

## **REGIONALLIMNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN SECHS KLEINSEEN IM PFYNWALD (KANTON WALLIS)**

von Ferdinand Schanz, Fredy Elber, Joachim Hürlimann  
und Clemens Niederberger <sup>1</sup>

### **RÉSUMÉ**

#### **Etude de limnologie régionale de six étangs de la Forêt de Finges (VS)**

Les étangs de la région de Finges sont tous issus du même éboulement, ils sont d'âge identique et ils se trouvent dans des conditions géologiques comparables. Le but de ce travail est de montrer les analogies et les différences entre ces six étangs choisis parmi les onze présents dans la région de Finges. Les recherches ont été effectuées de février à octobre 1984.

Parmi les paramètres identiques pour les six étangs, citons les valeurs pH (comprises entre 7 à 8), les faibles concentrations en nitrate et en nitrite, contrastant avec celles très élevées en ammonium. Les taux d'oxygène sont considérablement en-dessous du niveau de saturation.

Nous avons par contre constaté une diversité étonnante de la morphologie, de la température, du niveau d'eutrophisation et du développement des macrophytes et du plancton.

Il est très important de conserver cette grande diversité hydrobiologique de la région de Finges, maillon de la grande valeur de ce site.

### **EINLEITUNG**

Der Pfywald ist ein Gebiet von nationaler Bedeutung (KLN-Inventar Objekt 3.73 «Pfywald-Illgraben»). Die topographische Vielfalt förderte die Entstehung einer grossen Zahl verschiedenartiger Lebensräume mit seltenen Pflanzen- und Tierarten. Durch Einflüsse menschlicher Aktivitäten verarmten einige Biozosen ohne jedoch ganz zu verschwinden; dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein,

---

<sup>1</sup> Limnologische Station der Universität Zürich, Seestr. 187, 8802 Kilchberg.

dass Meliorationen weitgehend ausblieben (GRAMM und OGGIER, 1984). Das Ziel wissenschaftlicher Arbeiten in diesem Gebiet ist es, dessen biologische Bedeutung besser zu erfassen, um dadurch einen gezielten und wirksamen Schutz zu ermöglichen.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurden sechs von elf vorhandenen Kleinseen erfasst. Wegen der geringen Entfernungen und derselben Entstehungsgeschichte durfte eine weitgehende Ähnlichkeit bezüglich physikalischer und chemischer Eigenschaften angenommen werden (SORACREPPA, 1978). Ausserdem sollte geprüft werden, inwieweit dies auch für die Makrophytenvegetation und die Phytoplanktonentwicklung zutrifft.

### **Entstehung des Pfywald-Gebietes**

Der Pfywald liegt im Kanton Wallis östlich von Sion (Abb. 1, A und B) und umfasst eine hügelige Landschaft, die schon um die Jahrhundertwende von LUGEON (1898) geologisch untersucht wurde. NUSSBAUM (1942) und BURRI (1955) setzten diese Forschungen fort. Das Gebiet ist geprägt durch einen Bergsturz der Würmeiszeit (Abbruchstelle: rechte Talseite zwischen Venthône und Cordona), durch Gletschertätigkeit und durch Flussabtragungen auf der rechten Talseite. Im Bergsturzgebiet des unteren Pfywaldes, wo die untersuchten Seen liegen, treten hauptsächlich Kalke auf. Im Südosten wurden jedoch auch Gipsvorkommen gefunden.

### **Bemerkungen zur Hydrologie**

Abb. 1, C zeigt die Uferlinie der Seen, die Probenahmestellen sowie die Schilfareale und macht Angaben zu deren Umgebung.

Der Muggensee besitzt weder einen oberirdischen Zu- noch Abfluss und dürfte deshalb hauptsächlich durch Grundwasser gespeisen werden. Der hohe Röhrichtanteil (65 %) an der Wasseroberfläche (Tab. 1) führte während des Sommers 1984 zu einem durch Evapotranspiration bedingten Absinken des Wasserspiegels von 43 cm (übrige Seen maximal 11 cm). Vom Hôtel Hermitage und dem Zeltplatz fliessen die Abwässer in eine Sickergrube, von wo sie in den Kaminsee I gelangen. Die Kaminseen I und II sind lediglich durch einen Schilfgürtel getrennt (Tab. 1) und erhalten wie der Rosensee sehr viel

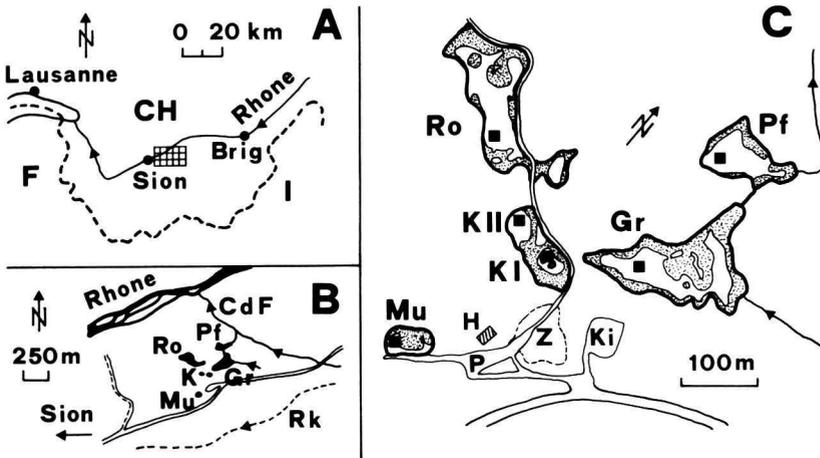


Abb. 1. Lage der Sechs untersuchten Kleinseen des Pfywald-Gebietes mit den Probenahmestellen:  
 a) Lage des Pfywaldes im Kanton Wallis;  
 b) Unterer Pfywald mit den Kleinseen;  
 c) Karte der sechs Kleinseen mit den Röhrichtflächen (punktiert) und den Probenahmestellen (Quadrate).

*Situation des six étangs étudiés dans la région de Finges et lieux de prélèvements:*

a) *La forêt de Finges en Valais;*

b) *Zone inférieure de la Forêt de Finges et les étangs;*

c) *Carte des six étangs, avec les lieux de prélèvement (carrés) et les roselières;*

CdF = Canal de Finges; Pf = Pfäfforetsee; Ro = Rosensee; K = Kaminsee; Mu = Muggensee; Gr = Grossee; Rk = Rhônekanal (Canal du Rhône).

H = Hôtel Hermitage; P = Parkplatz (place de parc); Z = Zeltplatz (camping); Ki = Kiesgrube (gravière).

	Röhricht Roselière	Freie Wasser- fläche Eau libre	Volumen Volume	Mittl. Tiefe Profondeur moyenne	Max. Tiefe <sup>1</sup> Profondeur maximale
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m	m
Kaminsee I		1065	686	0,64	1,7
Kaminsee II	2673 <sup>2</sup>	1329	1925	1,45	3,3
Muggensee	1410	767	407	0,53	1,3
Rosensee	4817	6248	11511	1,84	3,3
Grossee	7640	6404	5273	0,82	2,5
Pfäfforetsee	2141	3787	23235	6,14	11,0

<sup>1</sup> Maximale Tiefe während der Untersuchungsperiode 26.2 – 22.10.1984  
*Profondeur maximale pendant la période d'étude du 26.2 au 22.10.1984*

<sup>2</sup> Röhrichtflächen nicht getrennt erfassbar.  
*Les surfaces des roselières ne peuvent être mesurées séparément.*

Tab. 1. Morphometrische Daten von sechs Kleinseen des Pfywaldes.  
*Données morphométriques des six étangs de la Forêt de Finges.*

Grundwasser. Der Grossee besitzt einen oberflächlichen Zufluss mit Quellwasser und Verlustwasser des Rhônekanals (Abb. 1, C). 1984 wurde dem See in der Zeit vom 12.5. bis 15.6. direkt Wasser aus dem Rhônekanal zugeleitet (25-30 m<sup>3</sup> pro Stunde), das nach dem Aufwärmen zur Bewässerung diente. Der Abfluss des Grossees mündet nach etwa 50 Metern in den Pfafforetsee, dessen Abfluss nach 200 Metern in den Canal de Finges gelangt.

## **Morphometrie der Seebecken**

Die Kaminseen I und II sowie der Muggensee sind bezüglich Volumen wesentlich kleiner als die drei anderen untersuchten Seen (Tab. 1). Um bemerkenswert flache Gewässer handelt es sich beim Kaminsee I (mittl. Tiefe: 0,64 m) und beim Muggensee (0,53 m), während der Kaminsee II ein kreisrundes, 3,3 m tiefes Becken besitzt (mittl. Tiefe: 1,45 m). Die offenen Wasserflächen von Rosensee und Grossee sind durch Röhrichte stark zergliedert. Der Rosensee besitzt ein rechteckiges Becken von 3200 m<sup>2</sup> Fläche und 3 m Tiefe; das übrigbleibende Wasservolumen (etwa 2000 m<sup>3</sup> von 11 500 m<sup>3</sup>) verteilt sich auf das fast gleich grosse, flache Ufergebiet. Weite Teile des Grossees weisen geringe Tiefen auf (unter 0,4 m). Eine etwa 1600 m<sup>2</sup> grosse Fläche (von 6400 m<sup>2</sup>) im Westen ist etwas tiefer (durchschnittlich 1,5 m); hier befindet sich auch die tiefste Stelle (2,5 m). Der Pfafforetsee besitzt das grösste Volumen (23 235 m<sup>3</sup>), die grösste maximale (11 m) und mittlere Tiefe (6,14 m); sein Becken ist trichterförmig.

## **MATERIAL UND METHODEN**

### **Probenahmendaten**

Die Probenahmen erfolgten 1984 an je zwei Tagen und zwar am 26./27.2., 3./4.4., 7./8.5., 14./15.6., 19./20.7., 28./29.8., 25./26.9., und am 22./23.10.

### **Physikalische und chemische Bestimmungen**

Ein Teil der physikalischen und chemischen Bestimmungen wurden direkt an den Probenahmestellen durchgeführt (Temperatur,

Leitfähigkeit, Licht, Sichttiefe, Farbe nach Forel, pH-Wert, Sauerstoff, Ammonium, Nitrit, Sulfat, Sulfid, Karbonathärte); für weitere Bestimmungen musste das Probenwasser in die limnologische Station nach Kilchberg transportiert werden (Orthophosphat, Gesamtphosphor, Nitrat, Sauerstoff nach Winkler, p- und m-Wert, Kalzium, Magnesium, Eisen und Chlorid). Die Wasserentnahme erfolgte an der tiefsten Stelle der Gewässer (Abb. 1, C) mit Hilfe einer Friedinger-Schöpfflasche (2 Liter); für Mischproben des Oberflächenwassers verwendeten wir ein Plexiglasrohr (ELBER, 1985).

Im folgenden sollen lediglich diejenigen Methoden vorgestellt werden, von denen Resultate im Text besprochen sind:

Temperatur: Oximeter Oxi 191 mit Sonde EOT 190 der Firma WTW (D-8120 Weilheim, BRD);

Sauerstoff: – Oximeter Oxi 191 mit Sonde EOT 190 der Firma WTW; – nach Winkler (Eidg.Dep. des Innern, 1984, Methode 10);

pH-Wert: pH-Meter E 488 mit Elektrode EA 152 der Firma Metrohm (Herisau);

TAC (Total Anorganic Carbon): Berechnet aus p- und m-Wert (nach Deutsche Einheitsverfahren (1986), Methoden H 7/8 und D 8);

Gesamthärte: Berechnet aus  $\text{Ca}^{2+}$ - und  $\text{Mg}^{2+}$ - Konzentrationen (nach Metrohm Appl. Bull. A 56d, A 22d. Bestimmungen mit Potentiograph E 536, Polarizer E 585 und amalgmierter Silberdoppel stab-Elektrode der Firma Metrohm, Herisau);

Phosphor: Ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor nach Eidg. Dep. des Innern (1982), Methode 37;

Nitrat: Bestimmung durch die EAWAG (Dübendorf), Abt. Limnologie;

Nitrit: Kolorimetrisch mit Aquaquant Nr. 14408 der Firma Merck (Darmstadt, BRD);

Ammonium: Kolorimetrisch mit Aquaquant Nr. 14400 der Firma Merck.

## **Makrophytenuntersuchungen**

Die Kartierung der submersen Makrophyten erfolgte direkt vom Boot aus. Zur Bestimmung der Arten wurden einzelne Exemplare gesammelt. Emerse Makrophyten wurden vom See oder vom Land aus

erfasst. Den Deckungsgrad schätzten wir nach der Methode von LACHAVANNE und WATTENHOFER (1975). Die Bestimmungsliteratur ist bei ELBER *et al.* (1985) aufgeführt.

## **Planktonuntersuchungen**

Mit Hilfe eines Plexiglasrohres wurden an mehreren Stellen eines Sees Vertikalproben entnommen (ELBER, 1985), die wir in einem Behälter mischten. Proben des Mischwassers dienten für Planktonzählungen (nach UTERMÖHL, 1958) und Chlorophyll-a-Bestimmungen (nach SCHANZ, 1982). Angaben zur Methodik weiterer Untersuchungen, deren Resultate hier unerwähnt bleiben, sowie die Literatur zur Bestimmung der Planktonarten sind bei ELBER(1985) zu finden.

## **VERGLEICH DER RESULTATE PHYSIKALISCHER UND CHEMISCHER UNTERSUCHUNGEN**

Kleine Seen geringer Tiefe haben einen ganz anderen Energie- und Stoffhaushalt als grosse und tiefe Seen (FRIEDRICH, 1982). Sie erwärmen sich während des Tages rasch an der Oberfläche, so dass ein steiler Temperaturgradient entsteht. Die nächtliche Abkühlung führt zu Homothermie und meist auch zu Vertikalzirkulation bis zum Grund. In windstillen, warmen Perioden sind längerfristige thermische Schichtungen möglich, die jedoch bei Änderung der Witterung wieder verschwinden (ENTZ, 1980). Durch die häufigen Vertikalzirkulationen sind vor allem bei hohen Wassertemperaturen im Sommer die Einflüsse des Sedimentes auf Chemismus und Biologie eines Flachgewässers gross (RYDING and FORSBERG, 1976).

## **Extreme Oberflächenwerte einiger Parameter**

In Tab. 2 fallen die hohen Leitfähigkeitswerte auf, die bei den Kaminseen I und II sowie beim Muggen- und Rosensee zwischen 578 und 1029  $\mu\text{S cm}^{-1}$  liegen und zu gleichen Teilen durch gelösten Kalk und Gips verursacht sind. Beim Grosse und Pfafforetsee beträgt die Leitfähigkeit zwischen 1285 und 2470  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; Ursache dafür ist der grosse Gipsgehalt des Wassers (über 90 % der Gesamthärte von

		K I	K II	Mu	Ro	Gr	Pf
Leitfähigkeit $\mu\text{S cm}^{-1}$	Max	1029	886	666	874	2305	2470
	Min	655	630	578	660	1285	2000
pH	Max	8,2	7,4	8,0	7,9	7,6	7,8
	Min	7,1	6,8	6,8	7,0	6,9	7,4
TAC $\text{mmol l}^{-1}$	Max	5,62	4,42	5,00	4,07	2,53	2,53
	Min	4,28	3,40	3,54	2,84	1,85	2,25
Gesamthärte $\text{mmol l}^{-1}$	Max	6,6	6,6	4,8	6,2	19,3	18,4
	Min	4,4	4,4	4,2	4,2	9,4	13,3
$\text{NO}_3^-$ -N $\mu\text{g l}^{-1}$	Max	12	6	5	27	4	15
	Min	1	2	< 1	10	< 1	4
$\text{NO}_2^-$ -N $\mu\text{g l}^{-1}$	Max	33	2,6	2,6	3,7	2,6	6,3
	Min	< 1	< 1	< 1	1,5	< 1	1

K = Kaminsee; Mu = Muggensee; Ro = Rosensee; Gr = Grosse; Pf = Pfafforetsee; Max = Maximum; Min = Minimum;

Tabellenwerte = Mittel aus Oberfläche und 0,5 m Tiefe.

*Valeurs du tableau = Moyennes des valeurs obtenues à la surface et à 0,5 m profondeur.*

Tab. 2. Extreme Oberflächenwerte von Leitfähigkeit, pH, TAC (Total Anorganic Carbon), Gesamthärte sowie Nitrat und Nitrit.

*Valeurs de surface extrêmes de conductibilité électrique, pH, carbone inorganique total (TAC), dureté totale, nitrate et nitrite.*

durchschnittlich  $17 \text{ mmol l}^{-1}$  ist Gips;  $\text{SO}_4^{3-}$  Gehalt: 900 bis  $1600 \text{ mg l}^{-1}$ ). Trotz intensiver Assimilation und Atmung in den meisten Seen (Ausnahmen: Rosen- und Pfafforetsee) liegen minimaler und maximaler pH-Wert nur 1,4 Einheiten auseinander (Bereich: 6,8-8,2), eine Folge der enormen Pufferkapazität der Wässer.

Nitrate und Nitrite sind in geringen oft nicht nachweisbaren Mengen vorhanden (Maximum:  $\text{NO}_3^-$ -N,  $27 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $\text{NO}_2^-$ -N,  $33 \mu\text{g l}^{-1}$ ). Die Zufuhr dieser oxidierten Stickstoffverbindungen durch Grund- oder Oberflächenwasser ist unbedeutend und die Nitrifikation der beträchtlichen Ammonium-Mengen (in allen Seen im Jahresmittel über  $170 \mu\text{g NH}_4^+$ -N  $\text{l}^{-1}$ ) verläuft aus verschiedenen Gründen (siehe WETZEL, 1983) gehemmt.

### Tiefenprofile der Temperatur, von Sauerstoff, von Ammonium und den Phosphor-Komponenten

Wie aus den einleitend gemachten Ausführungen hervorgeht, sind Tiefenprofile sehr stark abhängig von Witterung und Tageszeit. Es

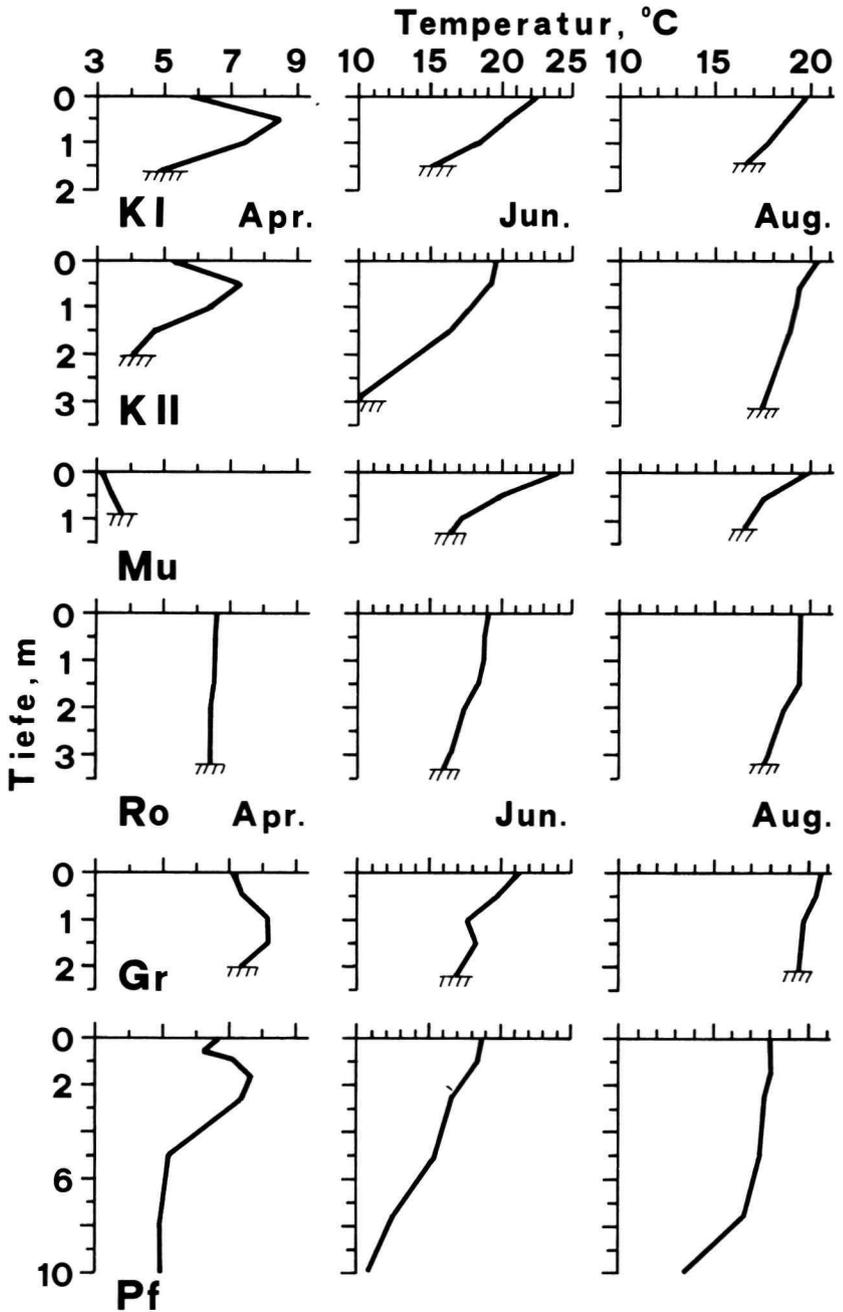


Abb. 2. Temperatur-Profile von Pfywaldseen für die Monate April, Juni und August 1984.

*Profils de température des lacs de la Forêt de Finges pour les mois d'avril, juin et août 1984.*

K I, K II, Mu, Ro, Gr, Pf, siehe Abb.1. (voir fig.1). April-Probenahme: Kaminsee (K I, K II) und Muggensee (Mu) mit Eisbedeckung.

*Prélèvement d'avril: Kaminsee (K I, K II) et Muggensee (Mu) avec couverture de glace.*

wurde deshalb darauf verzichtet alle zur Verfügung stehenden Profile darzustellen, sondern als Beispiele die Monate April, Juni und August ausgewählt, die für vergleichende Betrachtungen günstig sind.

### *Temperatur*

Die Pfywaldseen sind während des Winters eisbedeckt. Die Eisbildung setzt im November ein und dauert bei den Kaminseen I und II sowie dem Muggensee bis Anfang April, beim Rosen-, Gross- und Pfafforetsee bis Mitte März. Im April 1984 erwärmte sich das Wasser unter der Eisdecke (Abb. 2: Kaminseen I und II, Muggensee), ein Phänomen, das in eutrophen Seen häufig beobachtet wird (WETZEL *et al.*, 1972). Abb. 2 und ergänzende Daten von ELBER *et al.* (1985) zeigen, dass lediglich der Kaminsee II und der Pfafforetsee im Frühjahr und Sommer eine stabile Schichtung mit Temperaturen des Tiefenwassers unter dem Monatsmittel der Lufttemperaturen aufbauen können. Im Kaminsee II dauert die Teilzirkulationsperiode von Mai bis Juli, im Pfafforetsee von April bis August.

### *Sauerstoff*

Beurteilt nach den Sauerstoff-Profilen von Juni und August des produktionsarmen Rosensees (Abb. 3) dürfte das zufließende Grundwasser Gehalte um  $5 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$  aufweisen. Wie Abb. 3 zeigt, treten in den übrigen Pfywaldseen beträchtliche Abweichungen auf, sowohl in geschichteten als auch in ungeschichteten Seen. Offensichtlich ist die Dynamik von Produktion und Destruktion gross. Im folgenden soll näher auf die August-Profile der Kaminseen I und II sowie auf das Juni-Profil des Pfafforetsees eingegangen werden. In den abwasserbeeinflussten Kaminseen schwankt die Produktion stark, während die vom Sediment ausgehende Zehrung immer grosse Werte aufweisen dürfte. Im August 1984 verursachten *Cryptomonas*-Arten im Kaminsee I eine Sauerstoff-Sättigung von 157 % an der Oberfläche. Im selben Monat war die Sättigung im Kaminsee II maximal 23 % als Folge einer drastischen Reduktion der Sauerstoff produzierenden *Cryptomonas*-Zellen durch Zooplankter. Im Mai und Juni 1984 massen wir unterhalb 5 m Tiefe im Pfafforetsee durchschnittliche Sauerstoffmengen von  $14,8$  und  $17,8 \text{ mg l}^{-1}$ , die vermutlich von

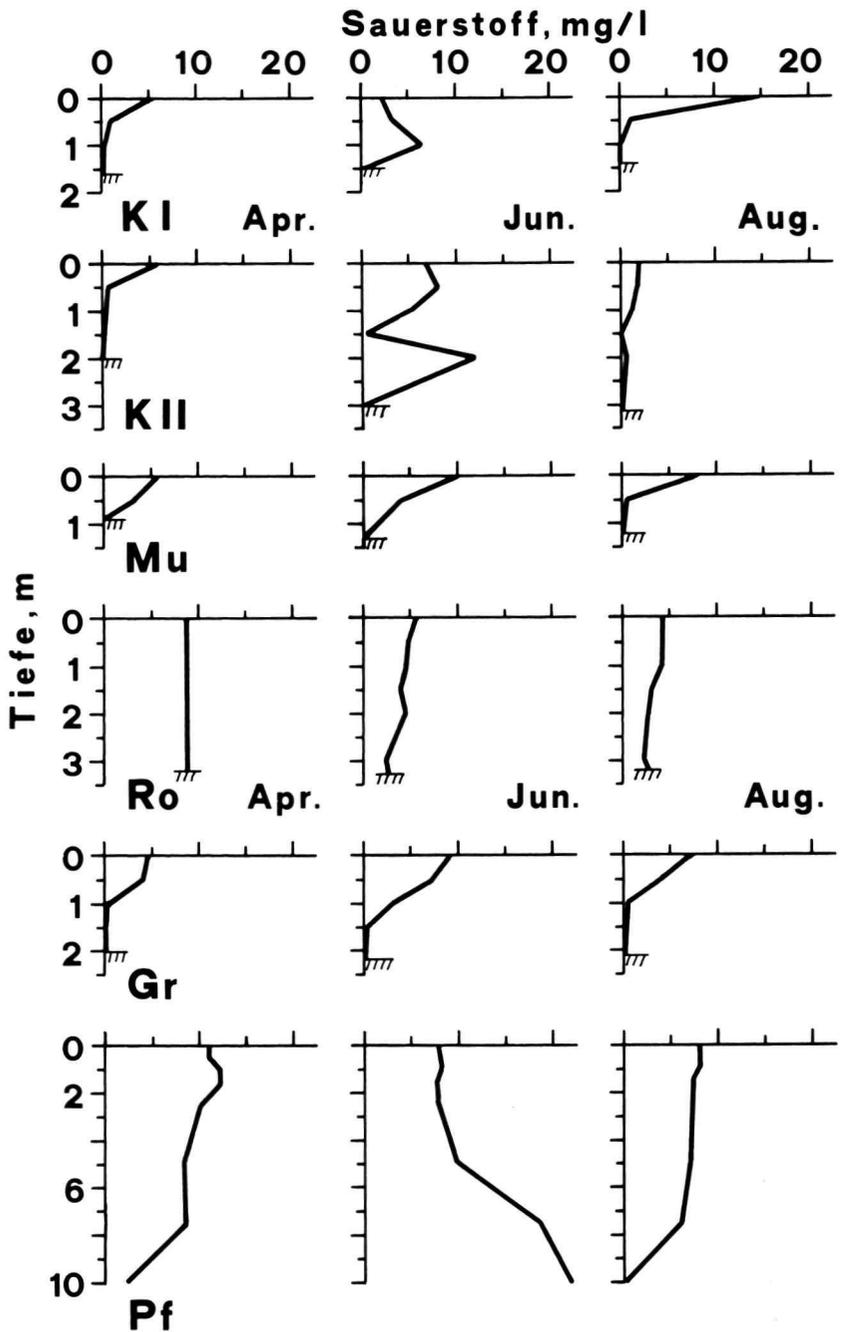


Abb. 3. Sauerstoff-Profile von Pfywaldseen für die Monate April, Juni und August 1984.

*Profils des taux d'oxygène des étangs de la Forêt de Finges pour les mois d'avril, juin et août 1984.*

K I, K II, Mu, Ro, Gr, Pf, siehe Abb. 1. (voir fig.1).

Kieselalgen produziert worden waren. Während des Sommers spielen in vielen Seen die Kieselalgen im unteren Epilimnion eine bedeutende Rolle (FINDENEGG, 1953; SOMMER, 1981; SCHANZ, 1985).

### *Ammonium*

Der grösste Anteil an anorganischem Stickstoff entfällt in allen Seen auf Ammonium. Die mittleren Konzentrationen liegen zwischen 170 (Rosensee) und 680  $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N l}^{-1}$  (Kaminsee I). Vermutlich bringt das Grundwasser Mengen zwischen 100 und 200  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Die wesentlich höheren Konzentrationen in Sedimentnähe, wie dies mit Ausnahme des Rosen- und Pfafforetsees überall auftritt (Abb. 4), ist auf intensive Ammonifikation zurückzuführen. Die Nitratammonifikation ist bei den gegebenen Verhältnissen unbedeutend (GOLTERMAN, 1984). Wegen der raschen Aufnahme durch Phytoplankton-Organismen und Bakterien wird der Ammoniumgehalt des Oberflächenwassers stark vermindert, so dass der Unterschied zum Wasser in Sedimentnähe besonders ausgeprägt ausfällt (Abb. 4. April: Kaminsee I und II, Muggensee, Grossee).

### *Phosphor*

Auffallend in Abb. 5 sind die durch Abwasserzufuhr verursachten grossen Phosphorkonzentrationen in den Kaminseen (Gesamt-P; 0-0,5 m-Schicht: über 0,3  $\text{mg l}^{-1}$ ). Es treten immer freie Phosphate an der Oberfläche auf, ein Zeichen für stark fortgeschrittene Eutrophierung (THOMAS, 1969). Im Gegensatz zu den Kaminseen enthalten die übrigen vier Kleinseen deutlich geringere Phosphorwerte (Gesamt-P; 0-0,5 m-Schicht: unter 0,05  $\text{mg l}^{-1}$ ), die lediglich beim Grossee über Grund bis 0,1  $\text{mg Gesamt-P l}^{-1}$  ansteigen können. Nur hier treten nachweisbar kleine Mengen an Phosphaten auf; in den übrigen Seen waren keine freien Phosphate nachweisbar. Im Muggen-, Rosen- und Pfafforetsee wird offensichtlich das Algenwachstum durch Phosphor limitiert, da immer genügend anorganischer Stickstoff verfügbar ist.

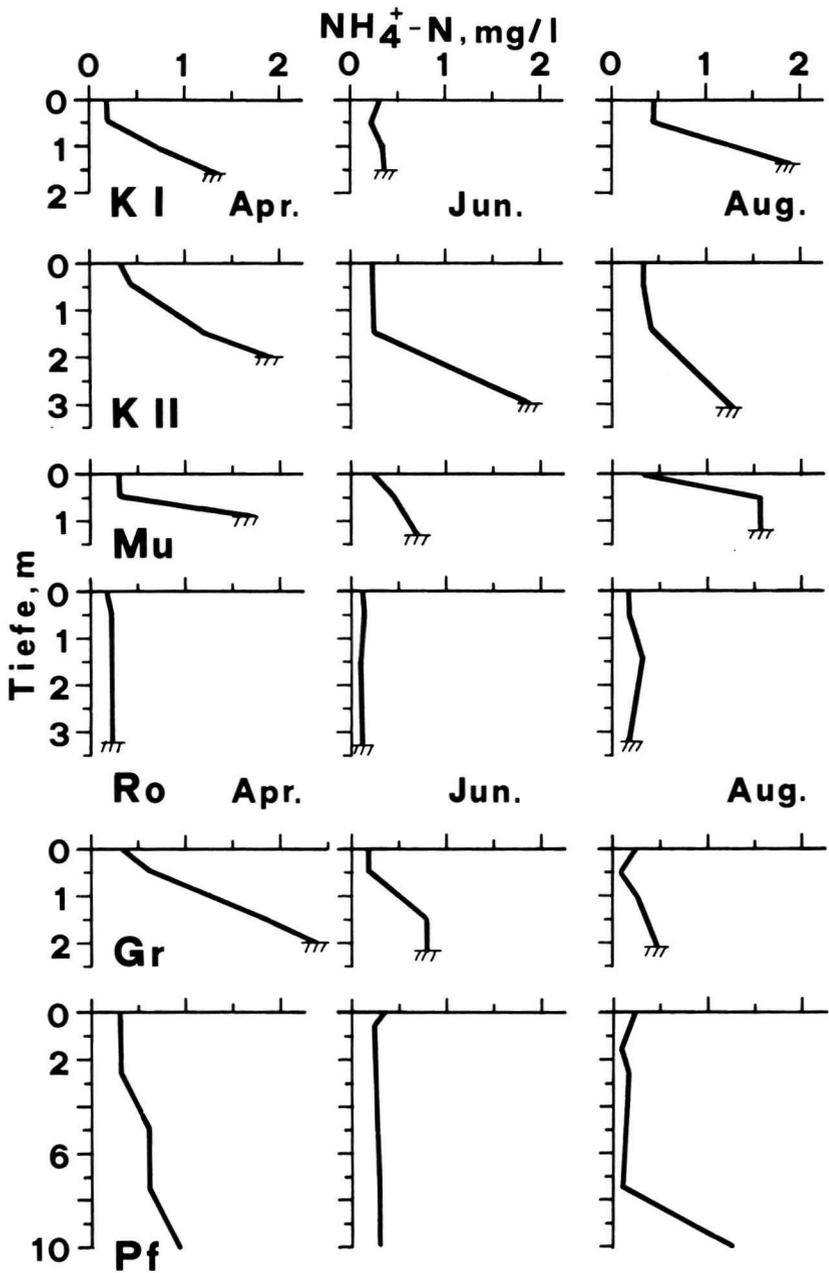


Abb. 4. Ammonium-Profile von Pfywaldseen für die Monate April, Juni und August 1984.

*Profils des concentrations en ammonium des étangs de la Forêt de Finges pour les mois d'avril, juin et août 1984.*

K I, K II, Mu, Ro, Gr, Pf, siehe Abb. 1. (voir fig.1).

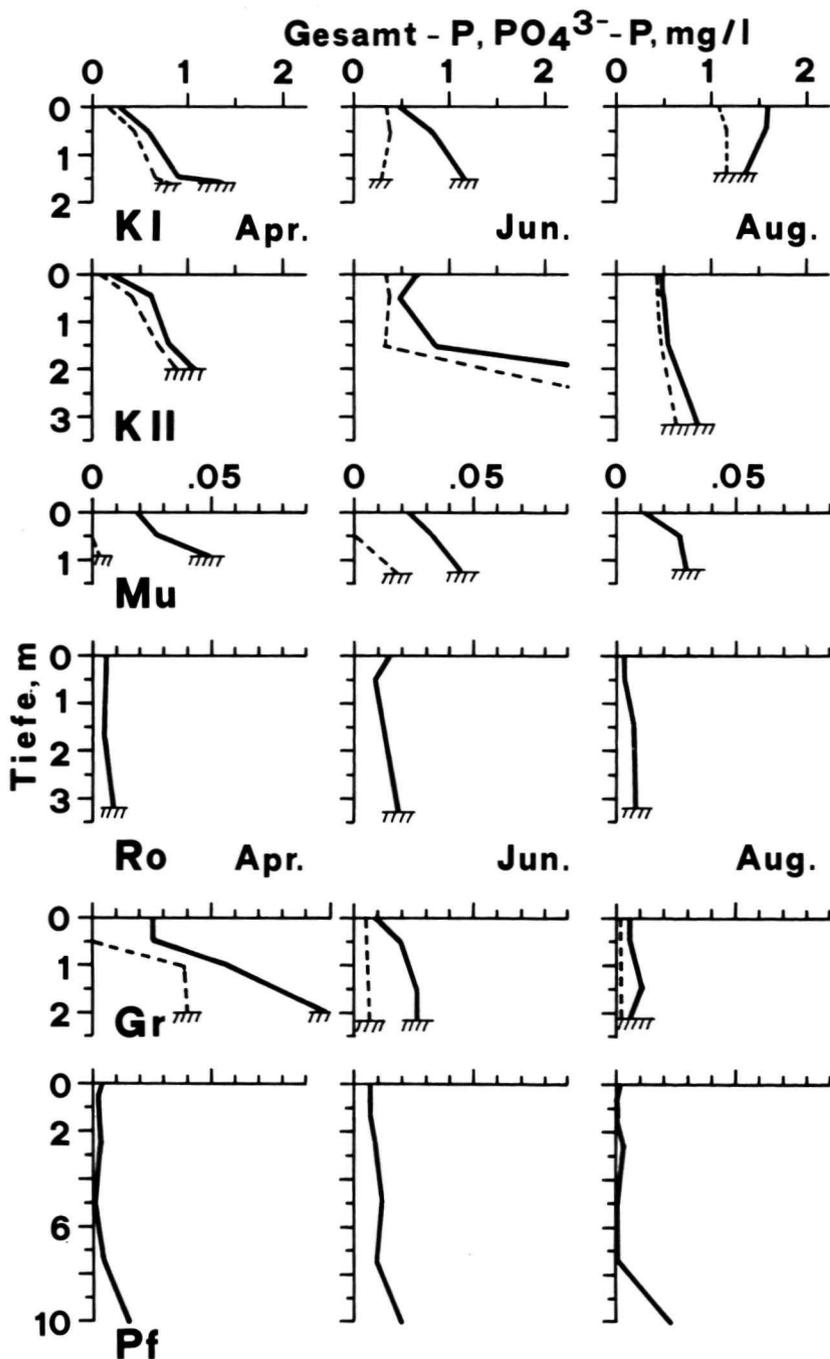


Abb. 5. Phosphor-Profile von Pfywaldseen für die Monate April, Juni und August 1984.

*Profils des concentrations en phosphore des étangs de la Forêt de Finges pour les mois d'avril, juin et août 1984.*

K I, K II, Mu, Ro, Gr, Pf, siehe Abb. 1. (voir fig.1). Durchgezogene Linie: Gesamt-P; gestrichelte Linie: PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P.

*Ligne continue: phosphore totale; ligne interrompue: PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P.*

## Charakterisierung der Makrophyten-Populationen

Desfayes (1986) untersuchte die Makrophyten-Vegetationen in Gewässern des Wallis und des Chablais vaudois eingehend. Im folgenden kann deshalb auf eine ausführliche Beschreibung der aquatischen Flora verzichtet werden.

In allen Seen kommt das Schilfrohr (*Phragmites communis*) häufig vor (Abb. 1, Abb. 6). Die Armleuchteralgen (*Chara sp.*) fehlen in den Kaminseen fast vollständig. Die Arten reagieren empfindlich auf Verschmutzungen (LANG, 1981) und wachsen nur bei niedrigen Phosphorgehalten des Wassers üppig (FORSBERG, 1965). Wie das Schilf kann der Rohrkolben (*Typha angustifolia*) in allen Seen gefunden werden. Die Schneidebinse (*Cladium mariscus*) zeigt schwankende Wasserstände an. Bemerkenswert ist das Vorkommen des Wasserschlauchs (*Utricularia vulgaris*) im Muggen- und Grossee, den an Makrophyten artenreichsten Gewässern.

Für die Kaminseen lässt sich die artenarme Makrophytenflora durch den Abwassereinfluss erklären: Das Vorkommen oder Ausbleiben von Arten in den übrigen Seen hängt jedoch von Faktoren ab, die nicht immer bekannt sind oder über die nur Vermutungen gemacht werden können.

	KI	KII	Mu	Ro	Gr	Pf
<i>Phragmites communis</i>	■	■	■	■	■	■
<i>Chara sp.</i>		□	■	▲	■	■
<i>Typha angustifolia</i>	▲	▲	■	▲	●	●
<i>Cladium mariscus</i>	●			●	▲	▲
<i>Schoenoplectus tab.</i>			●	●	●	
<i>Utricularia vulgaris</i>		■			●	

■ = häufig    ▲ = verbreitet    ● = vereinzelt    □ = selten

Abb. 6. Makrophyten-Population der sechs untersuchten Pfywaldseen.

*Population de macrophytes des six étangs étudiés de la Forêt de Finges.*

K I, K II, Mu, Ro, Gr, Pf, siehe Abb. 1. (voir fig.1). Carré plein = fréquent, triangle = répandu, point = sporadique, carré vide = rare.

# Übersicht über die Phytoplankton-Biozoenosen

## Biomasse (Tab. 3)

Die Chlorophyll-a-Werte des Kaminsees I sind wesentlich höher als diejenigen der übrigen Seen (Jahresmittel: 186 mg m<sup>-3</sup>) und erreichen Größenordnungen, die für hypereutrophe Seen typisch sind (Vollenweider, 1979). Mit einem Jahresmittel von 19 mg Chlorophyll-a m<sup>-3</sup> enthält der Kaminsee II weniger Phytoplankton als der Kaminsee I; da im Juli 1984 über Grund eine Konzentration von 425 mg Chlorophyll-a m<sup>-3</sup> gemessen wurde, muss auch dieses Gewässer als hypereutroph bezeichnet werden. Unter den übrigen Seen fallen der Rosensee (Jahresmittel: 1,63 mg Chl-a m<sup>-3</sup>) und der Pfafforetsee (0,68 mg Chl-a m<sup>-3</sup>) als besonders arm an Phytoplankton auf.

	Entnahmetiefe <i>Profondeur du prélèvement</i>	April <i>Avril</i>	Juni <i>Juin</i>	August <i>Août</i>
Kaminsee I	0 – 0,9 m*	262	96	253
Kaminsee II	0 – 1,5 m*	45	6,6	1,5
	Grund – <i>Fond</i>	–	92	276
Muggensee	0 – 0,9 m*	19	1,0	8,4
Rosensee	0 – 1,5 m*	2,1	0,3	2,1
Grossee	0 – 1,5 m*	19	2,7	0,6
Pfafforetsee	0 – 1,5 m*	0,8	0,4	0,8
	10 m	–	1,8	1,7

\* Mischproben. *Echantillons mélangés.*

Tab. 3. Chlorophyll-a-Gehalte der Pfynwaldseen in den Monaten April, Juni und August 1984.

*Concentrations de chlorophylle a dans les lacs de la Forêt de Finges en avril, juin et août 1984.*

Tabellenwerte in mg Chl-a m<sup>-3</sup>. *Valeurs du tableau en mg chl-a m<sup>-3</sup>.*

## Dominante Phytoplanktongruppen

Die Phytoplanktonbiozoenose des Kaminsees I wird vor allem von Vertretern der *Volvocales* (*Chlamydomonas*-Arten) und der *Cryptomonadales* (*Cryptomonas rostrata*) dominiert. Im Kaminsee II treten zusätzlich Chrysophyceen auf (v.a. *Anthophysa vegetans*). In den übrigen vier Seen sind neben den aufgeführten Flagellaten noch Bacillariophyceen und Chlorococcales in bedeutenden Anteilen an der Gesamtbiomasse vertreten.

## Danksagung

Für die Hilfsbereitschaft und die tatkräftige Unterstützung gedenken wir des verstorbenen Prof. Dr. E.A. Thomas mit Dankbarkeit. Wir danken dem Schweiz. Bund für Naturschutz (SBN) für die Deckung der Spesen, PD Dr. J.B. Lachavanne, PD Dr. H.R. Preisig und Dr. E. Urmi für Pflanzen- sowie Dr. E. Szabo (EAWAG) für Nitratbestimmungen, Herrn H.Maag und den Laboranten H.P. Mächler und H.P. Rauber für die Mithilfe bei den Vorbereitungen der Exkursionen und den Bestimmungen im Labor.

## Zusammenfassung

In der Region des Pfynwaldes, einem Bergsturzgebiet, befinden sich elf Kleinseen, von denen sechs in unsere Untersuchungen von Februar bis Oktober 1984 einbezogen wurden: Kaminsee I und II, Muggensee, Rosensee, Grossee und Pfafforetsee. Obschon alle Seen denselben Ursprung und das gleiche Alter haben, weichen sie bezüglich Morphometrie, Thermik, Chemismus und Biologie stark voneinander ab. Lediglich im Kaminsee II (maximale Tiefe: 3,3 m) und im Pfaffortsee (11 m) bilden sich stabile Temperaturschichtungen aus. Alle übrigen Seen zeigen die für Flachseen typischen tagesperiodischen Wechsel zwischen Stagnation und Zirkulation. Obschon sich die Seen bezüglich Produktion stark unterscheiden müssen, schwanken die pH-Werte lediglich im Bereich 7 bis 8; gemeinsam sind zudem kleine Gehalte an Nitraten und Nitriten sowie grosse Ammonium-Mengen, bei Sauerstoffwerten deutlich unter der Sättigungskonzentration. Chemisch unterscheiden sich Kaminsee I und II von den übrigen Seen durch den abwasserbedingten stark erhöhten Phosphorgehalt, Grossee und Pfafforetsee durch erhöhten Gipsgehalt, verursacht durch den oberflächlichen Zufluss. Die Phytoplanktonentwicklung in den hypereutrophen Kaminseen (hauptsächlich Flagellaten) führt zu Chlorophyll-a-Werten wie sie sonst nur in Abwasserteichen erreicht werden. Bei den Makrophyten fehlen hier die empfindlichen Chara-Arten, die in allen übrigen Seen häufig sind. Besonders wenig Plankton enthalten die nährstoffarmen Rosen- und Pfafforetsee, während sich die flachen Grossee und Muggensee bezüglich Planktonbiomasse nicht mit den anderen Seen vergleichen lassen.

Die untersuchten Seen des Pfynwald-Gebietes weisen eine erstaunliche chemische und biologische Vielfalt auf. Ihr Schutz vor menschlichen Einflüssen und die Pflege sind wichtige Aufgaben der Zukunft.

## Literaturverzeichnis

- BURRI, M.1955. La géologie du quaternaire aux environs de Sierre. *Bull. Murith.* 72: 1-14.
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, 1986. *Verlag Chemie, Weinheim.*
- EIDG. DEP. DES INNERN. 1982. Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächenwasser. 2. Teil: *Oberflächenwasser. EDMZ, Bern.*
- DESFAYES, M. 1986. Flore aquatique du Valais et du Chablais vaudois. *Bull. Murith.* 102: 3-97.

- ELBER, F. 1985. Diversität und Stabilität der Phytoplanktongesellschaften in sechs Kleinseen im Pfywaldgebiet. *Diplomarbeit Universität Zürich*, unpubliziert. 147 S.
- ELBER, F., J. HÜRLIMANN und K. NIEDERBERGER. 1985. Regionallimnologische Untersuchungen an sechs Kleinseen im Pfywald (Kanton Wallis). Allgemeiner Teil. *Diplomarbeit Universität Zürich*, unpubliziert. 140 S.
- ENTZ, B. 1980. Physical and chemical microstratifications in the shallow lake Balaton and their possible biotic and abiotic aspects. *Dev. Hydrobiol.* 3: 63-72.
- FINDENEGG, I. 1953. Kärtner Seen naturkundlich betrachtet. *Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt*. 101 S.
- FORSBERG, C. 1965. Environmental conditions of swedish macrophytes. *Symb. Bot. Upsal.* 18:1-67
- GRAMM, A. und P.A. OGGIER. 1984. Schutzplan Pfywald. *Schweiz. Bund für Naturschutz, Basel*. 77 S.
- GOLTERMAN, H.L. 1984. Sediments, modifying and equilibrating factors in the chemistry of freshwaters. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22: 23-59.
- LACHAVANNE, J.B. et R. WATTENHOFER. 1975. Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. *Conservatoire Botanique de Genève, Genève*. 147 p.
- LANG, G. 1981. Die submersen Makrophyten des Bodensees. *Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Bericht* 26, 64 S.
- LUGEON, M. 1898. L'éboulement de Sierre en Valais. *Le Globe* 37, sér. 5, no. 9, Genève.
- NUSSBAUM, F. 1942. Die Bergsturzlandschaft von Siders im Wallis. *Actes Soc. Helv. Sc. Nat.* 122: 27-60.
- RYDING, S.-O. and C. FORSBERG. 1976. Sediments as a nutrient source in shallow polluted lakes. In: H. L. Golterman (ed. ), Interactions between sediments and fresh water. *Dr. W. Junk, The Hague*. pp. 227-234.
- SCHANZ, F. 1982. A fluorometric method of determining chlorophyll - a and phaeophytin - a concentration. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 16: 91-100.
- SCHANZ, F. 1985. Vertical light attenuation and phytoplankton development in Lake Zürich. *Limnol. Oceanogr.* 30, 2: 299-310.
- SOMMER, U. 1981. The role of r- and k-selection in the succession of phytoplankton in lake Constance. *Oecol. Gener.* 2, 4: 327-342.
- SORACREPPA, B. 1978. Jahreszeitliche Veränderungen von Wasserchemismus und Phycozöosen in zehn Seen der Umgebung von Zürich. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 123: 161-235.
- THOMAS, E. A. 1969. Kulturbeeinflusste chemische und biologische Veränderungen des Zürichsees im Laufe von 70 Jahren. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 17: 226-239.
- UTERMÖHL, H. 1985. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-37.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1979. Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozess stehender Gewässer und Talsperren. *Z. Wasser-Abwasser-Forsch.* 12: 46-56.
- WETZEL, R.G. 1983. Limnology. *Sounders College Publ., Philadelphia*. 767 p.
- WETZEL, R.G., P.H. RICH, M.C. MILLER and H.L. ALLEN, 1972. Metabolism of dissolved and particulate detrital carbon in a temperate hard-water lake. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 29 (suppl.): 185-243.

