

## Auswirkungen von Belastungen auf die Güte der Kärntner Seen sowie Erfolge der Sanierungsmaßnahmen

H. SAMPL

### *Einleitung:*

Die Auswirkung von Belastung auf Seen ist am Beispiel der Kärntner Seen gut zu zeigen, weil gerade im Bundesland Kärnten die Seen seit geraumer Zeit eingehend studiert wurden. Bereits seit dem Jahre 1930 hat FINDENEGG (1932, 1933, 1953, 1971) gründliche Untersuchungen an den Kärntner Seen begonnen, wobei insbesondere die chemischen und biologischen Zusammenhänge aufgezeigt wurden. Seit dieser Zeit liegt somit Grundlagenmaterial vor, worauf bei der heutigen Beurteilung der Seen immer wieder zurückgegriffen werden kann. Es ist kaum in einem anderen Seengebiet so gut möglich, die Entwicklung der verschiedenen Seen und die Reaktion auf die unterschiedliche Belastung zu studieren.

In Fortsetzung der Untersuchungen von FINDENEGG wurde das Kärntner Institut für Seenforschung von der Kärntner Landesregierung gegründet. Diese Institution führt nun die Kontrolle der Seen durch (SAMPL 1975, SAMPL, SCHULZ, SCHULZ 1976). Darüber hinaus sind an einigen Kärntner Seen auch einige von internationalen Vereinigungen organisierte Studienprogramme im Gange, wobei das OECD-Seen-Eutrophierungsprogramm am Ossiacher See die Nährstoffbelastung dieses Sees zum Gegenstand hat. Ein Programm der UNESCO, Man and Biosphere, hat die Beeinträchtigung der limnischen Ökosysteme, im speziellen des Millstätter Sees und des Wörthersees, durch menschliche Aktivitäten zum Gegenstand. Auch eine Reihe weiterer wissenschaftlicher Forschungsprogramme, so z. B. des Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank oder des Bundesministeriums für Land- u. Forstwirtschaft untersuchen Gewässerschutzprobleme an den Kärntner Seen.

Bekanntlich sind die Kärntner Seen ein international bekanntes und sehr stark frequentiertes Urlaubsgebiet. In ihrem Nahbereich befindet sich eine

Vielzahl von Fremdenverkehrseinrichtungen. Als Ursache für die Beliebtheit der Kärntner Seen als Badegewässer ist die hohe oberflächliche Wassertemperatur während des Sommers hervorzuheben, wobei heute nicht nur die großen Seen, sondern auch die vielen Kleinseen, Weiher und Teiche als Badegewässer aufgesucht werden.

Die in den Wohnsiedlungen und Fremdenverkehrsbetrieben anfallenden Abwässer sind zum Großteil durch viele Jahre entweder kleinräumig in sogenannten Hauskläranlagen, viel häufiger jedoch durch Sickeranlagen über das Grundwasser oder über die Zuflüsse in die Seen gelangt. In den Seen haben die düngenden Substanzen die bekannten Erscheinungen der Eutrophierung hervorgerufen, die im folgenden am Beispiel einiger Seen dargestellt werden sollen. Die Eutrophierung zeigte sich in einer steten Abnahme der Sichttiefe, hervorgerufen durch stärkeres Algenwachstum im Epi- und Metalimnion infolge der besseren Nährstoffversorgung, insbesondere mit Phosphor. Durch Verwesungsprozesse haben die Sauerstoffgehalte in der Tiefe abgenommen. An vielen Seen gipfelte die Eutrophierung in Wasserblüten in den Jahren 1970—1973.

#### *Die Entwicklung der Kärntner Seen im letzten Jahrzehnt:*

Die unschönen und für den Tourismus sehr nachteiligen Algenblüten an der Oberfläche einiger Seen traten zwar zumeist schlagartig auf, doch läßt sich in vielen Fällen die Zunahme der Eutrophie als kontinuierliche Entwicklung verfolgen.

Am Beispiel des Millstätter Sees soll die Zunahme der Algenmenge im Epilimnion dargestellt werden.

Tabelle 1  
Millstätter See, Algenbiomasse und Sichttiefe

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Algenbiomasse mg/m <sup>3</sup>							
Ø Epilimnion	1250	1760	1670	1500	2240	1070	850
Sichttiefe m							
(Ø Sommerhalbjahr)	3,1	5,0	2,3	3,7	4,7	5,2	5,4
minimal	2	2,5	1,5	2,5	2,5	3,3	2,2
maximal	4,5	10,0	3,0	5,5	7,0	8,2	10,3

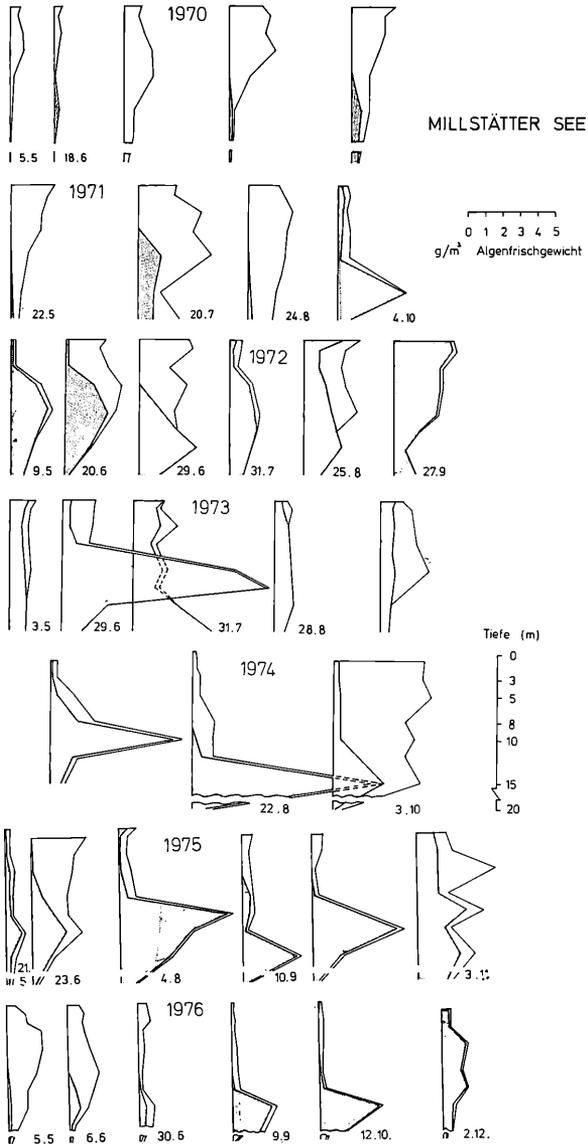


Abbildung 1

Die Vertikalverteilung der Algenbiomasse im Millstätter See in den Jahren 1970—1976 (graue Flächen: Anteil *Oscillatoria*).

Neben der Zunahme des epilimnischen Algengehaltes ist die Entwicklung von *Oscillatoria* von Interesse, die am Millstätter See in den Jahren 1972 und 1973 eine großflächige Wasserblüte verursachte. In Abb. 1 ist das Auftreten von *Oscillatoria* zunächst im Metalimnion, in weiterer Folge eine Zunahme und eine starke Entwicklung an der Oberfläche zu beobachten, bereits im Jahre 1973 deutete sich ein Zurückziehen von der Oberfläche in das Metalimnion an, wo diese Algenart eine beachtliche Biomasse erreichte. Erst einige Zeit nach ihrem Rückzug aus dem Epilimnion nimmt *Oscillatoria* auch im Metalimnion wieder ab und derzeit sind in der gesamten Wassersäule nur mehr geringe Mengen dieser Algen vorhanden. Die Abnahme von *Oscillatoria* geht parallel mit dem Ausbau der großräumigen Kanalisation des Wasserverbandes Millstätter See, wie unten noch näher angeführt wird.

Die Entwicklung des Ossiacher Sees ist in nachstehender Tabelle dargelegt.

Tabelle 2

Ossiacher See, Algenbiomasse und Sichttiefe

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Algenbiomasse (Ø Epilimnion)	1300	1620	1920	1690	2210	2370	1075	1340	1180	710
Sichttiefe (Ø Sommerhalbj.)	3,1	3,1	2,9	2,2	2,9	1,8	2,6	3,2	4,9	6,3
minimal	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5	1,0	1,5	2,2	3,4	4,2
maximal	5,5	4,5	4,0	2,5	3,0	2,2	4,0	4,0	5,4	8,5

An diesem See gipfelte der Eutrophierungsprozeß in einer Wasserblüte von *Microcystis* (z. T. auch *Anabaena*), wobei die gesamte Seefläche eine intensiv grüne Färbung aufwies, bei Wellenschlag oder durch den Bootsverkehr wurden Schaumkronen aufgeworfen, die aus den Zersetzungsprodukten der Algen bzw. der Gallerte entstanden. Auffällig war beim Ossiacher See auch ein ausgeprägtes metalimnisches Sauerstoffminimum, im Jahre 1972 war im Metalimnion kein Sauerstoff vorhanden, im darunter liegenden Hypolimnion noch einige Milligramm.

Der Wörthersee als größter Kärntner See zeigte nicht jene spektakulären Eutrophierungserscheinungen wie die beiden oben genannten Seen, wenn man von einigen wenigen nur kurzfristig und lokal aufgetretenen Ansammlungen von *Oscillatoria* absieht. An diesem See spielten sich die Eutrophierungsvorgänge vor allem im Metalimnion ab, wo im Laufe der letzten Jahre eine gewaltige Biomasse von *Oscillatoria rubescens* heranzuwuchs. In gleicher Weise hat sich der Sauerstoffgehalt dieses Sees in der Tiefe in den letzten Jahrzehnten sehr nachteilig entwickelt.

Tabelle 3  
Wörthersee, Algenbiomasse und Sichttiefe

	1965	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Algenbiomasse mg/m <sup>3</sup> (Ø Epilimnion)	370	960	550	840	1040	830	1240	1290	1220	710	550
Sichttiefe m (Ø Sommerhalbjahr)	4,9	3,9	4,6	3,6	3,7	4,3	2,5	3,3	3,5	4,2	5,3
minimal	3,5	2,0	2,5	2,0	1,8	2,5	1,5	1,2	2,5	3,5	4,0
Maximal	5,5	5,5	6,0	6,0	4,0	5,0	3,0	6,0	4,5	4,9	6,0

Nicht nur die hier angeführten drei großen Seen ließen sich in ihrer trophischen Entwicklung verfolgen, sondern auch die anderen z. T. viel kleineren Seen haben ähnliche Entwicklungen durchgemacht. Auffällig ist, daß sich der als Indikator herangezogene Sauerstoffgehalt der tieferen Schichten gerade in den letzten Jahren oftmals bedenklich verschlechtert hat (Abb. 2). Bei den in der Abbildung dargestellten Seen handelt es sich um solche, an denen die Kanalisationen noch nicht bzw. nur zu einem unzureichenden Ausmaß fertiggestellt sind und daher der Eutrophierungsprozeß noch weiter geht. Es mag dies auch als Indiz dafür gelten, daß die Regenerationserscheinungen bei den bereits sanierten Seen sehr wohl als Erfolg der Kanalisation zu werten sind und nicht irgendwelche andere z. B. witterungsbedingte Ursachen hat. Der Vollständigkeit halber sei noch dazugefügt, daß an einigen Seen Sanierungsmaßnahmen eingeleitet wurden bevor es zu Schwierigkeiten größeren Ausmaßes gekommen ist. Als Beispiele seien der als einer der saubersten Alpenseen bekannte Weißensee, aber auch der Faaker See oder Klopeiner See angeführt.

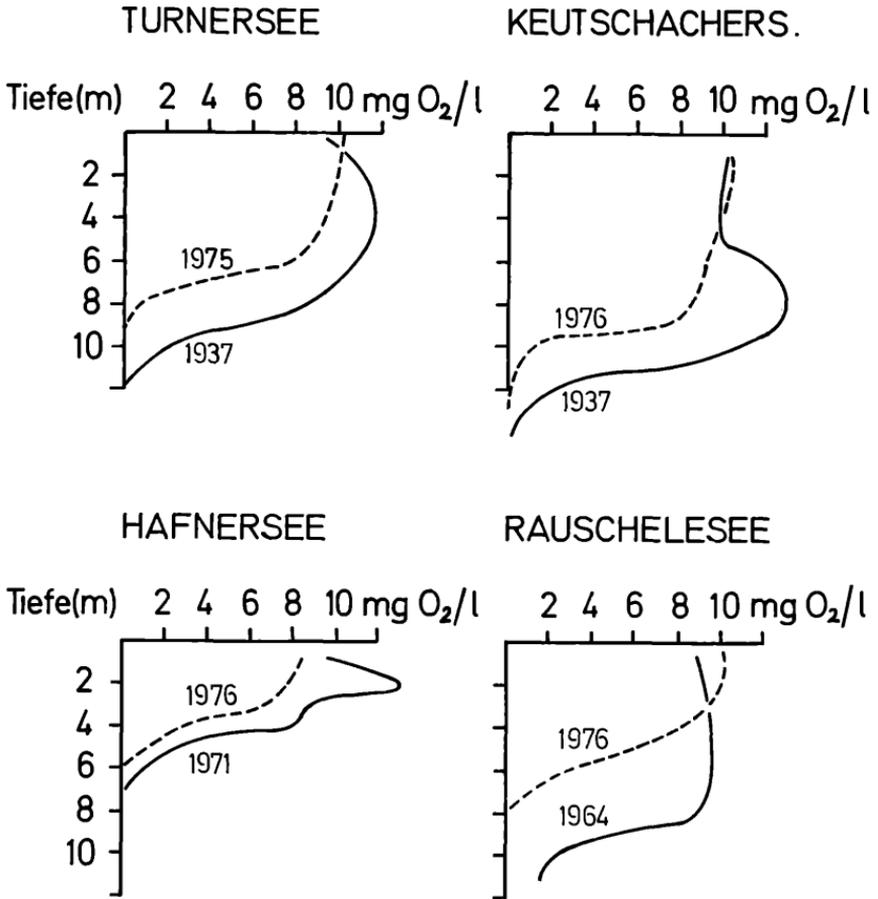


Abbildung 2

Veränderung des Sauerstoffgehaltes an vier Kärntner Kleinseen.  
(Jeweils die ungünstigsten O<sub>2</sub>-Verhältnisse am Ende der Sommerstagnation)

*Die Reaktion der Seen auf die Sanierungsmaßnahmen:*

Ein Großteil der Kärntner Badeseen wurde bereits durch großräumige Kanalisationsanlagen saniert. Über den Ausbauzustand, den Baubeginn und die Baukosten gibt nachstehende Tabelle Auskunft (Thomaser 1977):

Tabelle 4

	Bau- beginn	EGW (1976)	EGW End- ausbau	Baukosten bis 1976	Baukosten Gesamtproj.
Wörthersee West	1964	8000	23000	85 400 000	125 000 000
Wörthersee Ost (mit Hafnersee, Keutschacher See, Rauschele See)	1968	13000	65000	322 200 000	675 000 000
Ossiacher See (mit Magdalenen See, Leonhardsee, Vassacher See)	1970	36600	45000	500 900 000	766 000 000
Faaker See	1970	9500	20000	203 900 000	250 000 000
Millstätter See (mit Feldsee)	1968	39000	60000	579 700 000	1 060 000 000
Weissensee	1968	5100	5200	39 000 000	60 000 000
Pressegger See	1969	5500	8700	17 200 000	78 000 000
Klopeiner See (mit Turnersee)	1969	10000	14000	54 400 000	98 000 000
Turracher See	1968	1000	1000	3 700 000	5 000 000
Längsee	—	—	—	—	60 000 000

In welcher Weise nun die einzelnen Seen auf die sich schrittweise verminderte Nährstoffbelastung reagiert haben, soll am Beispiel einiger Seen dargestellt werden.

Der Millstätter See wurde vor seiner Sanierung mit einer Gesamtphosphormenge von über 23 t belastet (SAMPL 1974), davon wurden 12,3 t im Jahre 1973 über den Hauptzubringer gebracht. Im Jahre 1974 sank die Phosphorfracht im Zusammenhang mit der kanalisationsmäßigen Erfassung

der Ortschaft Radenthein auf 6,9 t. Im Jahre 1975 wird durch ein katastrophales Hochwasser eine gewaltige Nährstoffmenge (etwa 19 Tonnen) eingeschwemmt, wobei dieser Anstieg fast ausschließlich durch dieses Naturereignis ausgelöst wurde. Im Jahre 1976 stellen sich wieder normale Verhältnisse ein und die P-Fracht sinkt im Hauptzufluß auf 4,5 t pro Jahr weiter ab (Abb. 3). Wie der Algengehalt und die Verteilung von *Oscillatoria*

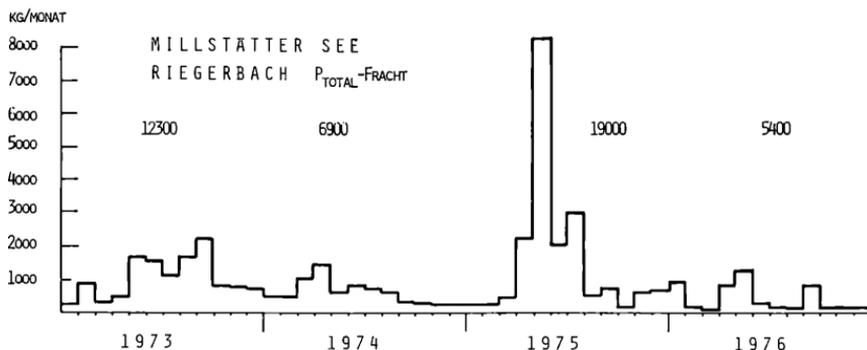


Abbildung 3

Monatliche Phosphorfrachten des Riegerbaches (Hauptzufluß Millstätter See) in den Jahren 1973—1976.

auf diese geringere P-Zufuhr reagiert hat, ist in Abb. 1 dargestellt. Auf die außergewöhnlich starke Zunahme der P-Fracht 1975 hat der Millstätter See deutlich in einem nochmaligen, allerdings geringeren Auftreten von *Oscillatoria* reagiert. In weiterer Folge ist mit dem Zurückgehen der P-Belastung zunächst der epilimnische Phosphorgehalt kleiner geworden, wie dies nachstehende Aufstellung zeigt.

Tabelle 5

Millstätter See,  $P_{\text{tot.}}$ -Gehalt im Epilimnion

$P_{\text{total}}$ Epilimnion	1972	1973	1974	1975	1976
mg/m <sup>3</sup> Ø Mai—Oktober	19	17	10	14	15
min.	13	13	9	8	8
max.	26	22	11	18	22

Während im Epilimnion die Algenbiomasse bereits im Jahre 1973 zurückgeht, vergrößert sich die Algenmasse im Metalimnion noch weiter bis zum Jahre 1975 (Abb. 1) und erst ab diesem Zeitpunkt nimmt auch die metalimnische Algenmasse deutlich ab. Trotz der Größe des Sees hat sich an diesem Gewässer hinsichtlich der Algenmasse eine rasche Verbesserung ergeben, am langsamsten reagiert hat auf die verminderte Belastung das Sauerstoffregime, wobei sich selbst 1976 kaum eine erkennbare Erhöhung des hypolimnischen Sauerstoffgehaltes andeutet.

Tabelle 6  
Millstätter See, Ende Sommerstagnation

O <sub>2</sub> mg/l	1971	1972	1973	1974	1975	1976
20 m	8,0	7,2	5,9	9,3	4,5	6,5
30 m	—	7,0	6,4	6,8	3,7	6,6
50 m	7,4	5,1	4,6	5,3	—	4,6

Parallel mit der Abnahme der epilimnischen Algenmasse hat sich die Sichttiefe deutlich verbessert. Als weiterer schon für den Laien erkennbarer Erfolg ist das völlige Verschwinden der Wasserblüten besonders hervorzuheben.

Am raschesten auf die Sanierungsmaßnahmen hat der Ossiacher See reagiert, wobei dies sicherlich auf die im Vergleich zu anderen Seen rasche Wassererneuerung (660 Tage) zu werten ist. Die Gesamtbelastung des Ossiacher Sees betrug vor der Sanierung etwa 13 bis 14 t P/Jahr. Die Belastung ist bis zum Jahre 1976 auf etwas über 6 t abgesunken.

Der Phosphorinhalt im See selbst ist nicht so rasch zurückgegangen, doch ist auch hier ein deutliches Zurückgehen von 3,7 t im Jahre 1973 auf 2,5 t im Jahre 1976 festzustellen (SCHULZ und SCHULZ 1977). Rascher hat hingegen der epilimnische Algengehalt (siehe Tabelle 2) und der epilimnische P-Gehalt abgenommen.

Tabelle 7  
Ossiacher See, Epilimnion, P<sub>tot.</sub>

	1972	1973	1974	1975	1976
P <sub>tot.</sub> mg/m <sup>3</sup> Ø	25	22	16	13	14
min.	22	8	9	12	9
max.	33	50	30	16	19

Auch an diesem See ist der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions bisher nur wenig angestiegen.

Der Wörthersee hat von den angeführten Seen auf die Sanierungsmaßnahmen am langsamsten reagiert. Dies mag einerseits darin begründet liegen, daß der Ausbauzustand der Kanalisation an diesem See noch nicht jenes notwendige Ausmaß erreicht hat, andererseits, daß der Wörthersee mit einer theoretischen Wassererneuerungszeit von etwa 10 Jahren nur sehr langsam durchströmt wird. Am Wörthersee hat, wie bereits erwähnt, die epilimnische Algenmasse keine übermäßige Zunahme erfahren (Abb. 4). Aus diesem Grunde ist auch der Rückgang der epilimnischen Algenmasse nicht so augenscheinlich. Auch an diesem See läßt sich, ähnlich wie am Millstätter See erkennen, daß in den Jahren, wo die epilimnische Algenmasse bereits abgenommen hatte, die metalimnische weiter ansteigt. Erst im Jahre 1976 zeichnete sich erstmals auch im Metalimnion eine deutliche Abnahme insbesondere der *Oscillatoriamasse* von 23800 mg/m<sup>3</sup> im Jahre 1975 auf 12200 mg/m<sup>3</sup> ab, wobei bis zu diesem Zeitpunkt noch immer ein Ansteigen zu verzeichnen war.

Die Veränderungen hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes lassen auch am Wörthersee erkennen, daß das Sauerstoffregime am langsamsten auf die Sanierungsmaßnahmen anspricht. Gerade in dieser Beziehung wird es in den nächsten Jahren interessant sein, die Veränderungen hinsichtlich des hypolimnischen Sauerstoffgehaltes weiter zu verfolgen. Das Wirksamwerden der Sanierungsmaßnahmen zeigt sich vorerst in einem erstmals im Jahre 1976 eingetretenen Rückgang der *Oscillatoria*biomasse im Metalimnion.

Die weitere Entwicklung der Kärntner Seen, sowohl der bereits sanierten als auch der zu sanierenden, ist positiv einzuschätzen, da ein großer Teil der Nährstoffe aus den Abwässern entstammten bzw. entstammen und diese werden durch die Kanalisationsanlagen schadlos abgeleitet. Da jedoch eine gewisse, durch Sanierungsmaßnahmen unbeeinflussbare Nährstoffbelastung (Grundwasser, landwirtschaftliche Düngung, Niederschlag) immer gegeben ist, muß getrachtet werden, sämtliche erfassbaren Nährstoffe den Seen fernzuhalten.

#### Zusammenfassung:

Aufgrund einer einige Jahrzehnte zurückreichende Untersuchungsreihe lassen sich die Eutrophierungsvorgänge, hervorgerufen durch eine abwasserbürtige Nährstoffbelastung dahingehend charakterisieren, daß die Algenbiomasse zugenommen hat, aber auch die qualitative Zusammensetzung des Planktons Veränderungen unterworfen war. Durch die im Kärntner Seengebiet durchgeführten großräumigen Sanierungsmaßnahmen mittels Kana-

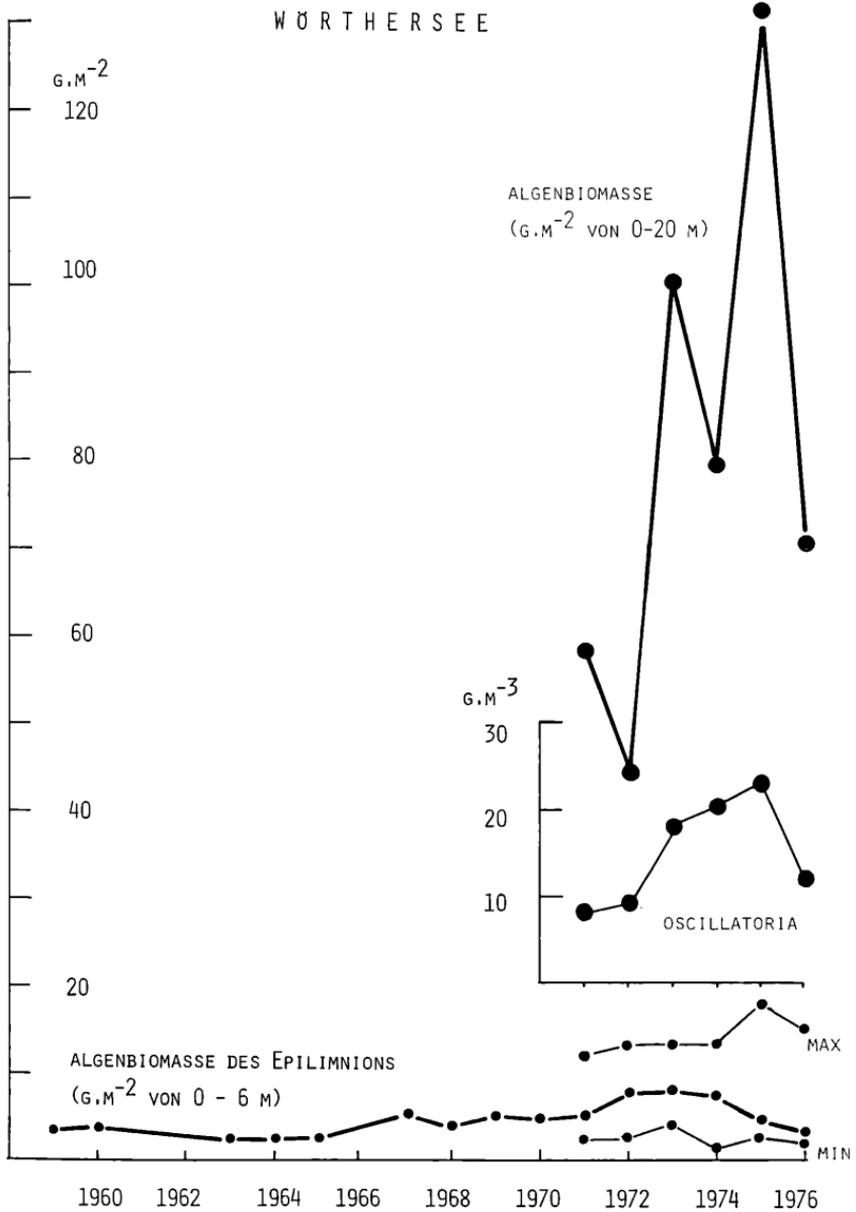


Abbildung 4

Veränderungen der Algenbiomasse im Epilimnion und im Wasserkörper von 0 bis 20 m, sowie die Zu- bzw. Abnahme von *Oscillatoria*.

lisationen in den Nahbereichen der Seen und im weiteren hydrographischen Einzugsgebiet konnte der Eutrophierungsprozeß eingedämmt bzw. rückläufig gemacht werden, wobei sich dieser Reoligotrophierungsvorgang in folgender Reihenfolge abgespielt hat und dies bei allen diesbezüglich untersuchten Seen in prinzipiell ähnlicher, jedoch unterschiedlich rascher Abfolge vor sich gegangen ist. 1. Abnahme der Nährstoff-Fracht in den Zuflüssen. 2. Rückgang des epilimnischen Algengehaltes (mit Erhöhung der Sichttiefe). 3. Rückgang des metalimnischen Algengehaltes. 4. Sehr langsames Ansteigen des hypolimnischen Sauerstoffgehaltes.

#### L i t e r a t u r:

- FINDENEGG I. (1932): Beobachtungen an den Kärntner Seen. — Car. II 41—54.  
 FINDENEGG I. (1933): Alpenseen ohne Vollzirkulation. — Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 28 : 295—311.  
 FINDENEGG I. (1953): Die Kärntner Seen naturkundlich betrachtet. — Car. II, Sh. 15.  
 FINDENEGG I. (1971): Wie steht es um die Verschmutzung der Kärntner Seen? — Car. II, Sonderheft 28 421—439.  
 SAMPL H. (1974): Die Nährstoff-Fracht der Zuflüsse und die Auswirkungen der Abwässer des Magnesitwerkes Radenthein auf den Millstätter See. — Kärntner Naturschutzblätter Jg. 13.  
 SAMPL H. (1975): Bericht über die limnologischen Untersuchungen der Kärntner Seen im Jahre 1974. — Veröffentlichung des Kärntner Institut für Seenforschung 1975.  
 SAMPL H., SCHULZ N., SCHULZ L. (1976): Bericht über die limnologischen Untersuchungen der Kärntner Seen im Jahre 1975. — Veröffentlichung des Kärntner Institutes für Seenforschung 1976.  
 SCHULZ N. und SCHULZ L. (1977): Die limnologische Entwicklung des Ossiacher Sees seit 1931. Car. II, 167./87. Jg., 157—178.  
 THOMASER F. (1977): Großräumige Lösungen der Abwasserbeseitigung im Raum Klagenfurt—Villach—St. Veit — Österr. Abwasser-Rundschau, Jg. 22: 118—120.

#### D I S K U S S I O N

KOHL: Sie haben auch vom Einfluß des nährstoffreichen Sickerwassers gesprochen. Haben Sie genauere Untersuchungen über den Umfang und über die Größenordnung, wie sich solche Abwasserversickerungen auswirken? Vor Jahren haben wir auch an einem von Ihnen genannten See einen derartigen Einfluß feststellen können. Von einer Häusergruppe, die ca. 300 m vom Seeufer entfernt an einem Hang steht, ist Abwasser eingesickert. An der Austrittsstelle in den See konnte man den Einfluß des Abwassers feststellen. Wie haben Sie die Menge abgeschätzt, die einem See an Nährstoffen auf diese Weise zugeleitet wird?

SAMPL: Wir haben des öfteren Austritte von Abwasser im Nahbereich der Seen untersucht. Die Quantifizierung ist in vielen Fällen schwierig und zumeist nur global für den jeweiligen See durchzuführen. Die im Vortrag angegebenen Nährstoffmengen, die über das Grundwasser einen See belasten, wurden so gemessen, daß alte Grundwasserbrunnen untersucht wurden. Die Konzentration der Inhaltsstoffe multipliziert mit der durchschnittlichen Wassermenge des in den See einströmenden Grundwassers gibt die Fracht dieses Anteils an Nährstoffen. Oberflächlich austretendes Abwasser in Gerinnen ist der Untersuchung quantitativ und qualitativ zugänglich. Es sind dazu jedoch Untersuchungsreihen über einen längeren Zeitraum notwendig. Aufgrund von Einzelproben bekommt man ein völlig falsches Bild.

LIEPOLT: Bekanntlich reichert das Sediment eines Sees manchmal in großen Mengen Phosphor an. Dieser kann unter bestimmten Voraussetzungen wieder dem lichtdurchfluteten Epilimnion zugeführt werden und damit eine erhöhte Algenproduktion bewirken. Liegen diesbezügliche Untersuchungen an Seen in Kärnten vor?

SAMPL: Es ist von Untersuchungen vom Bodensee bekannt, daß es im sedimentnahen Wasser zu stärkeren Rücklösungen von Phosphor kommt, wenn die Sauerstoffgehalte unter 2 mg/l sinken. Bei höherem Sauerstoffgehalt im grundnahen Wasser ist der Anteil des rückgelösten Phosphors zu vernachlässigen. Die Kärntner Seen stellen insofern eine Besonderheit dar, indem sehr viele meromiktische Seen vorhanden sind, wo bekanntlich große Nährstoffmengen im Monimolimnion in dauernder Stagnation verharren. Diesen meromiktischen Seen kommt zugute, daß sie während der Zirkulationsperioden nur schlecht zirkulieren, sonst wären sie nicht meromiktisch. Das Monimolimnion ist praktisch als eine Nährstoff-Falle anzusehen, wie dies FINDENEKG in mehrfachen Publikationen in den Jahren zwischen 1960 und 1970 dargelegt hat. Die meromiktischen Seen wären in ihrem trophischen Zustand viel ungünstiger, wenn die Nährstoffe nicht in der Tiefe verharren würden. In mehrfachen Untersuchungen konnten wir feststellen, daß aber auch in den holomiktischen Seen sehr viel Nährstoffe in den Sedimenten gebunden sind. Da, wie oben bereits erwähnt, die Rücklösung insbesondere des Phosphors vom Sauerstoffgehalt des grundnahen Wassers abhängt, ist bei Sanierungsmaßnahmen u. a. darauf Bedacht zu nehmen, daß das Hypolimnion möglichst rasch wieder einen genügend hohen Sauerstoffgehalt erhält.

LIEPOLT: Ich darf hier ergänzen, daß wir gerade auch den zeitweise meromiktischen Zellersee zur Vollzirkulation gebracht haben, daß also jetzt dieser Phosphor im Sediment zum Tragen kommt. Wenn Sie jetzt Ihre Bestrebungen an den Kärntner Seen fortsetzen, könnte es auch hier passieren, daß der im Sediment gebundene Phosphor wieder in den Kreislauf kommt. Sie erwähnten weiters verschiedene Algenpopulationen am Beispiel eines Kärntner Sees. Es war sehr interessant zu sehen, daß die *Oscillatoria rubescens* kam und verschwand, andere Algen hatten in der Population wieder zugenommen. Haben Sie, Herr Dr. SAMPL, Erfahrungen, ob nicht vielleicht die Algen-gesellschaften selbst artauslesend wirken. Ob nicht z. B. verschiedene Algen bessere Lebensbedingungen vorfinden und die *Oscillatoria rubescens* verdrängen.

SAMPL: Neben einer Reihe anderer Faktoren wirkt sicherlich der Nährstoffpegel artauslesend. Höhere Nährstoffgehalte bedingen in der Regel das Vorherr-

schen blaugrüner Algen. *Oscillatoria* benötigt offenbar ein höheres Nährstoffniveau, daher hält sie sich im Metalimnion auf, also in einem Bereich, wo das Licht von der Oberfläche noch ausreicht und die Nährstoffe des nährstoffreicheren Metalimnions und obersten Hypolimnions ausgenutzt werden können. Wenn die Nährstoffgehalte des Epilimnions ansteigen, so ist *Oscillatoria* durchaus in der Lage auch im Epilimnion zu wachsen. Die Untersuchungen von Zimmermann haben gezeigt, daß *Oscillatoria* bei entsprechend hohem Nährstoffgehalt im warmen Wasser am besten wächst. In den Kärntner Seen ist es so, daß das Epilimnion nach der Frühjahrszirkulation alsbald nährstoffarm wird, da die Frühjahrsmassenentwicklung der verschiedenen Algenpopulationen die Nährstoffe gleichsam „wegfressen“. Durch die strenge Schichtung der Kärntner Seen bleibt das Epilimnion den Sommer über relativ nährstoffarm, daher zieht sich *Oscillatoria* üblicherweise während des Sommers in das nährstoffreichere Metalimnion zurück. Wird das Epilimnion, wie verschiedene Vorgänge an den Kärntner Seen vor Inangriffnahme der Kanalisation gezeigt haben, während des Sommers reichlich mit Nährstoffen versorgt, so können auch in dieser Zeit verschiedene Algenpopulationen wachsen, die nährstoffreicheres Wasser bevorzugen.

OTTENDORFER: Ich glaube, daß neben den Nährstoffgehalten auch Spurenelemente eine Rolle spielen.

SAMPL: Neben einer Reihe von Faktoren spielen sicherlich auch Spurenelemente eine Rolle.

SCHLEIFER: Die geschilderte Phosphorbelastung des Ossiachersees hat jedenfalls viele Ursachen. Der relativ geringe Anteil aus den Dränwässern des Bleistädter Moores sollte nicht zu einer allgemeinen Ablehnung von Entwässerungsmaßnahmen in der Nähe von Seen führen. Vielmehr sind bei derartigen Entwässerungsprojekten sorgfältigere Vorerhebungen erforderlich. Wie die laufenden Dränwasseruntersuchungen der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt beweisen, treten in den Dränwässern aus mineralischen Böden keine schädlichen Phosphorkonzentrationen auf. Diese Dränwässer besitzen vielmehr Trinkwasserqualität.

SAMPL: Das Bleistädter Moor stellt sicherlich einen Sonderfall dar, der insofern lehrreich ist, als die Nährstoffmengen, die aus diesem Bereich kommen, gut qualifizierbar sind (das entwässerte Bleistädter Moor ist z. T. Poldergebiet, das Wasser wird über ein Pumpwerk in den Hauptzufluß des Ossiacher Sees gehoben, daher sind die Wasser- und Nährstoffmengen genau meßbar).

KANN: Die litorale Algenvegetation des Lunzer Untersees wurde vor 47 Jahren, die des Traunsees vor 30 Jahren untersucht. In der Algenvegetation sind weitgehende Veränderungen zu beobachten, wie z. B. ein Verschwinden charakteristischer Blaualgen und eine starke Vermehrung von Grünalgen. Im Attersee, der im Rahmen des OECD-Projektes untersucht wird, ist im Bereich von Häusern, vor allem Hotels, die knapp am Ufer stehen sowie im Bereich von Badeanstalten und Landungsstegen eine deutliche Vermehrung der Grünalgen zu bemerken. Dies ist höchstwahrscheinlich auf eutrophierende Einflüsse zurückzuführen, denn siedlungsfreie Uferpartien weisen weniger Grünalgen und eine optimale Blaualgenentwicklung auf, wie sie für oligotrophe voralpine Seen charakteristisch ist.

SAMPL: Es handelt sich dabei sicherlich um die Einsickerung von Nährstoffen.

BUCKSCH: Mineraldüngerabschwemmung müßte man zum Großteil verhindern können, indem man im unmittelbaren Uferbereich die Mineraldüngung verbietet, vor allem in Hausgärten der Seevillenbesitzer. Auch auf dem Gebiet der Trinkwassergewinnung kennen wir Düngevorschriften.

OTTENDORFER: Ich glaube, das liegt nicht an der Düngung, sondern an der Überdüngung. Wir haben im Zweifel die Düngerberatungsstelle, an die man sich wenden kann.

KISSER: Ich habe eine ganz primitive Frage: Können sich die Algen die Wassertiefe, die für sie optimal ist, aussuchen? Wie machen sie das?

SAMPL: Die einzelnen Phytoplanktonarten gedeihen in jener Wassertiefe am besten, wo für sie die günstigsten Bedingungen (Nährstoffe, Licht, Temperatur u. a.) vorhanden sind. Es gibt nur relativ wenig Algenarten, die über größere vertikale Distanzen wandern können.

Anschrift des Verfassers: Dr. Hans SAMPL, Kärntner Institut für Seenforschung, Flatschacher Str. 70, A-9020 Klagenfurt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1976-1977

Band/Volume: [1976-1977](#)

Autor(en)/Author(s): Sampl Hans

Artikel/Article: [Auswirkungen von Belastungen auf die Güte der Kärntner Seen sowie Erfolge der Sanierungsmaßnahmen 49-63](#)