	11,7	7,5	12,3	6,2	–	6,8
40 m	3,5	7,9	16,7	11,2	7,8	5,9	7,2	7,2	5,4
60 m	3,4	7,2	20,0	6,5	6,7	5,5	5,0	–	6,3
	70 m: 3,8	70 m: 4,3	66 m: 20,0	70 m: 8,0			76 m: 8,0	81,3 m: 2,2	75,7 m: 7,3

	21. 2. 1968	20. 3. 1968	22. 4. 1968	5. 6. 1968	27. 6. 1968	31. 7. 1968	26. 8. 1968	26. 9. 1968	29. 10. 1968
0 m	10,0	8,8	10,5	10,2	9,7	9,5	5,0	9,5	9,4
2 m	7,4	9,8	11,8	11,5	7,8	8,5	6,5	9,0	9,7
5 m	8,5	9,0	13,1	10,4	9,8	9,5	7,0	8,5	10,3
7,5 m	7,5	–	12,5	9,0	8,0	7,5	6,5	8,5	10,6
10 m	11,5	7,7	11,8	8,3	6,1	7,5	6,5	5,5	8,2
15 m	10,4	7,7	11,6	9,3	4,0	5,5	1,7	7,0	4,8
20 m	13,0	8,2	9,8	15,3	3,6	3,5	4,7	6,4	4,2
30 m	12,8	7,4	9,7	12,1	2,7	3,4	2,0	4,7	5,2
40 m	11,5	8,1	10,0	10,2	1,3	0,5	3,7	5,0	5,7
60 m	10,0	9,3	7,9	10,0	1,5	0,4	4,7	3,0	4,5
	81,4 m: 9,5	81,8 m: 8,7	82,7 m: 8,6	82,2 m: 12,6	83,5 m: 4,0	80,8 m: 0,0	81,6 m: 6,3	83,8 m: 3,0	83,1 m: 9,5

	18. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	11,5	5,5	6,4	12,5	6,5	6,2	6,2	10,4
2 m	10,7	5,1	2,7	9,0	1,0	9,6	6,2	14,3
5 m	8,0	5,7	4,5	8,0	9,5	8,1	0,4	9,8
7,5 m	8,5	5,0	5,3	5,2	7,0	11,7	8,6	7,7
10 m	8,5	6,4	5,3	3,3	10,0	7,5	8,0	6,7
15 m	3,5	7,3	4,5	6,0	10,0	7,4	6,5	7,5
20 m	5,5	7,4	4,4	4,0	1,3	6,0	6,0	6,7
30 m	7,0	5,1	4,4	5,5	1,3	5,9	6,3	6,7
40 m	5,0	3,9	5,0	7,0	5,7	7,0	5,0	5,2
60 m	5,0	3,7	6,1	2,5	7,2	5,2	6,0	4,2
	81 m: 5,0	84,5 m: 0,0	85 m: 1,0	85 m: 2,5	85 m: 4,5	82,1 m: 18,5	84,9 m: 10,2	85 m: 7,2

Tabelle 6. Partikulärer Phosphor (µg P/l).
Tableau 6. Répartition du phosphore sestonique.
Table 6. Particular phosphorus.

	6. 6. 1967	28. 6. 1967	26. 7. 1967	30. 8. 1967	25. 9. 1967	23. 10. 1967	21. 11. 1967	19. 12. 1967	23. 1. 1968
0 m	9,8	13,5	–	18,7	14,3	7,5	9,8	10,8	4,0
2 m	13,6	19,2	19,8	25,6	20,0	19,0	11,7	8,0	3,8
5 m	15,4	14,7	28,8	24,3	13,5	39,0	16,0	5,0	3,5
7,5 m		4,6	16,7	16,7	21,1	11,4	13,0	9,1	4,1
10 m	19,9	12,9	11,8	9,1	10,1	19,1	11,7	6,4	7,9
15 m	10,0	5,6	4,4	9,6	9,5	9,4	13,5	0,4	6,4
20 m	9,9	7,2	7,5	1,2	1,3	5,2	7,9	7,1	6,0
30 m	8,4	4,4	10,7	0,2	3,6	–	3,0	11,4	6,0
40 m	7,4	3,9	10,9	1,7	8,1	9,0	4,0	2,8	4,2
60 m	7,3	6,5	13,2	6,9	–	10,0	7,1	3,2	3,5
	70 m: 4,2	70 m: 7,3	66 m: 6,0	70 m: 4,0			76 m: 2,7	81,3 m: 2,3	75,7 m: 3,5

	21. 2. 1968	20. 3. 1968	22. 4. 1968	5. 6. 1968	27. 6. 1968	31. 7. 1968	26. 8. 1968	26. 9. 1968	29. 10. 1968
0 m	6,5	6,4	23,0	14,2	14,3	12,5	16,0	15,0	8,6
2 m	9,9	9,4	28,0	30,3	22,1	17,5	15,5	19,0	11,5
5 m	10,5	6,5	24,4	24,8	19,8	23,0	12,0	13,0	10,2
7,5 m	11,5	–	20,8	10,8	20,1	15,5	13,0	14,0	8,3
10 m	5,2	8,8	–	9,2	13,0	8,5	13,5	11,0	10,8
15 m	7,0	8,2	11,7	5,5	6,8	7,5	8,0	7,0	3,0
20 m	10,0	7,6	9,7	5,0	4,9	7,0	4,8	8,5	3,6
30 m	6,0	9,8	6,3	4,6	3,7	5,5	4,5	7,0	3,1
40 m	2,5	8,0	6,0	3,1	3,2	7,0	4,5	5,0	0,8
60 m	2,5	9,2	6,2	4,0	3,9	7,5	3,0	4,0	2,5
	81,4 m: 6,2	81,8 m: 8,2	82,7 m: 40,6	82,2 m: 16,9	83,5 m: 16,0	80,8 m: 11,0	81,6 m: 13,2	83,8 m: 13,0	83,1 m: 14,5

	18. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	10,0	4,8	4,8	0,5	14,5	16,1	39,1	15,6
2 m	10,5	7,3	6,0	3,0	20,2	11,1	42,3	21,9
5 m	11,0	7,3	3,7	2,0	14,3	14,8	35,4	10,0
7,5 m	9,0	7,2	3,7	4,8	19,0	10,7	22,4	14,1
10 m	9,8	4,6	3,7	2,7	12,5	11,7	13,7	10,4
15 m	4,5	9,1	4,5	4,5	11,0	11,9	12,5	3,7
20 m	5,5	5,5	4,6	9,3	14,9	12,4	9,2	2,9
30 m	1,0	2,1	3,8	9,5	15,0	12,5	10,2	1,9
40 m	1,0	2,3	1,2	10,0	13,5	11,6	11,0	1,1
60 m	2,5	2,5	0,0	7,5	7,2	10,8	6,4	4,7
	81 m: 36,0	84,5 m: 16,0	85 m: 9,5	85 m: 8,5	85 m: 16,5	82,1 m: 12,4	84,9 m: 10,8	85 m: 6,7

4.36 Gesamtphosphor

In Abbildung 8 sind die mittleren Gesamtphosphorkonzentrationen der drei Wasserschichten 0–7,5 m, 10–20 m, 30 m bis Grund dargestellt. Die Zirkulation schuf von Januar bis März 1968 durchwegs auf das ganze Profil gleichmässig verteilte Konzentrationen. Auffallend steil ist das anschliessende Abfallen der Kurve 10–20 m, welche über die ganze Stagnationszeit hindurch die geringsten Werte aufweist. Auch die Kurve 0–7,5 m zeigt mit Beginn der Stagnationsperiode fallende Tendenz. Dieser Phosphorrückgang im Epilimnion entsteht durch die Sedimentation von PP. Gleichzeitig ist damit eine starke Erhöhung der Gesamtphosphorkonzentration im Hypolimnion verbunden. Im Hypolimnion und im besonderen in der Schicht 1 m über dem Seeboden liegt der Phosphor hauptsächlich als Orthophosphat (PO_4-P) vor. Dies bedeutet, dass der niedersinkende PP ziemlich schnell in PO_4-P abgebaut wird. Mit dem Einsetzen der Zirkulation bis in die grossen Seetiefen, wie dies von Dezember 1968 bis April 1969 der Fall war, wird das Phosphorreservoir der Tiefe wieder über das ganze Seeprofil verteilt, so dass für die frisch beginnende Vegetationsperiode ein hoher Phosphorbasiswert zur Verfügung steht.

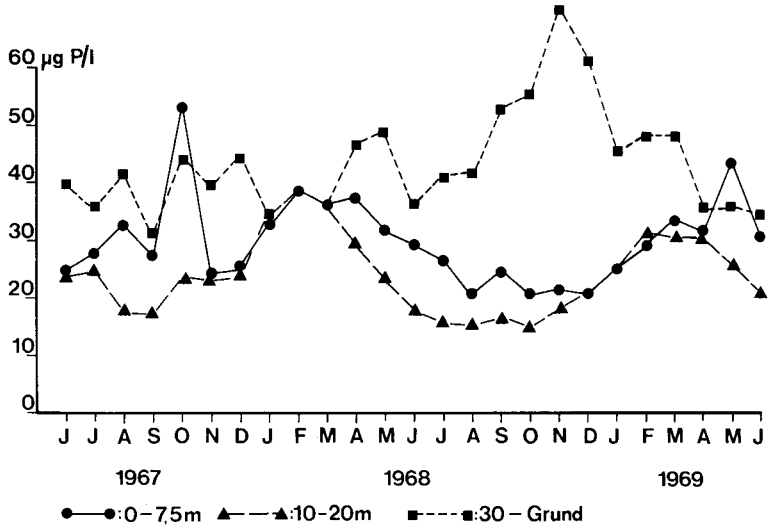

Abb. 8. Gesamtphosphor, Mittelwerte µg P/l.
Fig. 8. Phosphore total, valeurs moyennes.
Fig. 8. Total phosphorus, means.

Die Tatsache, dass der Gesamtphosphor in der trophogenen Schicht kaum vermindert wird, lässt auf weitere Phosphorquellen schliessen. Diese Phosphorzuflüsse sind in den Abwassereinflüssen und den unkontrollierbaren Sickerwässern aus dem gedüngten Kulturland zu suchen [24].

Nach Gächter und Furrer [24] beträgt der mittlere Phosphorverlust durch Auswaschung und oberflächliche Abschwemmung des terrestrischen Bodens im schweizerischen Mittel rund 0,35 kg/ha pro Jahr. Beim hauptsächlich landwirt-

schaftlich genutzten Einzugsgebiet des Sempachersees würden demnach dem See jährlich auf diese Weise 2700 kg P zugeführt. Wesentlich sicherer sind die durch Abwässer dem See zugeführten P-Mengen zu erfassen. Sie betragen nach WUHRMANN [25] durchschnittlich 3 g P pro Kopf und Tag. Die durch Abwässer dem See zugeführten P-Mengen machen somit bei einer Einwohnerzahl von rund 10000 Personen über 10 t aus.

Die im März 1972 in Betrieb genommene Abwasserreinigungsanlage von Sempach-Neuenkirch hält mit ihrer 3. Reinigungsstufe den Phosphor von etwa 4200 Einwohnern zu 90% zurück. Es sind dies rund 4100 kg P pro Jahr, auf die Gesamtphosphorzufuhr zum See bezogen immerhin 32%, die dem See nicht mehr zur Verfügung stehen.

4.37 Kieselsäure

Untersuchungen von LORENZEN [26] haben ergeben, dass die Kieselsäure bei den Diatomeen über ihre Rolle als Gerüstsubstanz hinaus eine wesentliche physiologische Funktion hat. Wenn Diatomeen in kieselsäurefreier Nährlösung gehalten werden, treten Veränderungen und Blockierungen verschiedener Stoffwechselprozesse ein.

Die Werte Ende Juli (Tab. 7) zeigen geringe Konzentration im Epilimnion und allmählich zunehmende Werte im Hypolimnion. Die gemessenen epilimnischen Werte gestatten den Diatomeen ein ständiges, jedoch bescheidenes Vorkommen, wie es im Sommerplankton des Sempachersees anzutreffen ist (A. Schwander, Sempach, mündliche Mitteilung). Die gleichmässigen epilimnischen Werte im Dezember weisen auf eine gute Durchmischung hin, verbunden mit Absinken und Absterben von Diatomeen.

4.38 Säurebindungsvermögen–Karbonathärte

Vom Oktober 1968 bis Dezember 1968 nahm die Härte im Epilimnion ständig zu (Tab. 8). Der Rückgang der assimilierenden Organismen und damit der Bioaktivität erlaubte das Wiederherstellen von Gleichgewichtsverhältnissen. Unter dieser Voraussetzung konnte auch das Bikarbonatdefizit aus der biogenen Entkalkung wieder ausgeglichen werden.

Vom Januar 1969 bis April 1969 hielten sich die Werte einigermassen stabil, was auf eine geringe Photosynthese zurückzuführen ist.

4.4 *Biologische Untersuchungen*

4.41 Morphologie des Litorals

Wo kein Schilfgürtel (*Phragmites communis* Trin) den Übergang vom terrestrischen Ufer zum See überkleidet, fällt das Land seewärts meist in einer Art *Böschung* ab. Dieses Bord ist dem Einfluss der Wellenbewegung direkt ausgesetzt. Wenn die Böschung nicht künstlich durch Verbauungen oder Anpflanzungen geschützt ist, spült der stetige Wellenschlag das Landufer immer mehr ab. Der abgegrabene Erdboden wird durch die Wellen gleichmässig auf die Uferbank verteilt. Es finden sich jedoch noch viele Stellen, wo der Übergang vom Land zum Wasser durch einen Schilfgürtel gegen die Brandung geschützt ist. Dies trifft beinahe für die gesamte linke (= SW) Seeseite zu. Auf der rechten (= NE) Seeseite ist dieser Schilfgürtel häufig unterbrochen, und zwar auffallenderweise jeweils in der Nähe

Tabelle 7. Kieselsäure (mg SiO_2/l).
Tableau 7. La silice.
Table 7. Silicon.

	31. 7. 1968	16. 12. 1968	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969
0 m	0,62	1,25	1,0	4,8	0,8
2 m	0,64	1,5	0,95	2,6	0,7
5 m	0,72	1,25	1,12	1,77	0,85
7,5 m	0,6	1,25	1,15	2,3	0,85
10 m	0,72	1,25	1,15	5,7	1,1
15 m	1,08	1,25	1,21	4,2	1,25
20 m	1,46	1,3	1,07	7,2	1,25
30 m	1,71	2,05	1,26	6,6	1,4
40 m	1,74	1,8	1,6	7,8	1,4
60 m	2,02	2,4	2,22	7,4	1,45
	80,8 m: 3,08	84,5 m: 4,35	85 m: 3,36	82,1 m: 5,3	84,9 m: 2,3

Tabelle 8. Karbonathärte (fr H°).
Tableau 8. Alcalinité (°Fr).
Table 8. Alkalinity.

	29. 10. 1968	18. 11. 1968	16. 12. 1968	15. 1. 1969	18. 2. 1969	26. 3. 1969	16. 4. 1969	19. 5. 1969	26. 6. 1969
0 m	–	11,85	13,0	12,3	12,5	13,0	13,3	11,5	13,5
2 m	–	11,2	13,0	12,35	12,75	13,0	13,2	11,75	11,35
5 m	10,8	11,4	12,0	12,1	12,75	12,85	13,0	11,9	11,35
7,5 m	11,0	11,2	12,25	12,2	12,75	12,85	12,8	12,75	11,15
10 m	11,0	11,2	12,5	12,2	13,0	12,2	12,5	12,75	11,2
15 m	13,1	13,25	12,35	12,3	12,85	12,35	12,5	12,75	11,4
20 m	12,75	13,0	11,85	12,3	13,25	12,3	12,5	12,9	11,3
30 m	12,7	13,0	13,35	12,25	13,0	12,35	12,4	13,0	11,9
40 m	12,75	13,0	13,0	12,5	13,0	12,5	12,4	13,0	12,25
60 m	12,75	13,1	13,0	12,75	13,0	12,8	12,35	13,0	12,45
	83,1 m: 13,75	83 m: 14,0	84,5 m: 13,7	85 m: 13,25	85 m: 13,75	85 m: 12,75	82,1 m: 12,25	84,9 m: 12,75	85 m: 12,5

der vielen Weekend- und Ferienhäuschen. An vielen Stellen ist er erst in jüngster Zeit verschwunden; der Wurzelfilz der abgestorbenen Schilfpflanzen ist dort noch vorhanden.

Die *Uferbank* neigt sich sehr sanft gegen den See hin (siehe Abb. 2). Auf der rechten Seeseite ist die Uferbank zwischen 20 und 25 m breit, auf der linken Seeseite misst sie etwa die Hälfte.

Der kompakte Wurzelfilz der lebenden und der abgestorbenen *Phragmites*-bestände verhindert zurzeit ein Fortschreiten der Ufererosion. Dieser Wurzelfilz wird verstärkt durch Fadenalgen und Kieselalgen, welche von Frühjahr bis Herbst zusammen einen kompakten Teppich bilden. Am seewärts gelegenen Ende des Wurzelteppichs bildet sich durch den Wellenschlag eine *Stufe* in der Uferbank. Diese Stufe kann bis zu einem Meter hoch sein. Daran schliesst sich meist die *Seehalde* an, welche nun in einem steileren Böschungswinkel gegen die Tiefe hin abfällt. Der Boden in der Seehalde ist sehr locker und wird durch kein Wurzelwerk mehr zusammengehalten. Den Abschluss des Litorals bildet die Zone der leeren *Molluskenschalen.*

4.42 Der benthische Pflanzenbewuchs

Die schon in der Einleitung erwähnte Feststellung von BACHMANN [2] aus dem Jahre 1922, wonach damals die Phanerogamen im Sempachersee in grosser Mannigfaltigkeit vorgekommen sind, trifft heute nicht mehr zu. Von den 18,5 km Uferlänge sind noch 11 Kilometer mit Schilfrohr (*Phragmites communis* Trin) bedeckt. Die Lücken zwischen den einzelnen Schilfgürtelabschnitten werden immer grösser, ebenso nimmt die Tiefe der Bestände wahrnehmbar ab. Ganz vereinzelt ist dem Schilfgürtel ein bescheidener Binsengürtel vorgelagert (*Scirpus lacustris* L.), oder die Binse steht in den Lücken des Schilfgürtels.

Beinahe vollständig fehlt der *Potamogeton*gürtel. Nur an vereinzelten Stellen können *Potamogeton* und *Myriophyllum* gefunden werden. Nach einer mündlichen Aussage von J. Hofer, Fischer in Oberkirch, soll dieser Zustand im Jahre 1952 schlagartig eingetreten sein. In jenem Jahr seien alle Laichkräuter plötzlich verschwunden, und gleichzeitig sei ein Massensterben von Haubentauchern (*Podiceps cristatus* L.) aufgetreten. Die Ursachen dieser für den See wesentlichen Veränderungen sind unbekannt. In einigen windgeschützten, so vor allem in den nach Südosten offenen Buchten, können Schwimmblattpflanzen angetroffen werden. Es sind dies *Nuphar luteum* L. und *Nymphaea* alba L. sowie *Polygonum amphibium* L.

Zu Beginn der Seehalde tritt vereinzelt im Sommer und Herbst *Naias marina* L. als Vertreter der submersen Pflanzengruppen auf. Von zusammenhängenden Beständen kann freilich nicht die Rede sein.

4.43 Ergebnisse der biologischen Untersuchungen

Zur Identifizierung dienten folgende Bestimmungswerke:

Hydrozoa: P. SCHULZE und O. KINNE, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.

Bryozoa: F. WIEBACH, in *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.

Turbellaria: A. REMANE und S. GERLACH, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.

Oligochaeta: A. REMANE und S. GERLACH, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.
H. UDE, *Oligochaeta*, in: *Die Tierwelt Deutschlands* (Jena 1929), begründet von F. Dahl.
Hirudinea: A. REMANE und S. GERLACH, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.
Tardigrada: E. SCHULZ, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.
Gastropoda und Bivalvia: G. SIEGRIED und G. A. JAECKEL, in: *Fauna von Deutschland* (Heidelberg 1964), herausgegeben von Paul Brohmer.
Cladocera: HANS VOLKMAR HERBST, *Blattfusskrebse* (Kosmos, Stuttgart 1962).
Copepoda: FRIEDRICH KIEFER, *Ruderfusskrebse* (Kosmos, Stuttgart 1960).
Isopoda: H. E. GRUNER, *Crustacea V.* in: *Die Tierwelt Deutschlands* (Jena 1965), begründet von F. Dahl.
Amphipoda: A. SCHELLENBERG, *Crustacea IV*, in: *Die Tierwelt Deutschlands* (Jena 1941), begründet von F. Dahl.
Ephemeroptera: EDUARD SCHOENEMUND, *Eintagsfliegen*, in: *Die Tierwelt Deutschlands* (Jena 1930), begründet von F. Dahl.
Odonata: EDUARD MAY, *Libellen*, in: *Die Tierwelt Deutschlands* (Jena 1933), begründet von F. Dahl.
Diptera: J. J. KIEFFER, *Chironomidae Ceratopogoninae*, in: *Faune de France* (Paris 1925).
M. GOETGHEBUER, *Chironomidae Tanypodinae*, in: *Faune de France* (Paris 1927).
M. GOETGHEBUER, *Diptères Chironomidae IV*, in: *Faune de France* (Paris 1932).
HENRI BERTRAND, *Les Insectes aquatiques d'Europe*, Volume II (Paris 1954).
WILLI HENNIG, *Die Larvenformen der Dipteren*, 1. Teil (Berlin 1948).
WILLI HENNIG, *Die Larvenformen der Dipteren*, 3. Teil (Berlin 1952).
Megaloptera: HENRI BERTRAND, *Les Insectes aquatiques d'Europe*, Volume I (Paris 1954).
Trichoptera: GEORG ULMER, *Trichoptera*, in: *Die Süsswasserfauna Deutschlands*, Heft 5 und 6 (Jena 1909).
NORMAN E. HICKIN, *Caddis Larvae* (London 1967).

Die gefundenen Organismen sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Neben dem Funddatum, der Fundstelle (siehe auch Abb. 1) ist die nähere örtliche Bezeichnung (Böschung, Schilfgürtel, Uferbank, Stufe, Seehalde) mit der jeweiligen Tiefe vermerkt. Weiter sind das Arbeitsgerät und die Anzahl Individuen je Probe angegeben. Es gilt zu berücksichtigen, dass Bodentiere mit mobiler Lebensweise bei den Probenentnahmen nur zufällig angetroffen werden. Da die Probennahmen nicht nach statistischen Regeln erfolgen konnten, lassen die Individuenzahlen keine streng quantitative Interpretation zu.

Bemerkungen zu Tabelle 9

1. Hydrozoa

Nur viermal konnte *Hydra* sp. gefunden werden. Leider machte die Formolfixierung eine genaue Bestimmung nicht mehr möglich. In einem Dredschenzug aus 3 m Tiefe waren sogar zwei Individuen enthalten. In keinem Fang konnten Tiere mit Knospen beobachtet werden. Die Polypen benützten als Unterlage lebende und verwesende Pflanzenstücke.

2. Bryozoa

Die Bryozoen sind im Sempachersee durch *Cristatella mucedo* Cuv. vertreten. Es konnten jedoch nur Statoblasten und keine vegetativen Formen gefunden werden. Die Statoblasten waren regelmässig im Winter anzutreffen; sie lagen zerstreut auf dem Seeboden.

3. Turbellaria

Es wurden auffällig wenig Turbellarien gefunden. Mit einer Ausnahme (am 3. Dezember 1968 bei der Stelle P_8) kamen die beiden Planarienarten *Planaria torva* M. Schultze und P. *lugubris* O.

Tabelle 9. Tierische Organismen des Litorals.
Tableau 9. La faune de la zone littorale. Bö = bord; Sch = zone des roseaux; Ba = banc du bord; Sf = talus; Ha = pente.
Table 9. The fauna of littoral. Bö = border; Sch = zone of reed; Ba = bench of the shore; Sf = stair; Ha = slope.

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
			Böschung Bö Schilfgürtel Sch Uferbank Ba Stufe Sf Seehalde Ha		Dredsche Dr Greifer Gr Käscher Kä Stein St	Anzahl Individuen je Probe
Hydrozoa						
Hydra sp.	2. 10. 1967	P_2	Sch	0,3 m	Kä	1
	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	2
	18. 9. 1968	P_7	Ba	1,3 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_9	Ba	1,0 m	Dr	1
Bryozoa						
Cristatella mucedo	12. 1. 1967	P_{21}	Ba, Bö	0,3 m	Kä, St	sehr viele
Statoblasten	14. 2. 1968	P_2	Ba	0,6 m	Kä	sehr viele
	3. 12. 1968	P_8	Ha	7,4 m	Gr	sehr viele
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf, Ha	2,4 m	Gr	sehr viele
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	sehr viele
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	sehr viele
	3. 3. 1969	P_1	Ha	7,0 m	Gr	sehr viele
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	sehr viele
Turbellaria						
Planaria torva	12. 1. 1967	P_{21}	Bö	0,2 m	St	3
	30. 5. 1967	P_{21}	Bö	0,2 m	St	2
	17. 8. 1967	P_{16}	Sch	0,4 m	Kä	1
Planaria lugubris	7. 2. 1968	P_{21}	Ba	0,3 m	St	2
	26. 3. 1968	P_{21}	Ba	0,1 m	St	5
	3. 12. 1968	P_8	Ba	1,5 m	Gr	1
Oligochaeta						
Tubifex sp.	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	5,0 m	Dr	1

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	21. 8. 1968	P_5	Ha	9,0 m	Dr	sehr viele
	5. 9. 1968	P_4	Ha	7,0 m	Gr	25
	5. 9. 1968	P_4	Ha	11,3 m	Gr	50
	25. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	20
	25. 9. 1968	P_{11}	Ha	4,0 m	Gr	10
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	5,5 m	Gr	10
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	3,2 m	Gr	2
	3. 12. 1968	P_8	Ha	7,4 m	Gr	20
	8. 1. 1969	P_{13}	Sf	2,0 m	Gr	2
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	2
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	2
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Kä	15
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	33
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	30
	3. 3. 1969	P_1	Ha	7,0 m	Gr	7
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	15
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	13
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	7
	29. 4. 1969	P_{10}	Sf	1,8 m	Dr	5
Hirudinea						
Hemiclepsis marginata O. F. Müller	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	1 mit 10 Jungtieren
	10. 9. 1968	P_{15}	Bö	0,2 m	Kä	1
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	3,4 m	Dr	1
Helobdella stagnalis L.	30. 5. 1967	P_{21}	Sch	0,9 m	Kä	4
	17. 8. 1967	P_{16}	Sch	0,3 m	Kä	3
	7. 2. 1968	P_{21}	Sch	0,2 m	St	4
	14. 2. 1968	P_2	Sch	0,3 m	St	3
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	4
	3. 12. 1968	P_8	Ba	1,5 m	Kä	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Sf	3,0 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	6,0 m	Gr	1
Glossiphonia heteroclita L.	30. 5. 1967	P_{21}	Sch	0,2 m	St	1
Glossiphonia complanata L.	13. 4. 1967	P_2	Sch	0,3 m	St	1
Herpobdella testacea Savigny	14. 3. 1967	P_{16}	Sch	0,4 m	St	4
	17. 8. 1967	P_{16}	Sch	0,3 m	St	3
	14. 2. 1968	P_2	Sch	0,5 m	St	3
	25. 6. 1968	P_{20}	Sf	3,0 m	Dr	2
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	2

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1
Tardigrada						
Macrobiotus sp.	6. 12. 1967	P_2	Ba	0,6 m	Kä	3
	29. 11. 1968	P_2	Sf	1,7 m	Kä	2
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Kä	3
Gastropoda						
Valvata piscinalis Müll.	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	5,0 m	Gr	1
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	5
	10. 9. 1968	P_3	Ha	4,0 m	Gr	20
	3. 12. 1968	P_8	Sf	2,6 m	Gr	2
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	5
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	3
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	2
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_{10}	Sch	1,5 m	Gr	3
Bithynia tentaculata L.	17. 8. 1967	P_{16}	Sch	0,8 m	Kä	2
	17. 8. 1967	P_{16}	Bö	0,1 m	St	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_1	Ha	7,0 m	Gr	1
Lymnaea stagnalis L.	15. 3. 1967	P_{21}	Bö	0,2 m	Kä	2
	7. 2. 1968	P_{21}	Bö	0,1 m	St	2
Radix peregra Drap.	17. 8. 1967	P_2	Bö	0,2 m	St	1
Armiger crista L.	17. 8. 1967	P_2	Bö	0,2 m	St	1
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_{10}	Sch	1,5 m	Gr	3
Anisus sp.	7. 2. 1968	P_{21}	Sch	1,0 m	Kä	1
Bivalvia						
Anodonta cygnea L.	15. 3. 1967	P_2	Ha	3,0 m	Kä	1
	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	5,0 m	Gr	1
	25. 7. 1968	P_{21}	Ha	7,1 m	Gr	1
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	1
	10. 9. 1968	P_3	Ha	4,0 m	Gr	4
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	3
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	1

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
Pisidium sp.	15. 3. 1967	P_2	Ha	3,0 m	Kä	3
	29. 3. 1967	P_{16}	Sch	1,0 m	Kä	2
	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	4,5 m	Gr	4
	25. 7. 1968	P_{21}	Ha	4,7 m	Gr	2
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	1
	10. 9. 1968	P_3	Ha	4,0 m	Gr	4
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	3
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	2
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	3
Cladocera						
Sida crystallina O. F. Müller	14. 9. 1967	P_2	Sch	0,5 m	Kä	
	19. 9. 1967	P_2	Sch	0,7 m	Kä	
	15. 11. 1967	P_2	Sch	1,8 m	Kä	
	22. 10. 1968	P_{12}	Sch	2,5 m	Kä	
	24. 10. 1968	P_{17}	Sch	2,3 m	Kä	
Diaphanosoma brachyurum Liéven	15. 11. 1967	P_2	Sch	2,0 m	Kä	
Scapholebris mucronata O. F. Müller	18. 9. 1968	P_8	Sch	1,3 m	Kä	
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	5,5 m	Gr	
	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	
Daphnia cucullata G. O. Sars	14. 9. 1967	P_2	Sch	1,0 m	Kä	
	19. 9. 1967	P_2	Sch	1,3 m	Kä	
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	
Daphnia longispina O. F. Müller	19. 9. 1967	P_2	Sch	1,2 m	Kä	
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	
Ceriodaphnia laticaudata P. E. Müller	19. 9. 1967	P_2	Sch	0,7 m	Kä	
Bosmina longirostris O. F. Müller	19. 9. 1967	P_2	Sch	0,6 m	Kä	
	15. 11. 1968	P_2	Sch	1,1 m	Kä	
Acantholebris curvirostris O. F. Müller	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	
Alonopsis elongata G. O. Sars	14. 9. 1967	P_2	Sch	0,9 m	Kä	
Alona affinis Leydig	21. 9. 1967	P_{21}	Bö	0,3 m	St	
	22. 10. 1968	P_{12}	Ba	2,5 m	Gr	

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	15. 11. 1968	P_2	Sch	0,7 m	Kä	
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	
Peracantha truncata O. F. Müller	19. 9. 1967	P_2	Ba	0,3 m	Kä	
	15. 11. 1968	P_2	Sch	0,9 m	Kä	
Chydorus sphaericus O. F. Müller	12. 12. 1967	P_{21}	Sch	0,5 m	Kä	
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	2,5 m	Gr	
	29. 4. 1969	P_{10}	Sf	1,5 m	Gr	
Polyphemus pediculus L.	18. 6. 1968	P_2	Bö	0,05 m	Kä	
	18. 9. 1968	P_8	Sf	2,2 m	Gr	
	29. 11. 1968	P_2	Ba	0,2 m	Kä	
Copepoda						
Eudiaptomus gracilis G. O. Sars	19. 9. 1967	P_2	Sch	1,8 m	Kä	
Macrocyclops albidus Jurine	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	
	26. 2. 1969	P_{14}	Sf	2,6 m	Gr	
	29. 4. 1969	P_{10}	Sch	1,8 m	Gr	
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	
Eucyclops serrulatus Fischer	14. 9. 1967	P_2	Sch	0,6 m	Kä	
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,5 m	Dr	
Acanthocyclops sp.	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	
Mesocyclops leuckarti Claus	12. 12. 1967	P_{21}	Ba	0,5 m	Kä	
Isopoda						
Asellus aquaticus L.	13. 4. 1967	P_2	Bö	0,3 m	St	5
	17. 8. 1967	P_2	Bö	0,2 m	St	4
	17. 8. 1967	P_{16}	Ba	0,7 m	St	3
	7. 2. 1968	P_{21}	Bö	0,2 m	St	7
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	6,0 m	Gr	2
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	9
	29. 4. 1969	P_{10}	Sf	3,0 m	Gr	1

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
Amphipoda						
Rivulogammuars pulex pulex L.	13. 3. 1967	P_2	Bö	0,2 m	St	15
	17. 8. 1967	P_{16}	Ba	0,5 m	St	10
	17. 8. 1967	P_{18}	Bö	0,3 m	St	5
	7. 2. 1968	P_{21}	Bö	0,3 m	St	2
Ephemeroptera						
Ephemera vulgata L.	18. 9. 1968	P_7	Ba	1,3 m	Gr	1
	18. 9. 1968	P_7	Sf	2,2 m	Gr	2
	18. 9. 1968	P_7	Ha	3,0 m	Gr	1
	29. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	4
	29. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	2
	29. 9. 1968	P_{11}	Ha	4,0 m	Gr	2
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	3,4 m	Gr	6
	3. 12. 1968	P_8	Sf	2,6 m	Dr	2
	3. 12. 1968	P_8	Ha	7,4 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Ba	2,0 m	Gr	2
	9. 12. 1968	P_{19}	Ba	2,0 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	3,0 m	Gr	3
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	3
	18. 3. 1969	P_8	Sf	2,4 m	Gr	1
Ephemera danica Müller	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	3,0 m	Gr	1
Leptophlebia marginata L.	29. 3. 1967	P_{16}	Sch	1,0 m	Kä, St	2
Caenis sp.	7. 9. 1967	P_2	Ha	3,8 m	Dr	11
	15. 11. 1967	P_2	Sch	1,9 m	Kä	9
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	80
	3. 3. 1969	P_1	Ha	7,0 m	Gr	6
Caenis moesta Bengtsson	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	25
	21. 8. 1968	P_5	Ha	4,4 m	Gr	sehr viele
	5. 9. 1968	P_4	Ha	7,0 m	Gr	12
	10. 9. 1968	P_3	Sf	3,5 m	Gr	2
	18. 9. 1968	P_7	Sf	3,0 m	Dr	viele
	25. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	sehr viele

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	25. 9. 1968	P_{11}	Ha	4,0 m	Gr	sehr viele
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	3,2 m	Gr	3
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	12
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	40
	3. 12. 1968	P_{8}	Sf	2,6 m	Gr	20
	8. 1. 1969	P_{13}	Ba	2,0 m	Gr	3
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	8
	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	12
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	35
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	30
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	21
	18. 3. 1969	P_{8}	Sf	2,4 m	Gr	56
	29. 4. 1969	P_{9}	Ba	1,2 m	Dr	15
Caenis horaria L.	21. 9. 1967	P_{21}	Sch	1,0 m	Kä	10
	14. 2. 1968	P_{2}	Ba	0,8 m	Kä	5
	10. 9. 1968	P_{3}	Ha	4,0 m	Dr	1
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	5,5 m	Dr	sehr viele
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	3,4 m	Dr	sehr viele
	22. 10. 1968	P_{12}	Sf	2,5 m	Dr	sehr viele
	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	3,2 m	Gr	1
	3. 12. 1968	P_{8}	Ha	7,4 m	Gr	10
	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Kä	7
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	35
	26. 2 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	30
Caenis macrura Stephens	10. 9. 1968	P_{3}	Ha	4,0 m	Dr	2
	18. 9. 1968	P_{7}	Ha	5,0 m	Gr	2
	18. 9. 1968	P_{7}	Sf	3,0 m	Dr	4
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	13
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	14
Centroptilum luteolum Müller	4. 4. 1968	P_{21}	Sch	0,7 m	Kä	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	3
	18. 3. 1969	P_{8}	Sf	2,4 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,2 m	Dr	19

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
Baetis sp.	18. 9. 1968	P_7	Ha	3,0 m	Dr	5
Heptagenia sp.	11. 12. 1967	P_2	Ba	0,3 m	Kä	6
	12. 12. 1967	P_{21}	Ba	0,2 m	Kä	4
Odonata						
Gomphus pulchellus Selys	25. 7. 1968	P_{21}	Ha	5,6 m	Gr	1
	10. 9. 1968	P_3	Ha	4,0 m	Dr	1
	18. 9. 1968	P_7	Ba	1,3 m	Gr	1
	18. 9. 1968	P_7	Sf	2,2 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	2
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	1
Gomphus vulgatissimus L.	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
Gomphus simillimus Selys	25. 9. 1968	P_{11}	Sf	2,7 m	Gr	1
Diptera						
Ceratopogoninae (*Bezzia* sp.	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	10
und *Probezzia* sp.)	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	2
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	4
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	2
Tanypodinae						
Psectrotanypus sp.	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	15
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	28
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	19
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,4 m	Gr	22
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,7 m	Gr	56
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	2
Tanypus sp.	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	2
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	9
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	2
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,4 m	Gr	13
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	10

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
Chironomariae						
Microtendipes sp.	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	3
Endochironomus sp.	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	4
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	88
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	62
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	70
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,7 m	Gr	166
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	46
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	139
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	15
	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	10
Glyptotendipes sp.	28. 1. 1969	P_{18}	Sch	1,6 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,4 m	Gr	15
Chironomus sp.	13. 6. 1967	P_2	Sf	2,0 m	Dr	5
	13. 6. 1967	P_2	Sch	1,8 m	Dr	8
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	24
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	7
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	5
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	7
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,4 m	Gr	4
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,7 m	Gr	1
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	3
Cryptochironomus sp.	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	2
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	47
Pentapedilum sp.	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,4 m	Gr	72
Lauterbornia sp.	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	2
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	9
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	14
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	13
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	28
	3. 3. 1969	P_1	Ha	3,7 m	Gr	23
	18. 3. 1969	P_6	Sf	2,4 m	Gr	68

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	9
	25. 6. 1969	P_{20}	Ha	3,0 m	Dr	1
Tanytarsus sp.	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	3
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	5
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	37
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	18
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	83
	3. 3. 1969	P_{1}	Ha	3,7 m	Gr	95
	3. 3. 1969	P_{1}	Ha	3,4 m	Gr	34
	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	23
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Gr	6
Corynoneura sp.	3. 3. 1969	P_{1}	Ha	3,4 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{1}	Ha	3,7 m	Gr	6
	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	1
Megaloptera						
Sialis lutaria L.	25. 7. 1968	P_{21}	Ha	7,1 m	Gr	1
	25. 7. 1968	P_{21}	Ha	5,6 m	Gr	1
	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	4
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	5
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1
Trichoptera						
Rhyacophila aquitanica Mc Lach	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	1
Cyrnus flavidus Mc Lach	14. 6. 1967	P_{21}	Ha	7,0 m	Dr	1
	2. 8. 1967	P_{21}	Sch	2,0 m	Kä	2
	17. 8. 1967	P_{2}	Bö	0,3 m	St	4
	18. 9. 1968	P_{7}	Ha	3,0 m	Dr	4
	25. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	13
	25. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	2
	22. 10. 1968	P_{12}	Sf	2,5 m	Gr	11
	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	13
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	3,2 m	Gr	2
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	3,4 m	Gr	2

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	22. 10. 1968	P_{12}	Sf	2,5 m	Gr	3
	3. 12. 1968	P_{8}	Sf	2,6 m	Gr	2
	3. 12. 1968	P_{8}	Ba	1,5 m	Dr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Ba	2,0 m	Gr	2
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	3
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	6,0 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	2
	8. 1. 1969	P_{13}	Sf	2,0 m	Gr	5
	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	8
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	12
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	4
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	2
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	7
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	6
	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	4
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Gr	6
Cyrnus trimaculatus Curt	13. 4. 1967	P_{2}	Sch	1,0 m	St	1
	14. 6. 1967	P_{21}	Ha	7,0 m	Dr	1
	17. 8. 1967	P_{2}	Bö	0,2 m	St	1
	25. 9. 1968	P_{11}	Ba	2,7 m	Gr	2
	18. 9. 1968	P_{7}	Sf	2,0 m	Gr	1
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	2,5 m	Gr	10
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	3,4 m	Gr	7
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	2,5 m	Gr	1
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	2,3 m	Gr	5
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	3,2 m	Gr	3
	3. 12. 1968	P_{8}	Sf	2,6 m	Gr	2
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	5
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	21
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	11
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	2,0 m	Gr	6
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	6
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	4
	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	9

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	15
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	2
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	3
	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	6
Polycentropus flavomaculatus Pict.	13. 4. 1967	P_{2}	Sch	1,0 m	Kä	1
	17. 8. 1967	P_{16}	Sch	0,9 m	Kä	2
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	16
Holocentropus stagnalis Albda	13. 4. 1967	P_{2}	Sch	1,0 m	Kä	1
	17. 8. 1967	P_{2}	Bö	0,4 m	St	8
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
Ecnomus tenellus Ramb.	3. 12. 1968	P_{8}	Ha	2,6 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1
Tinodes waeneri L.	14. 8. 1967	P_{21}	Bö	0,4 m	St	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	2
	21. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	4
Molanna angustata Curt.	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	2
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	2
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	1
	3. 12. 1968	P_{8}	Ha	2,6 m	Gr	8
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	3
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	2,0 m	Gr	6
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	5
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	11
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	2
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	2
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	3
Mystacides sp.	24. 10. 1968	P_{17}	Sf	2,3 m	Gr	7
	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	3,2 m	Gr	1

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	3. 12. 1968	P_8	Ha	2,6 m	Gr	4
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	1
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	2,0 m	Gr	5
	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_7	Ba	1,0 m	Dr	3
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	2
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	9
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	4
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	1
Mystacides azurea L.	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	3,0 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	24
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	2
Mystacides longicornis L.	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	2
Leptocerus aterrimus Steph.	24. 10. 1968	P_{17}	Ha	2,3 m	Gr	1
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	11
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,7 m	Gr	4
Oecetis ochracea Curt.	8. 1. 1969	P_{13}	Ha	2,0 m	Gr	1
Oecetis furva Ramb.	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	2
Limnophilus marmoratus Curt.	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,6 m	Gr	1
Limnophilus rhombicus L.	31. 3. 1967	P_7	Ba	1,0 m	Kä	1
Limnophilus lunatus Curt.	29. 3. 1967	P_{16}	Bö	0,1 m	St	1
Neureclipsis bimaculata L.	25. 6. 1968	P_{20}	Ha	4,0 m	Gr	1
	18. 9. 1968	P_2	Ha	3,0 m	Dr	1
	22. 10. 1968	P_{12}	Ha	2,5 m	Dr	1
	3. 12. 1968	P_8	Ba	0,5 m	Kä	1
	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1
	28. 1. 1969	P_{18}	Ba	1,6 m	Gr	1
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	1
	29. 4. 1969	P_{10}	Ba	1,0 m	Dr	4
Hydracarina						
Diplodontus despiciens O. F. Müller	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	2 W
Frontipoda musculus O. F. Müller	29. 4. 1969	P_{10}	Sch	1,0 m	Dr	1 M
	13. 5. 1969	P_7	Bö	0,2 m	St, Kä	2 W

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
Hygrobates (Hygrobates)longipalpis	29. 4. 1969	P_{10}	Sch	1,0 m	Dr	7 W
Hermann.	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	7,0 m	Gr	1 N
Hygrobates (Hygrobates)trigonicus	3. 3. 1969	P_{1}	Ha	5,1 m	Gr	1 W
Koenike	28. 1. 1969	P_{7}	Ba	1,0 m	Dr	1 W
Unionicola (Hexatax)crassipes	4. 8. 1969	P_{17}	Ha	6,5 m	Gr	3 W
O. F. Müller	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	1 N
	13. 5. 1969	P_{7}	Bö	0,2 m	St, Kä	2 W
						2 N
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1 M
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	7,0 m	Gr	1 N
Piona longipalpis Krendowsky	4. 8. 1969	P_{14}	Ha	6,5 m	Gr	1 M
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1 M
Forelia liliacea O. F. Müller	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	3 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1 M
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	7,0 m	Gr	1 W
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	2 W
						1 N
Forelia variegator C. L. Koch	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1 W
	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	1 W
						3 N
	13. 5. 1969	P_{7}	Bö	0,2 m	St, Kä	4 W
Brachypoda versicolor	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1 W
O. F. Müller	18. 3. 1969	P_{6}	Sf	2,4 m	Gr	1 W
						1 N
Axonopsis complanata	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	1 M
O. F. Müller						2 W
Mideopsis orbicularis	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1 M
O. F. Müller						3 W
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	1 W
						1 W
	9. 12. 1968	P_{19}	Ha	3,0 m	Gr	1 W
	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1 M
						2 W
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,5 m	Gr	2 W

Art	Funddatum	Stelle	Zone	Tiefe	Fanggerät	Menge
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	4 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,4 m	Gr	3 M
						8 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	3,7 m	Gr	1 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	7,0 m	Gr	1 N
	2. 3. 1969	P_{1}	Ha	7,0 m	Gr	1 W
	29. 4. 1969	P_{10}	Ha	3,0 m	Gr	1 W
	13. 5. 1969	P_{7}	Bö	0,2 m	St, Kä	3 W
	4. 8. 1969	P_{14}	Ha	6,5 m	Gr	1 M
						5 W
Arrenurus (*Arrenurus*) *albator*	9. 12. 1968	P_{19}	Sf	2,0 m	Gr	1 W
O. F. Müller	28. 1. 1969	P_{18}	Sf	2,4 m	Gr	1 W
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	2,5 m	Gr	1 W
	26. 2. 1969	P_{14}	Ha	3,4 m	Gr	1 W
	3. 3. 1969	P_{21}	Ha	7,0 m	Gr	1 W
	13. 5. 1969	P_{7}	Bö	0,2 m	St, Kä	1 W
	4. 8. 1969	P_{14}	Ha	6,5 m	Gr	1 M

M = männliches Tier, W = weibliches Tier, N = Nymphe.

Schm. an Stellen mit kräftigem Schilfgürtel und mit entsprechend viel verwesendem Pflanzenmaterial vor. Die Stelle P_8 weist nur noch Schilffragmente auf. An allen drei Fundstellen münden kleine Bäche in den See, so dass es durchaus denkbar ist, dass diese Tiere aus den Bächen in den See eingewandert sind. Jedenfalls lässt sich aus dem seltenen Auftreten der Planarien folgern, dass die Litoralzone des Sees für Planarien keinen günstigen Biotop darstellt.

4. Oligochaeta

Unter den Oligochaeten wurden nur *Tubifex* Lam. bestimmt. Es waren jeweils mit *Tubifex* in ungefähr gleicher Individuenzahl naiasartige Oligochaeten vergesellschaftet. *Tubifex* Lam. lässt sich im Sempachersee oft finden, und zwar um den ganzen See herum verteilt. Typischerweise wurden an der sehr verschmutzten Stelle beim Kanalisationseinfluss von Sempach am meisten Individuen nachgewiesen. Die andernorts festgestellten Individuenzahlen halten sich durchaus im normalen Rahmen und lassen in keinem Fall auf besonders verschmutzte Stellen schliessen.

5. Hirudinea

Die Hirudineen sind im Sempachersee mit 5 Arten, verteilt auf 4 Gattungen, vertreten.

Hemiclepsis marginata O. F. Müller weist mit einem Vorkommen von 3,4 m unter Wasser ihre tiefste Fundstelle auf, Die insgesamt 3 eingebrachten Exemplare deuten nicht auf ein häufiges Vorkommen hin. Als Besonderheit ist die Probe vom Juni 1968 aus 3 m Tiefe zu erwähnen, in der ein Muttertier mit 10 Jungtieren auf der Ventralseite enthalten war.

Helobdella stagnalis L. scheint zusammen mit *Herpobdella testacea* Savigny unter den Hirudineen der typische Bewohner des Sempachersees zu sein. *H. stagnalis* konnte achtmal festgestellt werden. Ihre Tiefenverbreitung lag zwischen 0 und 6,0 m. Zweimal war sie auf Ufersteinen anzutreffen, die übrigen Male befand sie sich auf dem Schlammboden. Mehrfach konnte sie im Schilfgürtel gesammelt werden.

Glossiphonia heteroclita L. war nur mit einem Exemplar an einer Stelle vertreten. Ihr Aufenthaltsort lag am landwärts gerichteten Rand eines 8 m breiten Schilfgürtels; sie hielt sich unter einem Zementstein auf.

Glossiphonia complanata L. war ebenfalls nur mit einem Exemplar an einer Stelle vertreten. Sie befand sich auf einem Stein im fussticfen Wasser, an einer Stelle, die ohne Pflanzenbewuchs war.

Herpobdella testacea Savigny weist die gleiche Häufigkeit wie *Helobdella stagnalis* L. auf. Allerdings weicht *H. testacea* in der Tiefenverteilung von *Helobdella stagnalis* ab; sie konnte nie tiefer als 3,7 m unter dem Wasserspiegel nachgewiesen werden. Jeweils in der Zeit zwischen August und Dezember waren auf der Oberseite von Steinen im Schilfgürtel und auf der Uferbank Kokons von *H. testacea* anzutreffen.

Allgemein ist über das Vorkommen der Hirudineen zu bemerken, dass wenige Individuen gefunden wurden.

6. Tardigrada

Die drei in der Tabelle 9 aufgezeichneten Funde von *Macrobiotus* sp. kamen zufällig zustande. Die Tardigraden sind in einer fixierten Probe nicht mehr auffindbar. Als lebende Organismen sind sie nur unter dem Mikroskop zu erkennen. Die erwähnten Funde von *Macrobiotus* wurden gemacht, als Aufwuchsalgen an Schilfpflanzen unter dem Mikroskop näher untersucht wurden. Da nicht alle Proben auf diese Weise überprüft wurden, darf angenommen werden, dass Bärtierchen übersehen wurden.

7. Mollusca

a) Gastropoda

Die Gastropoden sind mit 6 Arten aus 6 Gattungen vertreten.

Valvata piscinalis Müll. war weitaus am zahlreichsten vorhanden. Sie verteilte sich in der Tiefe von 1,5 m bis 5,0 m. In den Greiferproben waren meist mehrere Exemplare nachweisbar. Die auffällig grosse Anzahl von 20 Individuen in einer Probe vom 10. September 1968 stammte aus einer völlig pflanzenlosen Zone.

Bithynia tentaculata L. wurde seltener, dafür bis in eine Tiefe von 7,0 m nachgewiesen. Ihr Gehäuse, und vor allem dessen Mündungsdeckel, war beinahe immer in der Ansammlung der toten Molluskenschalen am unteren Ende des Litorals anzutreffen.

Lymnea stagnalis L. wurde nur zweimal gefunden. Das eine Mal befand sie sich auf verwesenden Pflanzen in unmittelbarer Ufernähe, das andere Mal sass sie auf der Unterseite eines Steines im

fusstiefen Wasser. Der geringe Pflanzenbewuchs könnte die Ursache des bescheidenen Vorkommens sein.

Radix peregra Drap. wurde nur einmal, in unmittelbarer Ufernähe, auf einem Stein beobachtet.

Armiger crista L. verteilte sich in drei Funden auf Böschung, Schilfgürtel und Halde in jeweils grossem zeitlichem Abstand.

Anisus sp. ist ebenfalls nicht zu den typischen Vertretern der Gastropoden im Sempachersee zu zählen, kam sie doch nur einmal auf verwesendem Schilf am oberen Ende des Sees in 1 m Tiefe vor.

Ausser *Valvata piscinalis* sind alle Gasteropodenarten nur spärlich vertreten. Im Unterschied zu den wenigen lebenden Exemplaren sind am unteren Ende des Litorals, in der Zone der toten Molluskenschalen, sehr viele Schneckengehäuse und Fragmente davon anzutreffen.

b) Bivalvia

Muscheln kommen im Sempachersee in zwei Gattungen vor, wobei beide recht häufig anzutreffen sind.

Anodonta cygnea L. kann regelmässig auf der ganzen Uferlinie gefunden werden. Die vorliegenden Resultate ergaben ein Vorkommen in einer Tiefe zwischen 2,4 und 7,1 m. Bei guter Durchsichtigkeit des Seewassers kann sie auf der Uferbank und in der Seehalde beobachtet werden. Dabei hinterlässt sie bei ihrer Fortbewegung im Sand feine Kriechspuren. Die 15 gefundenen lebenden Exemplare wiesen die verschiedensten Grössen auf. Das grösste Individuum verzeichnete einen Längendurchmesser von 16 cm. Die leeren Anodontenschalen machen im schon mehrmals erwähnten Gürtel der leeren Molluskenschalen einen grossen Anteil aus. Wenn im Frühjahr die Uferbank mit einem Teppich aus Kiesel- und Fadenalgen überzogen ist, können sich die Anodonten nicht mehr auf der Uferbank halten. Zu diesem Zeitpunkt sterben viele ab, die sich nicht in unverfilzte Zonen retten können. Nach einer mündlichen Angabe von J. Hofer, Fischermeister in Oberkirch, werden jeweils im Frühjahr sehr viele leere Anodontengehäuse durch den Seeausfluss in die Suhre geschwemmt.

Pisidium C. Pf. ist ebenfalls auf den ganzen Seeumfang verteilt. Sie hält sich hauptsächlich seewärts vom Schilfgürtel im Detritus der Uferbank und Seehalde auf. Beinahe jede Probe aus einer grösseren Tiefe als 2 m, welche Detritus oder feinen Schlamm enthält, ist bereichert durch lebende Pisidien. Der Anteil der Pisidien in der Zone der leeren Molluskenschalen lässt sich nicht festhalten, weil ihr zartes Gehäuse sehr leicht zerfällt.

8. Crustacea

Den planktischen Crustaceen konnte nicht in jeder Probe nachgegangen werden.

a) Cladocera

Sida cristallina O. F. Müller konnte jeweils im Schilfgürtel gefunden werden.

Diaphanosoma brachyurum Liéven wurde einmal vor dem Schilfgürtel gefangen.

Scapholebris mucronata O. F. Müller befand sich zweimal in Schlammgreiferproben aus Tiefen von 5,5 m und 2,3 m.

Alona affinis Leydig wurde aus den Tiefen von 0 m bis 3,7 m recht häufig angetroffen. Einmal befand sie sich im Algenaufwuchs eines im Wasser treibenden Holzstücks, die anderen Male im feinen Detritus auf dem Uferboden.

Peracantha truncata O. F. Müller wurde jeweils im Herbst aus dem freien Wasser des Schilfgürtels gefangen.

Chydorus sphaericus O. F. Müller ist ein häufiger Vertreter im Litoral. Er befindet sich sowohl im Algenüberzug auf dem Seeboden als auch im feinen Detritus. Es gibt kaum eine Boden- oder Planktonprobe, in der er nicht anzutreffen wäre.

Polyphemus pediculus L. kam am 18. Juni 1968 in so riesigen Schwärmen vor, dass er im nur 4 cm tiefen Wasser an der Böschung von blossem Auge beobachtet werden konnte. Im darauffolgenden Herbst hielt er sich wieder über Grund auf, aber diesmal in 2,2 m Seetiefe.

b) Copepoda

Macrocyclops albidus Jurine ist ein typischer Vertreter der Bodenfauna des Litorals. Er war in verschiedenen Schlammproben aus unterschiedlichen Tiefen enthalten. Sein Vorkommen ist jedoch nicht überall obligatorisch, fehlte er doch in verschiedenen Schlammproben, die speziell auf seine Anwesenheit hin untersucht wurden.

Eucyclops serrulatus Fischer, ebenfalls ein häufiger Vertreter der Copepoden im Litoral. Er konnte auf den verschiedensten Substraten bis in eine Tiefe von 3,7 m nachgewiesen werden.

c) Isopoda

Asellus aquaticus L. weist während der Untersuchungszeit sonderbare zeitliche Erscheinungsdifferenzen auf. Im Jahre 1967 war beinahe unter jedem grösseren Stein in Ufernähe *Asellus* anzutreffen, im Jahre 1968 nur einmal, dafür im Jahre 1969 wieder mehrmals, und zwar bis in eine Tiefe von 6,0 m.

Eine ähnliche Schwankung war bei

d) Amphipoda

Rivulogammarus pulex L. zu verzeichnen. 1967 konnte *R. pulex* massenweise unter Steinen im fusstiefen Wasser erbeutet werden. 1968 konnten nur noch 2 Exemplare beobachtet werden, obwohl ausdrücklich nach Gammariden gesucht wurde. 1969 wiederum konnte nicht ein einziges Exemplar gefunden werden.

9. Insecta

a) Ephemeroptera

Die Ephemeriden halten sich als Larven und Nymphen im Litoral auf. In den Untersuchungen wurde nicht zwischen Larve und Nymphe unterschieden, sondern alle Angaben beziehen sich auf unverwandelte Tiere.

10 Arten aus 6 verschiedenen Gattungen waren vertreten:

Ephemera vulgata L., eine grabende Form, kam vor allem im sandigen Substrat, das wenige Pflanzenreste oder feinen Detritus enthielt, vor. Die Funde verteilen sich auf eine Wassertiefe von 1,0 m bis 7,4 m. *E. vulgata* wurde nie im Schilfgürtel oder im Wurzelfilz der Wasserpflanzen gefunden.

Ephemera danica Müller wurde einmal, am linken oberen Seeanfang in einer Tiefe von 3,0 m, gefunden.

Sehr häufig war die Gattung *Caenis* Steph. vertreten. Sie war unter den Ephemeriden jene Gattung, die am regelmässigsten und in der grössten Anzahl vorkam. Als *Caenis* sp. wurden jene Larvenstadien bezeichnet, die wegen ihrer geringen Grössen nicht den Arten *C. moesta, C. horaria* oder *C. macrura* zugeteilt werden konnten.

Caenis war im Litoral überall anzutreffen, sowohl im sandigen als auch im schlammigen Substrat, in pflanzenlosen, wie in pflanzenbewachsenen Uferpartien. Sie war meist am ganzen Körper mit feinen Detrituspartikeln bedeckt und bewegte sich immer an der Grenzschicht Boden–Wasser.

Centroptilum luteolum Müller konnte nur viermal, an vier verschiedenen Stellen, in Tiefen zwischen 0,7 m und 2,4 m gefunden werden.

Baetis Leach, welche nur einmal, aber gleich mit 5 Individuen, in 3 m Tiefe erbeutet werden konnte, muss wohl zu den zufälligen Bewohnern des Litorals gezählt werden. Es ist durchaus denkbar, dass sich, an besonders den Strömungen ausgesetzten Stellen in der Seehalde, solche strömungsliebenden Tiere wie *Baetis* ansiedeln können. Ein Auffinden gerade dieser sicher sehr begrenzten Stellen im Litoral ist mit den gewöhnlichen Untersuchungsmethoden zufällig.

Heptagenia Walsh wurde an zwei sich folgenden Tagen in geringer Tiefe auf der Uferbank am oberen Seeanfang gefunden.

b) Odonata

Die Libellen waren mit der Gattung *Gomphus* Leach vertreten.

Gomphus pulchellus Selys befand sich meistens im sandigen Substrat in Tiefen zwischen 1,0 und 5,6 m.

Gomphus vulgatissimus L. und *Gomphus simillimus* Selys traten nur mit zwei beziehungsweise mit einem Exemplar in Erscheinung.

c) Diptera

Die Dipteren spielen zahlenmässig in ihrer Verteilung im Litoral eine wichtige Rolle. Sie weisen gegenüber allen anderen Metazoen an den verschiedenen Stellen im See die grössten Individuenzahlen auf.

Einen nur geringen Anteil unter den Dipteren machten die Ceratopogonidae mit den Gattungen *Bezzia* Kieff. und *Probezzia* Kieff. aus. Im allgemeinen waren sie in der Stufe am Abschluss der Uferbank zu finden. Zahlenmässig stärker vertreten war die Unterfamilie der Tanypodinae mit

den Gattungen *Psectrotanypus* Kieffer und *Tanypus* Meigen. Diese Arten hielten sich in Tiefen zwischen 1,6 m und 2,4 m auf.

Den grössten Anteil wies die Gattung *Endochironomus* Kieffer auf. Die unterschiedlichen Zahlenwerte, sie schwanken zwischen 4 und 166 Individuen pro Probe, zeigen, wie ungleich diese Tiere auf dem Boden verteilt waren.

Ein ähnliches Bild, nur mit geringeren Individuenzahlen je Probe, zeigt die Gattung *Chironomus* Meigen. Diese Gattung machte nur einen kleinen Teil der Chironomiden aus und war an verschiedenen Stellen auch ungleich verteilt.

Cryptochironomus Kieffer wurde dreimal, *Pentapedilum* Kieffer einmal, jedoch mit 72 Exemplaren, gefunden.

Lauterbornia Kieffer und *Tanytarsus* v. der Wulp fanden sich in einem ungefähr gleichen Verhältnis an ähnlich vielen Stellen.

Corynoneura Winnertz war in drei Proben anzutreffen.

Gesamthaft lässt sich von den Chironomiden sagen, dass sie sich in sehr unterschiedlichen Mengen im Litoral finden und nur wenige systematische Gruppen an verschiedenen Stellen vorkommen.

d) Megaloptera

Sialis lutaria L. wurde, wie Du Bois und Geigy [3] berichten, in den dreissiger Jahren massenhaft beobachtet. Die in den vorliegenden Untersuchungen ermittelten Zahlen von *Sialis* sind, verglichen mit diesen Ergebnissen, sehr bescheiden. Einzig im sogenannten «Triechter» des Sempachersees bei Sursee konnte mehr als eine Larve pro Probe gefunden werden. Die übrigen Funde kamen erst nach vielen mühsamen, ergebnislosen Probenahmen zustande. *Sialis lutaria* ist nicht mehr ein typischer Bewohner des Sempachersees.

e) Trichoptera

Die Trichopteren haben sich als die wichtigsten Vertreter der Litoralfauna des Sempachersees erwiesen. Insbesondere die köcherlosen Larven der Arten *Cyrnus flavidus* Mc Lach und *Cyrnus trimaculatus* Curt. fehlen beinahe an keiner Probenstelle. Sie sind nicht in grossen Mengen anzutreffen, jedoch scheint es, als seien sie regelmässig auf dem Seeboden verteilt.

Polycentropus flavomaculatus Pict. konnte dagegen nur dreimal aus geringer Tiefe im Schilfgürtel nachgewiesen werden. Ebenfalls nur dreimal war *Holocentropus stagnalis* Albda zu finden, allerdings an drei völlig andersartigen Stellen, im Schilfgürtel, in der Böschung und in der Seehalde.

Ecnomus tenellus Ramb. liess sich nur in Tiefen zwischen 2,0 m und 3,7 m in 5 Proben finden.

Molanna angustata Curt. war vor allem an jenen Stellen regelmässig anzutreffen, die ein körniges Substrat aufwiesen, welches den Tieren des arttypische Material zum Gehäusebau lieferten.

Als *Mystacides* sp. wurden jene Tiere aus der Gattung *Mystacides* Latr. bezeichet, deren Larven nicht eindeutig den Arten *Mystacides azurea* L. oder *Mystacides longicornis* L. zugeordnet werden konnten. *Mystacides* konnte an verschiedenen Stellen rund um den See beobachtet werden.

Ein wiederum bescheidenes und seltenes Vorkommen wiesen die folgenden Arten auf:

Leptocerus aterrimus Steph. mit drei Fundstellen, *Oecetis ochracea* Curt., *Oecetis furva* Ramb., *Limnophilus marmoratus* Curt., *Limnophilus rhombicus* L., *Limnophilus lunatus* Curt. mit je nur einer Fundstelle.

10. Arachnoidea, Hydracarina

Die Wassermilben wurden in freundlicher Weise von Herrn Dr. C. Bader aus dem *Naturhistorischen Museum Basel* bestimmt. Die gefundenen Milben sind alles Tiere, welche auch in anderen Schweizer Seen heimisch sind. Es sind keine aussergewöhnlichen Funde zu verzeichnen.

Tabelle 10 hält fest, wie viele Proben an den verschiedenen Probestellen entnommen wurden und wie viele Tierarten daselbst anzutreffen waren. Die Art und Weise der Probenentnahmen (ob mit Greifer oder Dredsche) ist nicht berücksichtigt. Aus dieser Zusammenstellung geht die artenarme tierische Besiedlung der Litoralzone hervor. Mit Ausnahme der Stelle P_{14}, im sogenannten «Triechter», waren viele Probennahmen notwendig, um eine vermehrte Anzahl Tierarten zu finden.

Tabelle 10. Anzahl Proben und Tierarten je Probestelle.
Tableau 10. Nombre de prélèvements et espèces par endroit.
Table 10. Number of investigations and species by place.

Probestelle	Anzahl Proben	Anzahl Tierarten	Probestelle	Anzahl Proben	Anzahl Tierarten
P_1	3	12	P_{12}	3	11
P_2	36	64	P_{13}	3	14
P_3	2	7	P_{14}	4	36
P_4	2	3	P_{15}	1	1
P_5	2	7	P_{16}	9	9
P_6	2	13	P_{17}	2	12
P_7	8	25	P_{18}	3	25
P_8	7	17	P_{19}	2	14
P_9	2	2	P_{20}	4	12
P_{10}	7	25	P_{21}	25	38
P_{11}	4	6			

5. Diskussion

Die gefundenen Nährstoffverhältnisse liefern das Bild eines meso- bis schwach eutrophen Sees. Zu Beginn der Vegetationszeit steht, gleichmässig auf das ganze Seevolumen verteilt, eine relativ hohe Konzentration an Nährstoffen zur Verfügung. Sobald die klimatischen Bedingungen ein stärkeres Wachstum ermöglichen, wird dieses Angebot auch ausgenützt. Dies äussert sich in einer rapiden Abnahme der Nährstoffe in der obersten Wasserschicht und in einer ersten sprunghaften Verminderung der Durchsichtigkeit des Seewassers. Nach Ausbildung der Sprungschicht sind im Epilimnion nur noch sehr geringe Konzentrationen an Phosphaten und Nitraten vorhanden. Es kommt jedoch während der Vegetationszeit innerhalb der trophogenen Zone nicht zu einer Verminderung an partikulärem Phosphor.

Das Ausmass der Nährstoffverschiebung durch absinkende Organismen während der Vegetationszeit lässt sich an der Veränderung bzw. Zunahme der Nährstoffkonzentration in der Seetiefe abschätzen.

An die ersten Algenblüten des Sees im Frühjahr mit hohen Sauerstoffwerten in den oberen Wasserschichten schliesst sich eine Zeit abnehmender Sauerstoffkonzentrationen in der Tiefe des sich bildenden Metalimnions bzw. unmittelbar unterhalb der trophogenen Schicht an. Dieser Sauerstoffschwund setzt sich während der gesamten Produktionszeit fort und führt gegen Ende der Vegetationsperiode zu einem ausgeprägten metalimnischen Sauerstoffminimum von 3,9 mg O_2/l. Gleichzeitig verringert sich die Sauerstoffkonzentration in noch stärkerem Ausmasse durch aerobe Abbauprozesse im Frischsediment und erreicht beinahe den Wert null. Bei den jetzt im See gemessenen Sauerstoff- und Nährstoffwerten ist der Sempachersee für die Regeneration seiner Wassermassen vollständig von einer jährlichen Vollzirkulation abhängig. Seine Tiefe, Stratifikation, Abhängigkeit von Wind und Wetter sind so, dass er nicht obligatorisch monomiktisch oder gar dimiktisch ist, sonder eher fakultativ oligomiktisch.

Auffällig ist heute der Pflanzenbewuchs. Die Bedeckung der Uferzone mit Schilfrohr (*Phragmites communis* Trin) ist sehr unterschiedlich. Die linke Seeseite wird

von einem dicken Schilfgürtel umsäumt, welcher aus gesunden, kräftigen Pflanzen besteht. Die rechte Seeseite, besonders auf dem Seeabschnitt zwischen dem Dorfbach von Eich und der Ortschaft Sempach und am linken oberen Seeanfang, hat nur noch einen spärlichen, von kränklichen und schwächlichen Pflanzen durchsetzten Schilfgürtel aufzuweisen, welcher mit jedem Jahr schwächer wird und zusehends schwindet. Die direkte Ursache dieser Schilfverminderung ist nicht bekannt. Die Vermutung, dass dabei häusliche Abwässer beteiligt sind, ist nicht unberechtigt: Die beobachtete Hauptströmungsrichtung im Sempachersee, entsprechend der Hauptwindrichtung, verläuft vom unteren See-Ende nach Südosten gegen den Seeanfang. Somit werden oberflächlich einfliessende Gewässer, soweit sie sich thermisch nicht in tiefere Zonen einschichten, an der Seeoberfläche gegen das obere See-Ende getrieben. Der Dorfbach Eich ist stark verschmutzt, sein Wasser sowie die Überläufe der vielen Klärgruben der verschiedenen Ferien- und Weekendhäuser werden von der oberflächlichen Seeströmung genau jenen Uferstellen entlang getrieben, an denen heute der Schilfrückgang zu verzeichnen ist.

Die untergetauchten Wasserpflanzen fehlen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, beinahe vollständig. Vereinzelt ist *Myriophyllum, Potamogeton* und *Naias* anzutreffen. Eine Erklärung für den Rückgang der Wasserpflanzen kann nicht gegeben werden, da an anderen Gewässern (Bodensee, Untersee) genau die gegenteilige Beobachtung gemacht werden kann.

Die Zahl der determinierten Invertebratenspezies des Litorals erwies sich als gering, und dies trotz den im ganzen gesehen vielen Probennahmen. Besonders waren in den einzelnen Proben jeweils nur einige Arten nachzuweisen, zudem traten die in den Proben gefundenen Arten nicht in grosser Zahl auf.

Die Feststellung, dass die tierische Besiedelung des Litorals sowohl artenmässig als auch quantitativ spärlich ist, ist eine Tatsache, deren Gründe vorderhand unbekannt sind. Repräsentative Vergleiche aus früherer Zeit können keine angeführt werden.

6. Zusammenfassung

Der Sempachersee im schweizerischen Mittelland wurde während zweier Jahre (1967–1969) untersucht. Neben Messungen der physikalischen Komponenten (Temperatur, Sichttiefe, Wasserfarbe) lag das Schwergewicht auf den Messungen der chemischen Verhältnisse und der Bestandesaufnahme der tierischen Besiedelung des Litorals. Durch monatliche Messungen des Sauerstoff-, Nitratstickstoffgehaltes und der Menge an Phosphat, gelösten organischen Phosphorverbindungen, geformtem Phosphor, Gesamtphosphor, an Kieselsäure und der Karbonathärte in 11 verschiedenen Wassertiefen wurde der Chemismus des Sees verfolgt. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen führten zum Schluss, dass sich der Sempachersee in Eutrophierung vom mesotrophen zum schwach eutrophen See befindet. Während einiger Wochen konnten Extremsituationen wie Sauerstoffschwund im Metalimnion und fast vollständige Sauerstofflosigkeit in der Tiefe, angetroffen werden.

Die faunistischen Untersuchungen der Litoralzone wurden durch Probenentnahmen mit Greifer, Dredsche, Planktonnetz sowie Kontrolle künstlich exponierter Substrate vorgenommen. Die Ergebnisse zeigten eine quantitativ sehr dünne tierische

Besiedelung mit insgesamt 94 verschiedenen Arten. Die durchschnittliche Ausbeute je Probennahme lag bei 3,7 Tierarten, bei niedriger Individuenzahl.

Eine Erklärung dieser dünnen tierischen Besiedelung liess sich nicht geben.

RÉSUMÉ

Entre 1967 et 1969 des examens physiques et chimiques ont été effectués dans la zone pélagique du Sempachersee, un lac suisse (profondeur moyenne 46 m, surface d'eau 14,4 km², plus grande profondeur 86,7 m). La faune de la zone littorale (longueur de 18,5 km) a été examinée. Le Sempachersee est facultativement oligomictique avec une visibilité selon Secchi de 1,3 m (25-9-67) et 12,9 m (15-1-69). Vers la fin de le l'été l'oxygène tombe à un minimum de 4 mg O_2/l dans le metalimnion. En même temps la concentration en oxygène au-dessus de la plaine diminue à des valeurs en-dessous de 1 mg O_2/l. Pendant la période de circulation l'azote en forme de nitrate est présent dans toutes les couches avec des valeurs entre 0,55 mg/l et 0,6 mg/l.

Pendant la période de production le phosphore en forme de phosphate est absorbé dans la zone trophogène et se trouve dans toutes les couches à des valeurs entre 20 et 24 μg/l pendant la période de circulation.

La beine, avec une largeur moyenne de 20 m, est presque dénuée de flore. La faune est pauvre en espèce aussi bien que quantitativement pauvre. Les causes du manque de spermatophytes et de faune ne sont pas connues.

SUMMARY

Between 1967 and 1969 monthly chemical and physical tests were carried out in the pelagic layer of the Sempachersee (mean depth 46 m, lake surface 14.4 km², greatest depth 86.5 m). The fauna along the shore (shoreline 18.5 km) was examined. The Sempachersee is facultatively oligomictic. Visibility according to Secchi varies between 1.3 m (25. 9. 67) and 12.9 m (15. 1. 69). At the end of the summer oxygen dwindles to 4 mg O_2/l in the metalimnion. At the same time the oxygen concentration on the lake floor drops to values below 1 mg O_2/l. During turnover nitrate-nitrogen is found in quantities of between 0.55 mg/l and 0.6 mg/l in all layers of the lake.

During the production period phosphate-phosphorus is used up in the trophogenic zone and can be found in quantities of 20 to 24 μg/l in all layers of the lake during turnover.

The bank of the shore, which has only very sparse vegetal growth is 20 m wide on an average. The variety of animal species as well as the number of individuals in each are limited.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Heuscher, J., *Der Sempachersee und seine Fischereiverhältnisse*, Schweiz. Fischerei-Zeitung III, 162–213 (1895).

[2] Bachmann, J., und Hotz, W., *Gutachten über die mutmasslichen Folgen der Absenkung des Sempachersees*, Manuskript (1922).

[3] Du Bois, A. M., und Geigy, R., *Beiträge zur Ökologie, Fortpflanzungsbiologie und Metamorphose von Sialis lutaria* L., Rev. suisse Zool. *42*, 169–248 (1935).

[4] Lenz, F., *Naturwissenschaften 13*, 5–10 (1925).

[5] Grobe, D., *Mehrjährige Untersuchungen am Zooplankton des Sempachersees*, Rev. suisse Zool. *65*, 1–93 (1958).

[6] Züllig, H., *Beobachtungen über zunehmende Eutrophierung des Sempachersees*, Schweiz. Z. Landes-Regional- und Ortsplanung *3* (1958).

[7] Leemann, W., *Landeskunde der Schweiz* (Rentsch, Zürich 1939).

[8] Ruttner, F., *Grundriss der Limnologie* (Walter de Gruyter & Co., Berlin 1962).

[9] Montgomery, H. A. C., Thom, N. S., and Cockburn, A., *Determination of Dissolved Oxygen in Pure Water and Sea Water*, J. appl. Chem. *14*, 280 (1964).

[10] Schmassmann, H., *Die Sauerstoffsättigung natürlicher Wässer, ihre Ermittlung und ihre Bedeutung in der Hydrologie*, Schweiz. Z. Hydrol. *11*, 430 1949).

[11] AMBÜHL, H., und SCHMID, M., Schweiz. Z. Hydrol. *27*, 172–183 (1965).
[12] SCHMID, M., und AMBÜHL, H., Schweiz. Z. Hydrol. *27*, 184–192 (1965).
[13] MÜLLER, R., und WIDEMANN, O., Jahrbuch vom Wasser *22*, 247–171 (1955).
[14] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, Washington 1971).
[15] GUTERSOHN, H., *Geographie der Schweiz*, Bd. III, 2. Teil (Bern 1969).
[16] HALBFASS, W., *Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde* (Borntraeger, Berlin 1923).
[17] *Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz 1969* (Bern 1970).
[18] THEILER, A., *Beiträge zur Planktonkunde des Sempachersees und Baldeggersees*, Mitt. naturf. Ges. Luzern *7*, (1917).
[19] GÄCHTER, R., *Zur Frage der Einleitung von gereinigtem Abwasser*, Schweiz. Z. Hydrol. *33*, 73–84 (1971).
[20] ULE, W., *Die Bestimmung der Wasserfarbe in den Seen*, Petermanns Mitteilungen *28* (1892).
[21] GÄCHTER, R., *Phosphorhaushalt und planktische Primärproduktion im Vierwaldstättersee* (Horwer Bucht), Schweiz. Z. Hydrol. *30*, 1–66 (1968).
[22] STADELMANN, P., *Stickstoffkreislauf und Primärproduktion im mesotrophen Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im eutrophen Rotsee, mit besonderer Berücksichtigung des Nitrats als limitierender Faktor*, Schweiz. Z. Hydrol. *33*, 1–65 (1971).
[23] VOLLENWEIDER, R., *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fliessgewässereutrophierung, unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren* (Techn. Bericht OECD DAS/CSI 168.27).
[24] GÄCHTER, R., und FURRER, O. J., *Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz*, Schweiz. Z. Hydrol. *34*, 41–70 (1972).
[25] WUHRMANN, K., Föderation Europäischer Gewässerschutz, Informationsblatt Nr. 14, S.67–73 (1967).
[26] LORENZEN, H., Naturw. Rdsch. *22*/3 (1969).

Anschrift des Autors:
Dr. P. Perret, Unterhofen 6, CH–8625 Gossau.