©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



# MASSNAHMEN DER SEENSANIERUNG UND IHRE ERFOLGE IN KÄRNTNER SEEN

Hans Sampl

## Einleitung

Die Kärnter Seen sind bekanntlich ein stark frequentiertes Urlaubsgebiet mit einer Vielzahl von Fremdenverkehrseinrichtungen in ihrem Nahbereich. Die Ursache für ihre Beliebtheit als Badegewässer verdanken die Seen ihrer hohen oberflächlichen Wassertemperatur während des Sommers; diese kann bis über 25° C ansteigen. Durch die Konzentrierung von Fremdenverkehrseinrichtungen, aber auch durch das Anwachsen der Wohnsiedlungen in ihrem Nahbereich sind hinsichtlich der Abwasserbeseitigung schon vor Jahrzehnten Probleme aufgetreten. Infolge der wirtschaftlichen Bedeutung der Seen für den Tourismus wurde aber die Notwendigkeit der Seenreinhaltung schon frühzeitig erkannt, wobei bereits der bekannte Kärntner Seenforscher FINDENEGG vor Jahrzehnten auf die Gefahr des vermehrten Nährstoffzustromes und der Überdüngung der Seen hingewiesen hat (FINDENEGG 1933, 1953, 1962, 1965, 1971).
Nach einem ersten massierten Auftreten von größeren Algenansammlungen in der Veldener Bucht im Jahre 1963 wurde das Problem erstmals allen bewußt, daß infolge dieser unappetitlichen Algenansammlungen größte Gefahr für den Sommertourismus besteht. Daher haben sich die betroffenen Gemeinden, die politischen Gremien und die zuständigen Dienststellen des Landes zur Realisierung von Reinhaltemaßnahmen entschlossen.
Wegen der in der Regel sehr geringen Durchflutung der Kärnter Seen sind sie besonders anfällig auf Belastung mit Schadstoffen. Diese geringe Durchflutung der meisten Kärnter Seen wird dadurch verursacht, daß sie vielfach abseits der Hauptentwässerungslinien liegen und daher nur kleine Einzugsgebiete aufweisen (Tab. 1).
Die in den Wohnsiedlungen und Fremdenverkehrsbetrieben angefallenen Abwässer gelangten zum Großteil durch viele Jahre entweder kleinräumig über sogenannte Hauskläranlagen, viel häufiger jedoch über Sickeranlagen in das Grundwasser oder über die Zuflüsse in die Seen.
Neben den Nährstoffen gelangten aber auch hygienisch bedenkliche Keime (Bakterien, Viren, Parasiten) mit den Abwässern in die Seen, was zu einer Verschlechterung der hygienischen Situation der Uferbereiche geführt hat.
Ganz allgemein ist festzuhalten, daß an den Kärntner Seen vor allem die in den Abwässern enthaltenen Nährstoffe die Eutrophierungswelle ausgelöst haben. Andere Nährstoffquellen sind infolge der geographischen und klimatischen Situation Kärntens von eher untergeordneter Bedeutung. So hat beispielsweise die Abschwemmung von Nährstoffen von landwirtschaftlichen Nutzflächen im Kärntner Seengebiet in der Regel nur einen geringen Anteil, da die Einzugsgebiete klein sind und nicht großflächig landwirtschaftlich intensiv genutzt. Weiters werden Nährstoffe von den Badegästen selbst eingebracht, wobei dieser Anteil lediglich bei kleinen, sehr stark frequentierten Seen eine Rolle spielt, bei großen Seen ist dieser Anteil meist jedoch zu vernachlässigen. Der Phosphoreintrag beträgt nach Messungen an Kärntner Seen 0,1 g P pro Person und Tag (SCHULZ, L. 1981).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Weiters gelangen über den Niederschlag nicht unerhebliche Mengen an Nährstoffen in die Seen, wobei gerade dieser Anteil in den letzten Jahren besonders im Ansteigen begriffen ist. Daraus ist zu erkennen, daß an der rasanten Verschlechterung der Qualität der Kärntner Seen in den 50er und 60er Jahren vor allem die Nährstoffe aus den Abwässern die primäre Ursache waren. Dies kann augenscheinlich am Beispiel des Wörthersees und des Millstätter Sees gezeigt werden. Vor Errichtung der Kanalisationsanlagen wurden dem Wörthersee jährlich etwa 20 bis 22 Tonnen P, dem Millstätter See 23,5 t P zugeführt. Im Jahre 1980 ist die Belastung des Wörthersees auf 8,1 t P, des Millstätter Sees auf 5,4 t P zurückgegangen. Dieser Rückgang in der Phosphorbelastung ist ausschließlich auf die Fernhaltung der Abwässer zurückzuführen, da die übrigen Nährstoffquellen kaum oder nur zu einem geringen Anteil beeinflußbar sind, bzw. beeinflußt werden konnten. Bei Seen, bei denen der Abwasserphosphor die fast ausschließliche Belastungsquelle dargestellt hat, ist somit mit einer rascheren Reduktion der Belastung zu rechnen. Bei Seen mit einem sehr kleinen Einzugsgebiet, beispielsweise der Klopeiner See mit einem Einzugsgebiet von 4 $km^2$, spielen naturgegebenermaßen nur Abwässer als Belastungsquellen eine Rolle. Bei anderen Seen mit einem größeren Einzugsgebiet, wie dem Wörthersee, wo auch landwirtschaftliche Nutzflächen und durch Kanalisationsanlagen vorerst nicht erfaßbare Streusiedlungen und Einzelgebäude liegen, sind die Verhältnisse schon etwas ungünstiger, da bei diesem See eine viel größere, nicht erfaßbare Restbelastung nach Fertigstellung der Kanalisation übrigbleiben wird. Aus diesen Überlegungen ist es auch ungünstig, in Einzugsgebieten von Seen Streusiedlungen entstehen zu lassen, deren abwassermäßige Sanierung in der Regel mit technischen und finanziellen Problemen verbunden ist. Der Millstätter See ist trotz des für Kärntner Verhältnisse großen Einzugsgebietes insofern begünstigt, als die Siedlungen in den schmalen Tälern konzentriert sind und daher auch durch Kanalisationsanlagen besser erfaßt werden konnten. Ähnliches gilt auch für den Weißensee, wo die Siedlungen am Westufer dicht beieinanderliegen.

In Tabelle 1 (s. Seite 56) werden die charakteristischen limnologischen Kenndaten der wichtigsten Kärntner Seen zusammengefaßt.

## Die limnologische Entwicklung der Seen

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. Auffällig ist jedoch, daß die einzelnen Seen auf die zunehmende Belastung durch häusliche Abwässer recht unterschiedlich reagiert haben, was auf die unterschiedlichen Strömungs-, Schichtungs- und Austauschvorgänge in den Seen zurückzuführen ist. Seen mit einer strengen thermischen Schichtung, beispielsweise der Wörthersee oder der Klopeiner See, reagierten nicht so auffällig, wie z.B. die thermisch nicht so streng geschichteten Seen, wie Ossiacher See oder Millstätter See. Bei den beiden Letztgenannten war in den Jahren zwischen 1970 und 1973 eine spektakuläre Algenblüte verschiedener Blaualgenarten zu verzeichnen (SAMPL 1981).

Insgesamt war im Laufe der zunehmenden Eutrophierung vieler Kärntner Seen eine Zunahme der Blaualgen festzustellen. Für den Laien am auffälligsten war jedoch die durch das vermehrte Algenwachstum verursachte Verminderung der Klarheit und Lichtdurchlässigkeit des Wassers. Bei einer Reihe von Seen kam es nicht so sehr zu einer Erhöhung der Algen-

Tabelle 1: Limnologische Kenndaten einiger Kärntner Badessen

| | Seehöhe m | Fläche km² | Tiefe max. m | Mittlere Tiefe m | Volumen m³ | Einzugsgebiet km² | Wassererneuerung Jahre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wörthersee | 439 | 19,3875 | 85,2 | 42,1 | 816 320 000 | 164 | 9,5 |
| Millstätter See | 588 | 13,27 | 141 | 88,6 | 1 176 600 000 | 276 | 7 |
| Ossiacher See | 501 | 10,79 | 52 | 19,9 | 215 088 000 | 165 | 2 |
| Weißensee | 930 | 6,531 | 99 | 36,0 | 238 100 000 | 50 | 11 |
| Faaker See | 554 | 2,20 | 29,5 | 14,9 | 32 709 000 | 35,6 | 1,2 |
| Keutschacher See | 506 | 1,327 | 15,6 | 10,6 | 14 025 500 | 29 | 0,86 |
| Klopeiner See | 446 | 1,106 | 48 | 22,6 | 24 975 000 | 4 | 11,5 |
| Längsee | 548 | 0,748 | 22 | 12,2 | 9 155 860 | 10,8 | 2,3 |
| Pressegger See | 560 | 0,550 | 13,7 | 4 | 2 192 000 | 29,6 | 0,1 |
| Afritzer See | 752 | 0,487 | 22,5 | 14,7 | 7 158 310 | 11 | 0,6 |
| Turnersee | 481 | 0,441 | 13,0 | 7,5 | 3 317 000 | 10,2 | 1,3 |
| Feldsee | 739 | 0,412 | 26,3 | 15,9 | 6 530 400 | 9,4 | 2,6 |
| Gösselsdorfer See | 469 | 0,320 | 3 | 1,9 | 608 000 | 3 | 0,1 |
| Forstsee | 601 | 0,290 | 35 | 22 | 6 500 000 | | |
| Turracher See | 1763 | 0,194 | 33 | 13,8 | 2 689 470 | 2,5 | 1,1 |
| Rauschelesee | 514 | 0,191 | 12 | 5,6 | 1 084 000 | 5,5 | 0,46 |
| Hafnersee | 510 | 0,165 | 10 | 5,7 | 951 000 | 13,7 | 0,15 |
| Magdalenensee | 486 | 0,150 | 6 | 3,5 | 150 000 | | |
| Maltschacher See | 594 | 0,129 | 6,8 | 4,0 | 515 000 | 1,7 | 0,8 |
| St.-Urban-See | 745 | 0,09 | 3,0 | 1,7 | 135 000 | 1,0 | 0,3 |
| Kraiger See | 590 | 0,055 | 10,0 | 4,4 | 124 000 | 0,95 | 2 |
| Vassacher See | 521 | 0,044 | 10,2 | 5,37 | 237 700 | 1,4 | 0,5 |
| St.-Leonhard-See | 520 | 0,0229 | 6,5 | 3,69 | 84 525 | 2,3 | 0,1 |

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



produktion im Oberflächenbereich, sondern zu einer Anhäufung von Algen im Metalimnion, wo sich insbesondere Oscillatoria stark vermehrte. In anderen Seen wiederum kam es zu einem sprunghaften Ansteigen und einer deutlichen Verminderung der Lichtdurchlässigkeit im Oberflächenbereich. Diese unterschiedliche Reaktion ist deswegen bedeutungsvoll zu erwähnen, weil sich bei Beurteilung der Reinigungsprozesse der letzten Jahre eine ähnliche aber rückläufige Entwicklung beobachten läßt. Die zunehmende Nährstoffanreicherung in unseren Seen ließ sich auch an der Besiedlung und mengenmäßigen Zunahme der bekannten Burgunderblutalge Oscillatoria erkennen. Diese Algenart wurde bereits 1909 im Wörthersee in geringer Menge festgestellt. Seither ist diese Art mit gewissen Schwankungen, allmählich an Menge zunehmend, ein fester Bestandteil des Phytoplanktons des Wörthersees geblieben. Im Zeitraum zwischen 1930 und 1950 kam es in Kärnten zu keiner weiteren Ausbreitung von Oscillatoria. Mit der eingangs geschilderten Zunahme des Tourismus und der Besiedlung der Uferbereiche setzte eine neue Welle der Veralgung unserer Seen ein. In den Jahren 1959 und 1960 trat Oscillatoria erstmals im Ossiacher See in nennenswerter Menge auf, etwa gleichzeitig im Feldsee und 1961 im Millstätter See; 1962 wurde sie erstmals im Klopeiner See beobachtet. In allen diesen Gewässern blieben die Mengen dieser Algenart in den ersten Jahren sehr gering, im Feldsee verschwand sie zeitweilig sogar ganz. Nirgends spielte die Art schon von Anfang an eine solche Rolle wie etwa im Wörthersee oder in Seen des Auslandes. Besonders spektakulär war das Auftauchen der Burgunderblutalge im Millstätter See, was als Anzeichen rasch zunehmender Eutrophierung zu werten war. Die alteingesessenen Planktongesellschaften mit Vorherrschen von Kieselalgen und Panzergeiselalgen wurden allmählich von Oscillatoria verdrängt. Sie verhielt sich vorerst allerdings genauso wie im Wörthersee, blieb also im Sommer den oberen Schichten fern, im Frühjahr und Sommer 1971 setzte in der Tiefe um 12 m eine plötzliche gewaltige Vermehrung der Burgunderblutalge ein. Durch die einsetzende Herbstzirkulation wurde sie auch in die Oberflächenschichten geschwemmt, wo sie sich im Vorwinter ebenfalls stark vermehrte. Im Mai 1972 bestand das Plankton nur aus Burgunderblutalgen. Mit gewissen Bestandsschwankungen breitete sich Oscillatoria nun im Oberflächenbereich des Millstätter Sees aus, das Seewasser war eine Aufschwemmung rotbrauner fädiger Massen, zum Teil zu Flocken und Fladen verfilzt. Der Badebetrieb war damals zum Erliegen gekommen. Im Gegensatz dazu blieb Oscillatoria im Wörthersee auch zu den Zeiten des Höhepunktes der Eutrophierung an diesem See immer im Metalimnion und gelangte kaum an die Oberfläche, wenn man von einem kurzzeitigen Auftreiben in der Veldenerbucht im Jahre 1963 und gelegentlich lokalen Ansammlungen in den späteren Jahren absieht (FINDENEGG 1973).

Am Ossiacher See war die Eutrophierung besonders spektakulär. In den Jahren 1971, 1972 und 1973 trat eine starke Wasserblüte verschiedener Blaualgenarten, insbesondere Anabaena und Microcystis in Erscheinung. Auch hier war der See vollflächig mit einem grünen Algenteppich bedeckt, der sich bei Wellenschlag oder durch Schiffsschrauben zu meterhohen Schaumwülsten auftürmte. Der Badebetrieb kam auch hier zum Erliegen. Ein derartig akuter Höhepunkt der Eutrophierung war bei den meisten anderen Seen nicht der Fall, doch läßt sich häufig ein gewisser Kulminationspunkt an verschiedenen anderen Parametern, wie Sauerstoffschichtung, Nährstoffschichtung und Sichttiefenverhältnisse erkennen.

Wenn man einen See als Ökosystem betrachtet, so muß man sich die Frage stellen, ob sich die Nährstoffanreicherung auch in anderen Glie-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



dern des Systems durch Veränderungen erkennen ließ. Wie bereits erwähnt, hat sich die Eutrophierung an den meisten Seen in einem verstärktem Wachstum der Planktonalgen ausgewirkt. Lediglich der Afritzer See ist in eine andere Richtung gegangen, hier hat, aus welchen Gründen immer, nicht ein vermehrtes Schwebealgenwachstum, sondern eine überaus starke Vermehrung der untergetauchten Vegetation, insbesondere von Elodea canadensis, eingesetzt. Im Sommerhalbjahr 1978 waren weite Uferabschnitte dieses Sees dicht bewachsen, so daß hier baden nahezu unmöglich war. Man hatte sogar den Eindruck, gleichsam im "Morast" der dichten Pflanzenbestände steckenzubleiben. Seit dem Jahre 1975 war an diesem See sogar eine zunehmende Klarheit des Wassers zu beobachten, was bei oberflächlicher Betrachtung zunächst auf eine Verbesserung hindeutete. Wenngleich auch die Vorgänge im einzelnen nicht eindeutig zu klären sind, so scheint es der Wasserpest offenbar gelungen zu sein, sich der Nährstoffe zu bedienen und sich im Uferbereich explosionsartig zu entwickeln, was schließlich zu einem völligen Zuwachsen der Uferbereiche bis zu 5 m Wassertiefe führte. Die Nährstoffe blieben offenbar in der Wasserpest weitestgehend gebunden, wodurch es zu einem Absinken des Nährstoffgehaltes im freien Wasser kam, was in der Folge zu einer Verminderung der planktischen Algenmenge führte. Die Badebereiche mußten mit Hilfe einer Pioniereinheit des Bundesheeres gereinigt werden, etwa 1 000 t Pflanzenmasse wurde entfernt (SAMPL 1978).

Auch beim Zooplankton waren Eutrophierungserscheinungen nachzuweisen: So war beispielsweise am Ossiacher See ein starker Rückgang der Populationsdichte des Planktonkrebses Eudiaptomus gracilis festzustellen, der früher die wichtigste Art im Plankton dieses Sees war. Andere Planktonkrebsarten, nämlich Bosmina longispina und Mesocyclops leuckarti haben im Gegensatz dazu stark zugenommen. Besonders auffällig war das Auftreten einer Art, die üblicherweise nur am Ufer stärker eutrophierter Kleingewässer zu finden ist. Es war dies der Kleinkrebs Chydorus sphaericus, der in den Jahren der stärksten Eutrophierung des Ossiacher Sees regelmäßig im Plankton zu finden war. Mit der späteren Verbesserung der Wasserqualität ist die Art aus dem Plankton wieder vollkommen verschwunden (WAPPIS 1980). Eine ähnliche Untersuchung des Planktons des Keutschacher Sees hat ergeben, daß mit fortschreitender Eutrophierung die Individuenzahlen auf beachtliche Höhen angestiegen sind. Dabei fällt auf, daß durch die Eutrophierungsprozesse vor allem die Detritus- und Kleinstalgenfresser am stärksten zugenommen haben. Auch an diesem See sind die Bestandszahlen mit dem Rückgang der Eutrophierung wieder kleiner geworden.

Erhebungen am Ossiacher See haben ergeben, daß die Eutrophierungsvorgänge sogar auf den Fischbestand Auswirkungen gezeigt haben. So konnte aufgrund einer Auswertung einer gut geführten Fischereistatistik ein eutrophierungsbedingter Rückgang und nach erfolgter Sanierung ein Ansteigen des Fischertrages beobachtet werden. Aufgrund der Fangergebnisse konnte in den Jahren 1964 - 1966, also im Zeitpunkt der beginnenden stärkeren Eutrophierung ein Hektarertrag von etwa 10 kg errechnet werden. Im Zeitpunkt des Höhepunktes der Eutrophierung sanken die Erträge bis 1972 auf 5 kg/ha ab. Seit dieser Zeit steigen sie wieder an und erreichten 1979 rd. 12 kg/ha. Allerdings kam es zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung. Während 1964 der Hecht dominierte, war 1969 der Zander ein vorherrschender Fisch, der seit dieser Zeit ständig zurückgegangen ist. Der Wels hatte seinen Höhepunkt im Jahre 1966 und ist seit dieser Zeit im Abnehmen begriffen. Das gleiche kann man für den Aal feststellen, der seinen Entwicklungshöhepunkt zwischen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



1972 und 1974 gehabt hat und derzeit auch wieder abnimmt. Während die wertvollen Speisefische derzeit zwar stark zurückgehen, fällt die Zunahme der Brachse besonders auf und verursacht hohe Hektarerträge, die jedoch von geringerer fischereiwirtschaftlicher Qualität sind (SCHULZ, N. 1982).

Schließlich sei noch auf die Wasservögel eingegangen, die als Endkonsumenten in der langen Nahrungskette in gleicher Weise Spiegelbild eutrophierungsbedingter Veränderungen sind (SAMPL 1981).
Bis zum Jahre 1962 war der Haubentaucher an den Kärntner Seen nur gelegentlicher Gast am Durchzug, gebrütet hat er bis zu diesem Zeitpunkt hier niemals. Im Spätsommer 1962 wurde erstmals ein Jungvogel registriert, was als erster Brutnachweis am Wörthersee zu werten war. Bereits 1964 war der Haubentaucher ein überaus häufiger Vogel, am Wörthersee allein wurden bereits 40 Brutpaare gezählt. Seit dieser Zeit ist der Haubentaucher ein regelmäßiger Brutvogel an unseren Seen. Das Auftreten in den 60er Jahren hängt sicherlich mit der starken Zunahme des pflanzlichen Planktons und des daraus resultierenden tierischen Planktons und schließlich mit der Zunahme der kleinen Weißfische zusammen.

## Sanierungsmaßnahmen, Planung und Realisierung

In Kärnten hat man sich schon frühzeitig zu einer für unsere geographischen Verhältnisse optimalen Lösung entschlossen. Durch die relativ geringe Größe der Einzugsgebiete der Kärntner Seen war es möglich, sämtliche Abwässer, die in den Einzugsgebieten anfallen, den Seen fernzuhalten und schadlos abzuleiten. Dieses grundsätzliche Konzept wurde bis zum heutigen Tage strikt eingehalten; die später noch zu beschreibenden Erfolge sind sicherlich vor allem dieser rigorosen Abwasserfernhaltung zuzuschreiben. Die Kanalisationsanlagen nehmen die Abwässer der seennahen Bereiche, aber auch der Siedlungsgebiete im weiteren Einzugsgebiet auf und führen sie Kläranlagen zu.
Die mechanisch bzw. biologisch gereinigten Wässer werden dann in Vorfluter eingeleitet, die nicht mehr den Seen zufließen. Diese Lösung des Abwasserproblems erwies sich insofern als optimal, als es keine Restbelastung gibt, wie dies beispielsweise bei anderen Seensanierungsmethoden der Fall ist. Die Entscheidung, die Abwässer über die Seenkanalisationen abzuleiten und nicht die Klärung der Abwässer in den Einzugsgebieten selbst bei Wiedereinleitung in die Seen durchzuführen, hat sich als richtig herausgestellt und wird heute allgemein als mustergültig angesehen. Die biologische Reinigung der Abwässer, selbst bei Nachschaltung einer chemischen Reinigungsstufe, hätte bei Wiedereinleitung in die Seen eine Restbelastung ergeben, die für die schwach belastbaren Seen vielfach zu hoch gewesen wäre. Diese Überlegungen lassen sich auch mit Hilfe des VOLLENWEIDER'schen Nährstoff-Belastungsmodelles (VOLLENWEIDER 1968, 1975, 1976) belegen. Wie bereits erwähnt, sind sämtliche Kärntner Seen infolge ihrer meist geringen Durchflutung nur sehr wenig mit Nährstoffen belastbar. So kann der Wörthersee beispielsweise nur mit 3,5 - 7 t, der Millstätter See mit 4,5 - 9 t oder der Ossiacher See mit 2,7 - 5,4 t Phosphor belastet werden (SAMPL 1981). Die vielen kleinen Seen verkraften in der Regel nur Phosphormengen von einigen 100 kg und weniger Phosphor pro Jahr. Somit konnte mit keiner anderen Methode als der in Kärnten angewendeten (= vollständige Abwasserfernhaltung) dieser geringe Nährstoffeintrag gewährleistet werden. Wegen dieser geringen Belastbarkeit müssen nämlich alle faßbaren Phosphoran-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



teile ferngehalten werden, da unbeeinflußbare Quellen (Niederschlag, Grundwasser, landwirtschaftliche Nutzflächen, Badegäste) bei den Kärntner Seen meist schon die Belastbarkeitsgrenze mit Nährstoffen erreichen. Aus diesem Grunde ist bei nachträglicher Betrachtung die damalige Entscheidung, Ringkanalisationsanlagen zu bauen, richtig gewesen. Diese für mitteleuropäische Verhältnisse zweifelsohne mustergültigen Entsorgungsanlagen sind vor allem deswegen so rasch realisiert worden, weil der Zustand der Seen wie bereits erwähnt - in ein Stadium rasanter Eutrophierung eingetreten war, welcher den Sommertourismus stark zu beeinträchtigen und nachhaltig zu schädigen drohte. Zur raschen Realisierung wurden Wasserverbände gegründet, die die überregionalen Sanierungskonzepte in Form der sogenannten "Ringkanalisationen" verwirklicht haben. Diese Ringkanalisationen erfassen in der Regel sämtliche Siedlungsgebiete, Ortschaften und Gemeinden des jeweiligen hydrographischen Einzugsgebietes.

In nachstehender Tabelle 2 sind sämtliche Wasserverbände des Bundeslandes und die durch sie erfaßten und sanierten Seen zusammengestellt.

Tabelle 2: Die Wasserverbände

| Wasserverband | erfaßte Seen | Reinigungsanlage |
|---|---|---|
| Wörthersee | Wörthersee<br>Keutschacher See<br>Hafnersee<br>Müllnersee<br>Rauschelesee<br>Moosburger Teiche | Klagenfurt,<br>Velden |
| Ossiacher See | Ossiacher See<br>Maltschacher See<br>Magdalenensee<br>Vassachersee<br>St. Leonhardsee | Villach,<br>Feldkirchen |
| Faaker See | Faaker See<br>Aichwaldsee | Villach |
| Millstätter See | Millstätter See<br>Feldsee<br>Afritzer See | Spittal/Drau |
| Kanalisation Hermagor-Pressegger See | Pressegger See | |
| Kanalisation Weißensee | Weißensee | |
| Kanalisation St. Kanzian | Klopeiner See<br>Kleinsee<br>Turnersee | St. Kanzian |
| Kanalis. Turracher See | Turracher See | Turracher Höhe |
| Reinhalteverb. St. Veit | Längsee<br>Kraiger See | St. Veit |
| Völkermarkt-Jaunfeld | Gösseldorfer See<br>Völkermarkter Stausee | Völkermarkt<br>(in Planung) |

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Über den Beginn der Sanierungsarbeiten an den einzelnen Seen sowie die bis 1980 entstandenen Baukosten und über die noch notwendigen Aufwendungen bis zur vollständigen Fertigstellung der Anlagen gibt Tabelle 3 Auskunft. Die Kanalisationsanlagen sind in Abb. 1, 2 und 3 dargestellt (THOMASER 1972, 1977a, 1977b, 1979, 1981, FANTA 1981 und 1984).

Tabelle 3: Wasserverbände, Baukosten

| See | Beginn der Sanierung | Baukosten (in Mio.S) bis 1980 | Investitionskosten (in Mio.S) 1980 - 1995 |
|---|---|---|---|
| Wörthersee | 1964 | 663 | 350 |
| Millstätter See (mit Feldsee und Afritzer See) | 1968 | 764 | 350 |
| Ossiacher See (mit Magdalenensee, Leonhardsee, Vassacher See, Maltschacher See) | 1970 | 779 | 200 |
| Weißensee | 1968 | 45 | 20 |
| Faaker See | 1970 | 243 | 60 |
| Keutschacher See (mit Hafnersee und Rauschelesee) | 1974 | 68 | 75 |
| Klopeiner See (mit Turnersee und Kleinsee) | 1969 | 79 | 40 |
| Pressegger See | 1969 | 22 | 76 |
| Turracher See | 1968 | 7 | 9 |
| Längsee (mit Kraiger See) | 1984 | | 73 |

Bei der Sammlung der Abwässer ist man mit 2 Systemen vorgegangen. Einerseits wurden Kanalisationsleitungen am Lande verlegt, andererseits aber auch Kunststoffleitungen direkt in den Seen, die das Abwasser von Pumpstation zu Pumpstation transportieren. Der Wörthersee wird durch 2 Anlagen saniert, das Abwasser aus dem Bereich der Veldener Bucht wird in einer Pumpstation gesammelt und über eine Wasserscheide zur Drau gepumpt. Der übrige größere Abschnitt sammelt das Abwasser des Nordufers. Vom Südufer wird das Abwasser mit Seeleitungen zum Nordufer gepumpt. Die südlich des Wörthersees gelegene Keutschacher Seentalfurche wird ebenso durch die regionale Anlage des Wasserverbandes Wörthersee erfaßt. Das Abwasser wird der biologischen Kläranlage nach Klagenfurt zugeleitet.

Infolge der akuten Eutrophierungserscheinungen mußte am Ossiacher See besonders rasch gehandelt werden, wobei man sich entschloß, nicht durch

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Landleitungen, deren Verlegung sehr viel Zeit in Anspruch genommen hätte, sondern durch Seeleitungen die Verschmutzungsschwerpunkte zu erfassen (LENGYEL 1972, TRIPOLT 1984). Die einzelnen Ortsnetze münden in Pumpstationen, von denen das Abwasser in einen Transportsammler gepumpt wird, der vom westlichen Seeufer über das Nordufer bis zur Kläranlage nach Villach reicht. Im Zuge des Ausbaues dieses Kanalisationssystems wurden auch die kleinen Seen im Nahbereich von Villach mitentsorgt. Die Abwässer der ebenfalls im Einzugsgebiet des Ossiacher Sees geelegenen Stadt Feldkirchen werden nach biologischer Reinigung aus dem Einzugsgebiet des Ossiacher Sees hinaus in die Glan übergepumpt. Das gesamte besiedelte Ufer des Faaker Sees wird durch ein Kanalisationssystem erfaßt, die Abwässer werden der Kläranlage Villach zugeleitet (Abb. 1).

Das Kanalisationssystem des Wasserverbandes Millstätter See entsorgt heute nahezu vollständig das gesamte Einzugsgebiet des Millstätter Sees mit den Ortschaften Bad Kleinkirchheim, Radenthein, Dellach, Millstatt und Seeboden. Der ebenfalls im Einzugsgebiet des Millstätter Sees gelegene Feldsee ist auch angeschlossen, die Erfassung des jenseits einer flachen Wasserscheide liegenden Afritzer Sees außerhalb des Einzugsgebietes des Millstätter Sees ist derzeit im Bau. Die Abwässer werden gemeinsam mit denen der Stadt Spittal/Drau in einer biologischen Kläranlage gereinigt und dann der Drau zugeleitet (Abb. 2, S. 64).

Das besiedelte Westufer des Weißensees ist durch einen Ufersammler erfaßt, der in ein Pumpwerk mündet, welches das Abwasser über eine Wasserscheide zur Drau leitet, wo eine biologische Kläranlage projektiert ist. Ebenso wird am Pressegger See das gesamte besiedelte Ufer durch ein Kanalisationssystem entsorgt. Die Abwässer sollen in einer Kläranlage gemeinsam mit denen von Hermagor gereinigt werden (Abb. 3, S. 65).

Die Kanalisationsanlage Klopeiner See erfaßt die Ufer des Klopeiner Sees, des Turner Sees und des Kleinsees. Die Reinigung erfolgt in einer biologischen Kläranlage am Abfluß des Klopeiner Sees. Am Turracher See werden sämtliche Abwässer der dort befindlichen Wohnhäuser und Fremdenverkehrseinrichtungen nach einer mechanischen Reinigung dem Seeabfluß zugeleitet. Die Sanierung des Längsees ist derzeit im Bau, die Anlage soll auch das Abwasser aus dem Bereich des Kraiger Sees aufnehmen (Abb. 1).

## Die bisherigen Erfolge der Sanierungsmaßnahmen

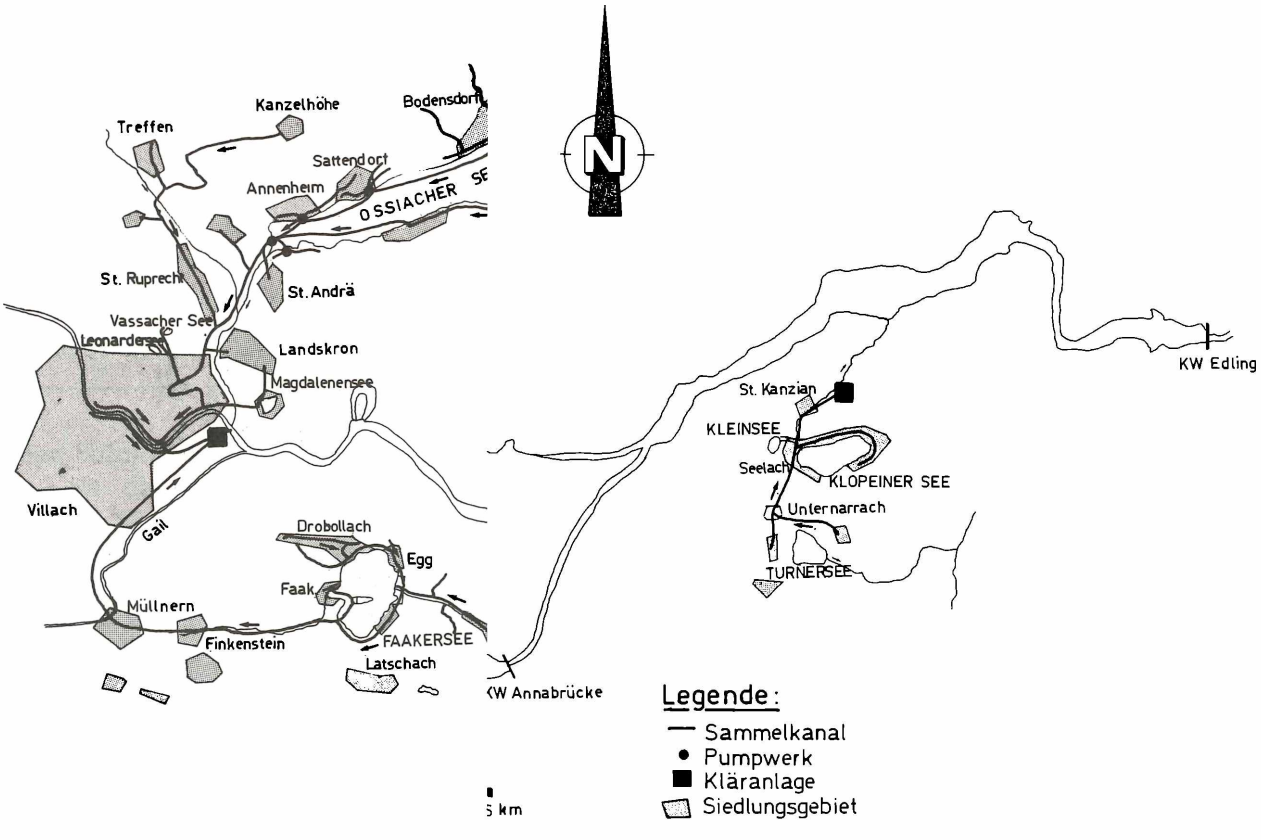
Mit der kanalisationsmäßigen Erfassung der ufernahen Siedlungsgebiete konnte die direkte Abwassereinleitung bzw. das Einsickern von Abwässern verhindert werden. Diese Art der Beeinträchtigung aus ufernahen Bereichen war insofern gravierend, als daß es einerseits zu hygienisch nicht vertretbaren Verhältnissen im Uferbereich gekommen war und andererseits die volle abwasserbürtige Nährstofflast den See getroffen hat, ohne daß ein gewisser Rückhalt im Boden gegeben gewesen wäre. Durch die Erfassung der ufernahen Teile ist somit die hygienische Situation im Uferbereich schlagartig besser geworden (GUSINDE 1978, 1979 und 1982). Die hygienischen Untersuchungen, die sämtliche Badebereiche an den Seen erfassen und die seit 1967 kontinuierlich durchgeführt werden, haben im Jahre 1984 ergeben, daß von den über 300 Proben nur mehr 3 wegen geringfügiger Überschreitung der Grenzwerte vom hygienischen Standpunkt zu beanstanden waren.

Während die Auswirkungen der Eutrophierung allgemein bekannt und gut untersucht sind, ist die Reaktion von Seen auf Sanierungsmaßnahmen viel

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

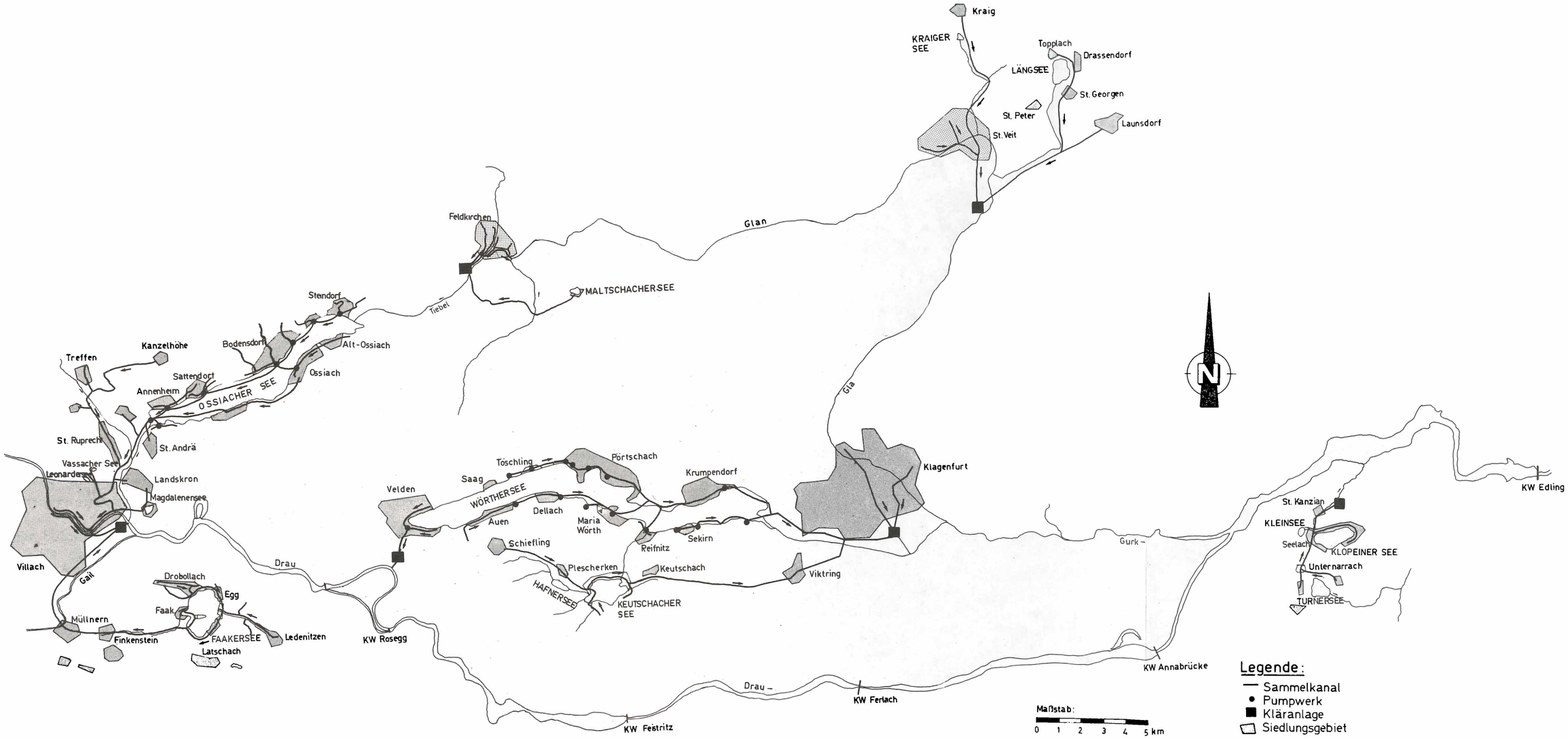
**Abb. 1: Die Kanalisationssysteme Wörthe**

dorf



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Abb. 1: Die Kanalisationssysteme Wörthersee, Ossiacher See, Faaker See, Längsee, Klopeiner See**



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



weniger gut bekannt. Dies mag u.a. auch daran liegen, weil nur wenige Seengebiete gründlich und umfassend saniert sind, wie dies im Kärntner Seengebiet der Fall war. Wie sich die Sanierungsmaßnahmen im einzelnen ausgewirkt haben, soll an einer Reihe von Beispielen aufgezeigt werden.

Die Gesamtbelastung der drei großen Kärntner Seen hat - wie bereits erwähnt - in nachstehender eindrucksvoller Weise abgenommen:

Tabelle 4: Phosphorbelastung ($P_{total}$) pro Jahr

| S e e | vor Sanierung | 1980 |
|---|---|---|
| Wörthersee | 22,0 t | 8,1 t |
| Millstätter See | 23,5 t | 5,4 t |
| Ossiacher See | 19,0 t | 5,3 t |

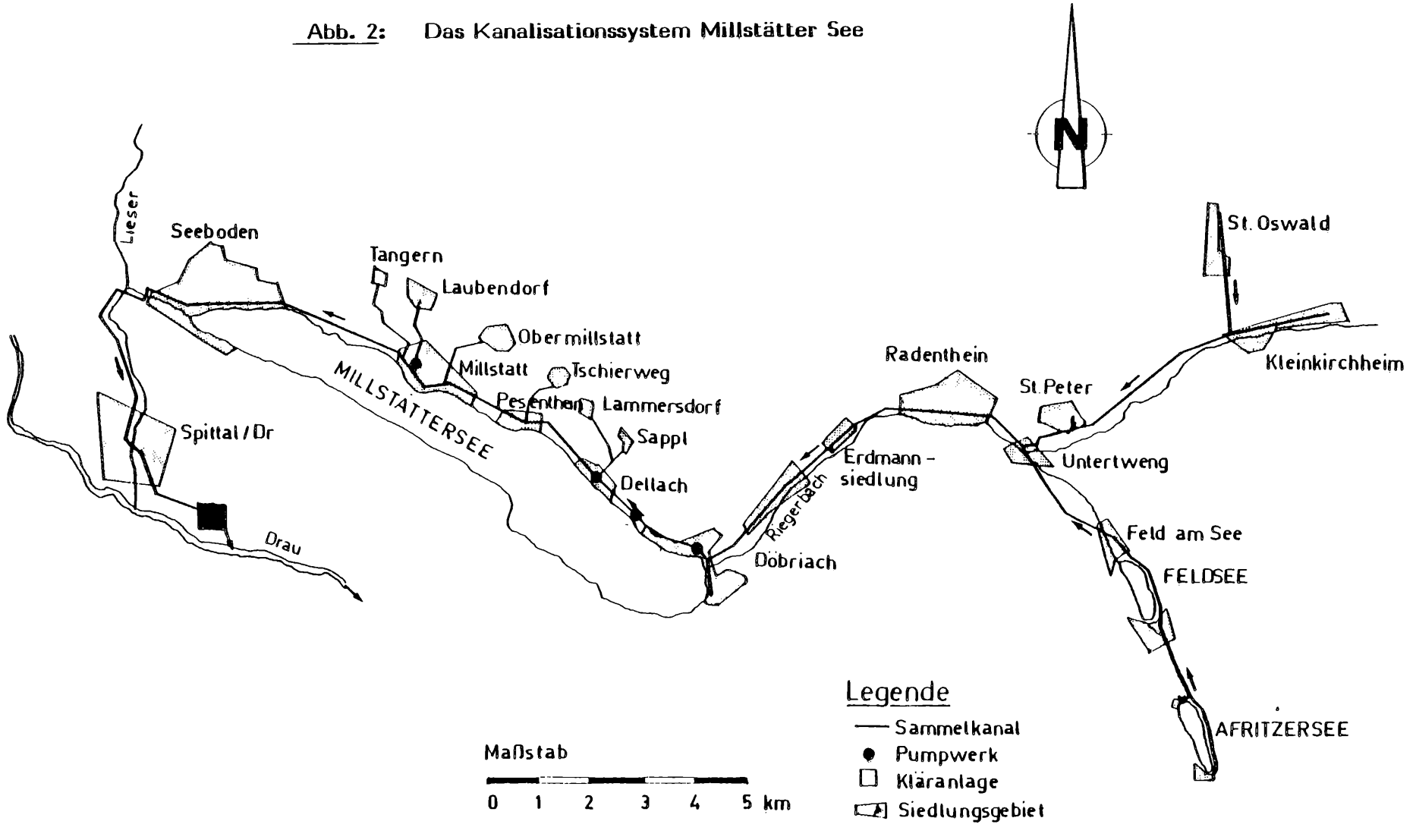
Dieser Rückgang der Gesamtbelastung erklärt sich daraus, daß sämtliche Abwässer, die in die Seen direkt oder auf dem Wege der Zuflüsse aus dem Hinterland eingebracht wurden, durch die Kanalisation ferngehalten wurden. Heute gibt es nämlich keinen See, wo Abwässer aus ufernahen Bereichen direkt in die Seen eingeleitet werden. Mit dem fortschreitenden Ausbau der Kanalisationsanlagen in das Hinterland wurden auch Ortschaften an den Zuflüssen erfaßt. Durch das Fernhalten dieser Abwässer ist in der Folge die Nährstofffracht der Zuflüsse z.T. stark abgesunken, wie dies in nachstehender Tabelle 5 am Beispiel des Millstätter Sees dargelegt wird.

Tabelle 5: Riegerbach (Millstätter See) t Phosphor/Jahr (SCHULZ, L., SCHULZ, N. und SAMPL, H. 1984)

| | |
|---|---|
| Vor Kanal | 12,7 |
| 1973 | 12,3 |
| 1974 | 6,9 |
| 1975 | 19,0 (Hochwasser) |
| 1976 | 5,1 |
| 1977 | 4,9 |
| 1978 | 4,1 |
| 1979 | 5,5 |
| 1980 | 3,8 |
| 1981 | 3,7 |
| 1982 | 3,3 |
| 1983 | 4,6 |

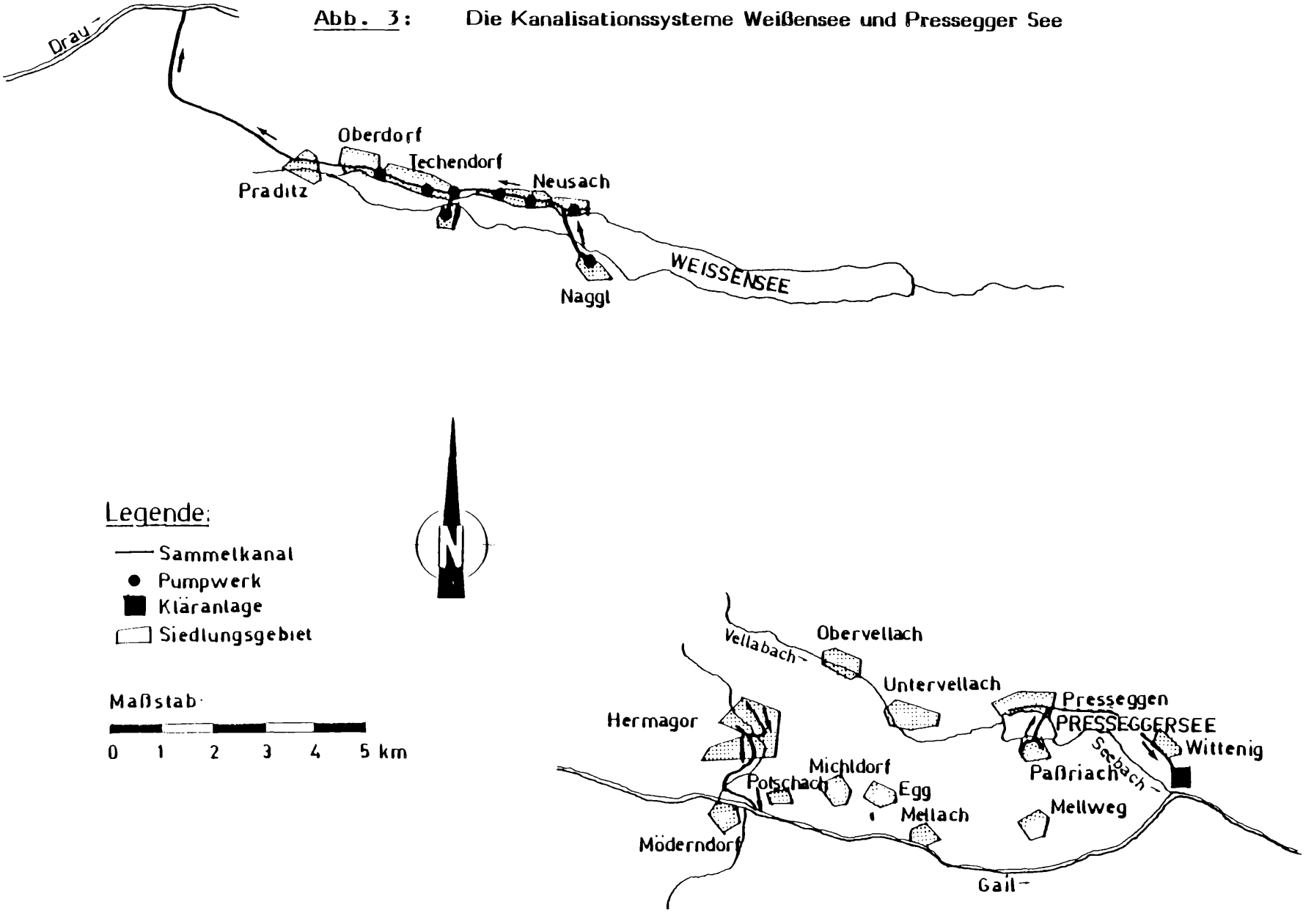
Dieser Rückgang ist für den Millstätter See insofern von großer Bedeutung, als dieser See seine größte Nährstoffbelastung neben den bereits sanierten Direkteinleitungen über den Hauptzufluß, den Riegerbach, erhalten hat. An diesem Zufluß liegen größere Ortschaften, wie Radenthein, das Schigebiet Bad Kleinkirchheim und Feld am See. Mit der Fernhaltung des düngenden Phosphors war in der Folge ein deutlicher Rückgang der Phosphorkonzentration des Epilimnions der Seen festzustellen. Auffällig war dabei jedoch, daß trotz eines deutlichen Trends zur Konzentrationsverminderung gewisse Schwankungen von einem Jahr zum an-

Abb. 2: Das Kanalisationssystem Millstätter See




©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 3: Die Kanalisationssysteme Weißensee und Pressegger See




©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



deren aufgetreten sind. Es war dies vermutlich witterungsbedingt, da diese Schwankungen bei den verschiedenen Seen parallel verlaufen. Nach einer zunächst deutlichen Abnahme beginnen sich die Seen jetzt auf ein bestimmtes Niveau einzupendeln. Die durchschnittlichen epilimnischen Gehalte während der Sommermonate sind für einige Kärntner Seen in nachstehender Tabelle 6 zusammengefaßt.

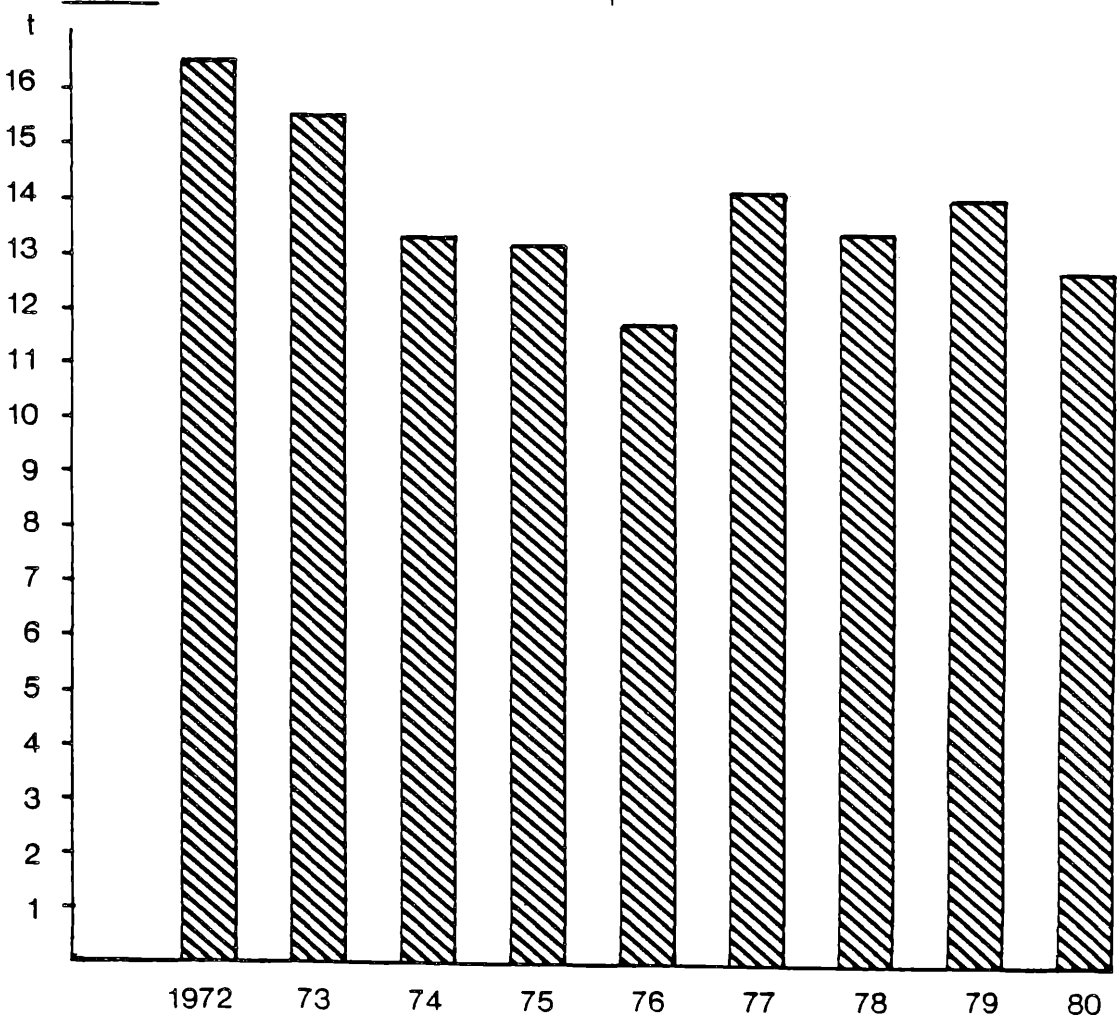
Tabelle 6: Die Phosphorkonzentrationen im Epilimnion (Durchschnitt der Sommermonate)

Gesamtphosphor Ø Sommermonate (in mg/m³)

| | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wörthersee | 17 | 19 | 14 | 15 | 12 | 14 | 13 | 13 | 11 | 13,1 | 12,7 | 12,7 |
| Millstätter See | 19 | 17 | 10 | 14 | 13 | 17 | 14,2 | 16,2 | 13,6 | 11,3 | 8,5 | 14,0 |
| Ossiacher See | 25 | 22 | 16 | 13 | 14 | 14,6 | 14,7 | 13,7 | 13,2 | 16,6 | 13,3 | 11,3 |

In gleicher Weise wie die epilimnischen Phosphorkonzentrationen abgenommen haben, sind auch die Gesamtnährstoffinhalte der Seen zurückgegangen, wie dies in den Abb. 4, 5 und 6 dargestellt ist. Die unterschiedliche Geschwindigkeit des Rückganges der Phosphorinhalte dürfte u.a. mit der unterschiedlichen Wassererneuerungszeit dieser Seen zusammenhängen.

Abb. 4: Die durchschnittlichen Phosphorinhalte im Wörthersee



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Abb. 5: Die durchschnittlichen Phosphorinhalte im Millstätter See

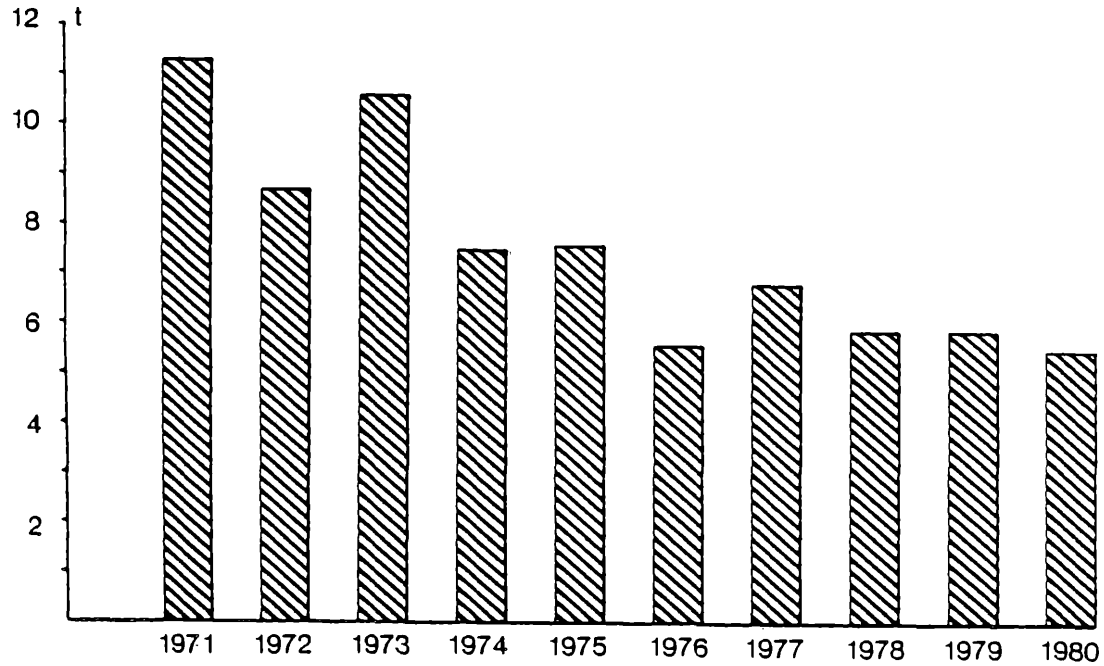
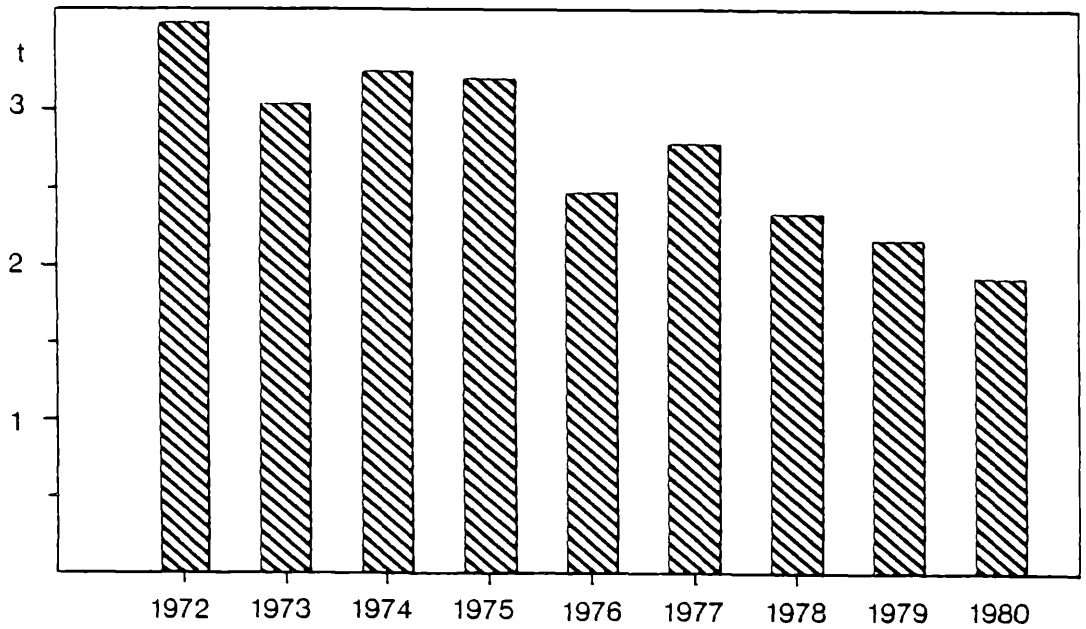



Abb. 6: Die durchschnittlichen Phosphorinhalte des Ossiacher Sees



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Mit Rückgang der Phosphorkonzentrationen im trophogenen Oberflächenbereich folgte auch ein Zurückgehen der Algenbiomasse. Hiebei zeigte sich, daß zunächst die Algenbiomasse des Epilimnions abgenommen hat. Dadurch ist das Oberflächenwasser klarer und somit lichtdurchlässiger geworden (die Sichttiefen sind angestiegen), was in der Folge sogar zu Zunahme jener Algenarten führte, die im Metalimnion leben, wie z.B. die Blaualge Oscillatoria rubescens. Erst nach einer weiteren Reduktion der Phosphorkonzentrationen begann die Algenmasse auch im Metalimnion mit einer Verzögerung von einigen Jahren abzusinken (Abb. 7, 8, S. 69).

Parallel mit dem Rückgang der epilimnischen Algenmasse ist auch eine Erhöhung der Durchsichtigkeit des Wassers eingetreten, wie dies in den Abbildungen 9 (S. 70), 10 (S. 71) und 11 (S. 72) dargestellt ist.

Nicht nur die Algenmenge, sondern auch das Artenspektrum der Planktonalgen hat sich im Zuge des Regenerierungsprozesses verändert, was am Beispiel des Millstätter Sees erläutert wird. Vor dessen stärkerer Eutrophierung waren als dominante Arten zentrale Diatomeen und Peridineen im Sommer sowie pennale Diatomeen im Winter vorhanden. Mit zunehmender Eutrophierung wurde Cyclotella durch Stephanodiscus hantschii im Winter und im Sommer durch Grünalgen abgelöst. Als weitere Folge der damaligen zunehmenden Eutrophierung trat in den Jahren 1971 und 1972 Oscillatoria stärker in Erscheinung, zunächst im Metalimnion, schließlich im Epilimnion, wobei es in den Jahren 1971 und 1972, aber teilweise auch noch 1973 zu einer starken Wasserblüte von Oscillatoria gekommen ist, wie dies bereits geschildert wurde. 1973 begann sich Oscillatoria in das Metalimnion zurückzuziehen und erreichte hier eine große Biomasse. Nach der Eutrophierungsphase traten im Sommer wiederum als dominante Formen Cyclotella und Ceratium, im geringen Ausmaß auch Grünalgen auf, also ein Artenspektrum, wie es vor der verstärkten Eutrophierung zu verzeichnen war. Im Winter sind derzeit wiederum pennale Diatomeen und im Sommer die Peridineen dominant. Generell läßt sich sagen, daß vor allem die Blaualgen nicht nur am Millstätter See, sondern auch an anderen Seen deutlich zurückgegangen sind. Hervorzuheben ist vor allem, daß die vor Wirksamwerden der Kanalisationsanlagen häufigen Blaualgenwasserblüten heute überhaupt nicht mehr in Erscheinung treten. Dies gilt natürlich nur für jene Seen, die im ausreichenden Maße saniert wurden. Bei Kleinseen, wo dies noch nicht der Fall ist, treten gelegentlich im Spätsommer und Herbst leichte Wasserblüten auf (SAMPL, H.; GUSINDE, G.; TOMEK 1982).

Der Höhepunkt der Eutrophierung des Ossiacher Sees war im Jahre 1972, wo es zu einer spektakulären Wasserblüte der Blaualgenarten Microcystis und Anabaena gekommen ist. Die Wasserblüte wurde von unansehnlichen großflächigen Schaumbildungen begleitet. Nach dieser Massenentwicklung gingen im Zuge des Ausbaues der Kanalisation die Blaualgen zurück, sie wurden zunehmend durch Kieselalgen, insbesondere der Art Tabellaria fenestrata ersetzt. In den Jahren 1974 und 1975 kam es zu einer Massenentfaltung dieser Art, die alle anderen Algenarten verdrängte und die mit einer Biomasse von 166 g unter 1 $m^2$ Seefläche die größte jemals im Ossiacher See beobachtete Biomasse bildete. Ab 1975 verschwand diese Art wieder, es folgten die Kieselalgenarten Fragilaria und Asterionella, in der Folge Arten der Gattung Cyclotella, die heute im Sommerplankton dominieren. Blaualgen treten im Ossiacher See derzeit nur mehr in geringen Mengen im Plankton auf.

Weniger auffallend waren die Arten-Sukzessionen im Wörthersee oder auch im Klopeiner See. In diesen beiden war Oscillatoria im Metalimnion stets die dominante Art, der Reoligotrophierungsprozeß zeigte sich in

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Abb. 7: Die maximale Oscillatoria-Biomasse im Metalimnion des Wörthersees

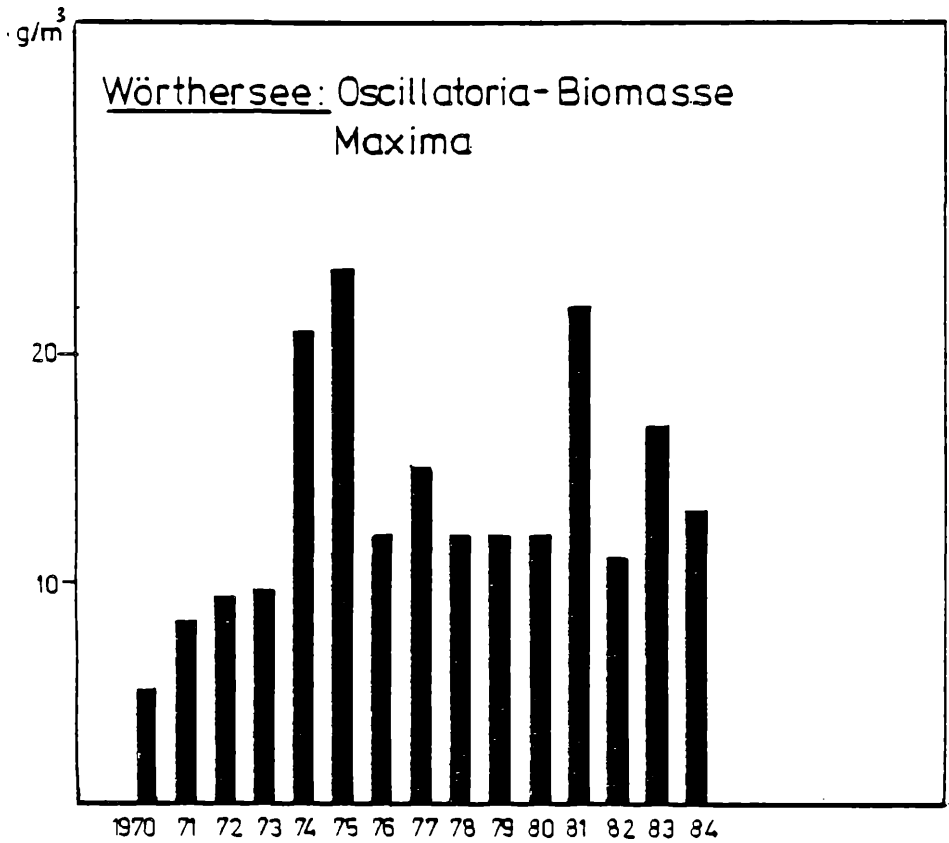



Abb. 8: Die maximale Oscillatoria-Biomasse im Metalimnion des Millstätter Sees

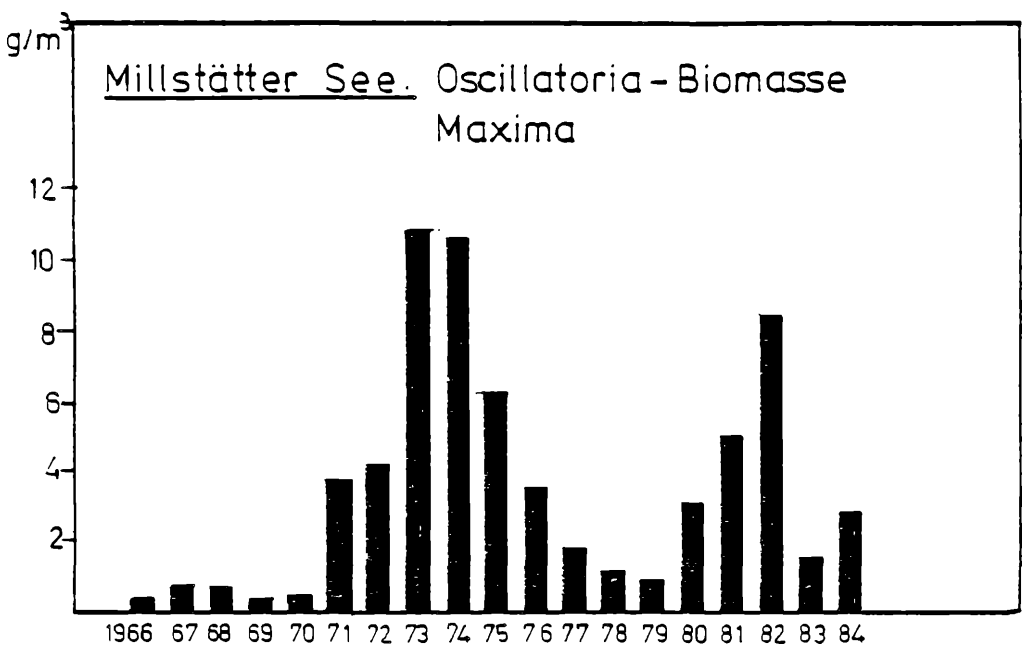
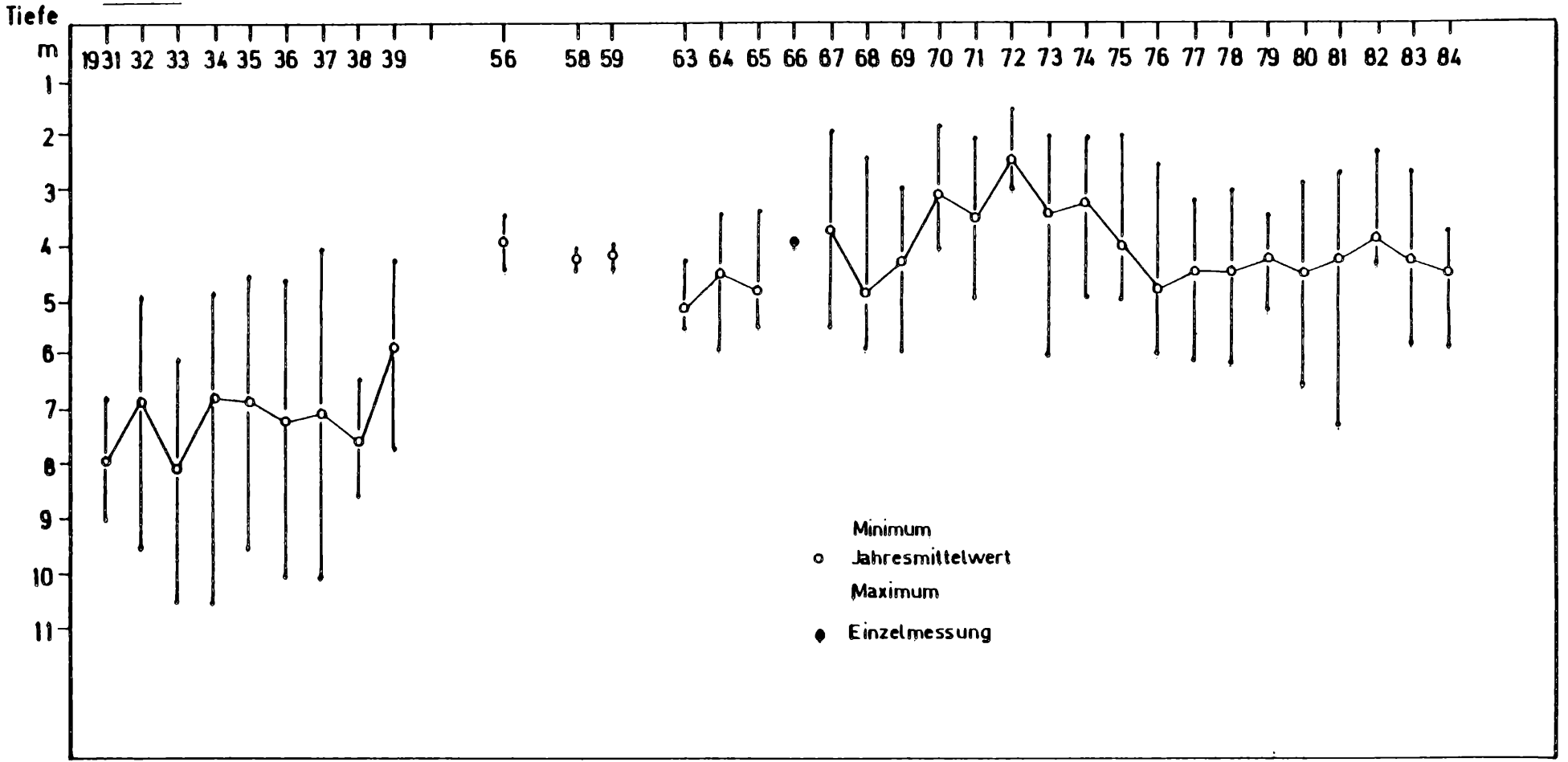


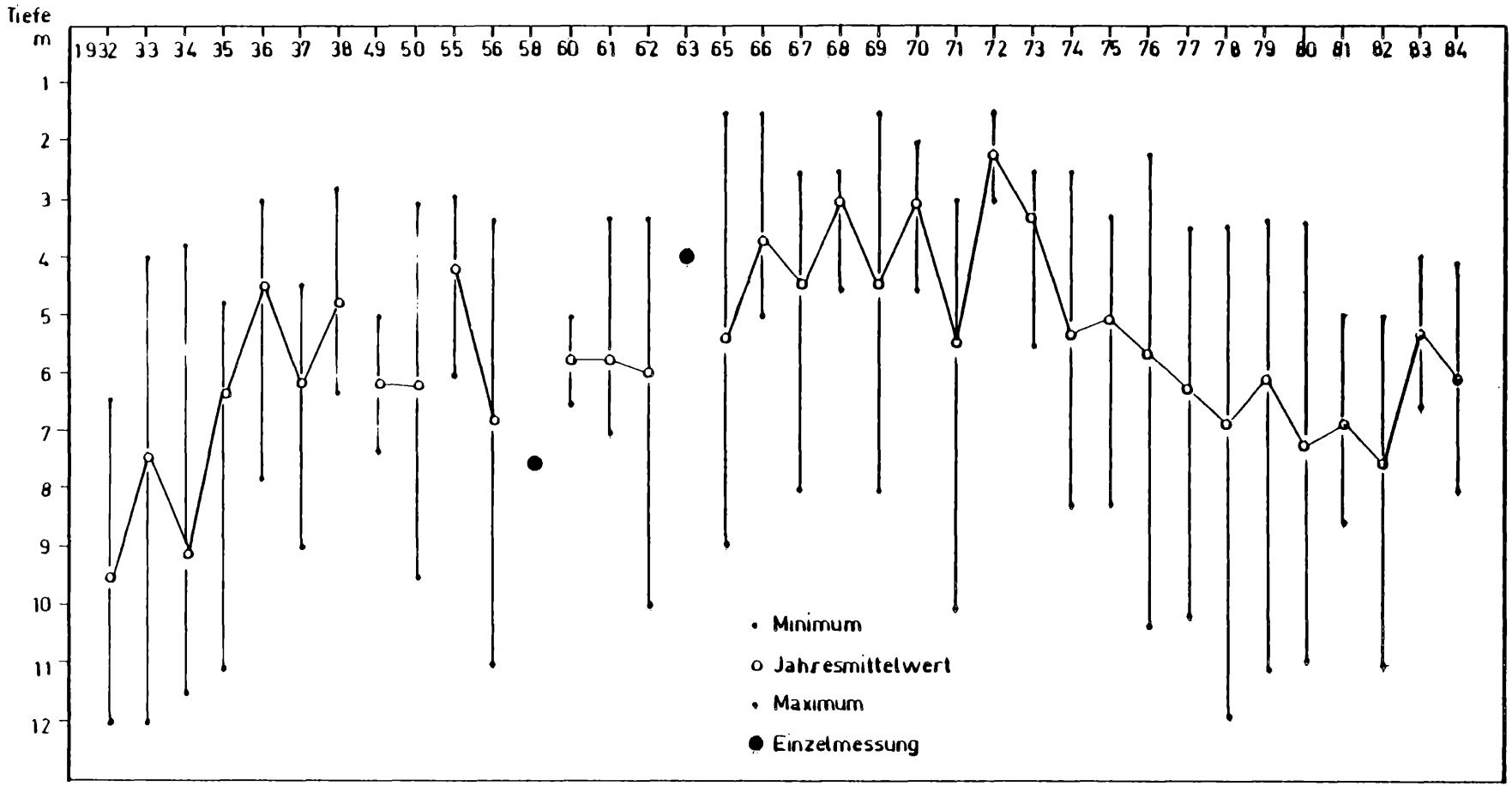
Abb. 9:




Wörthersee: Sichttiefe (Jahresdurchschnitt, Minimum, Maximum)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 10:

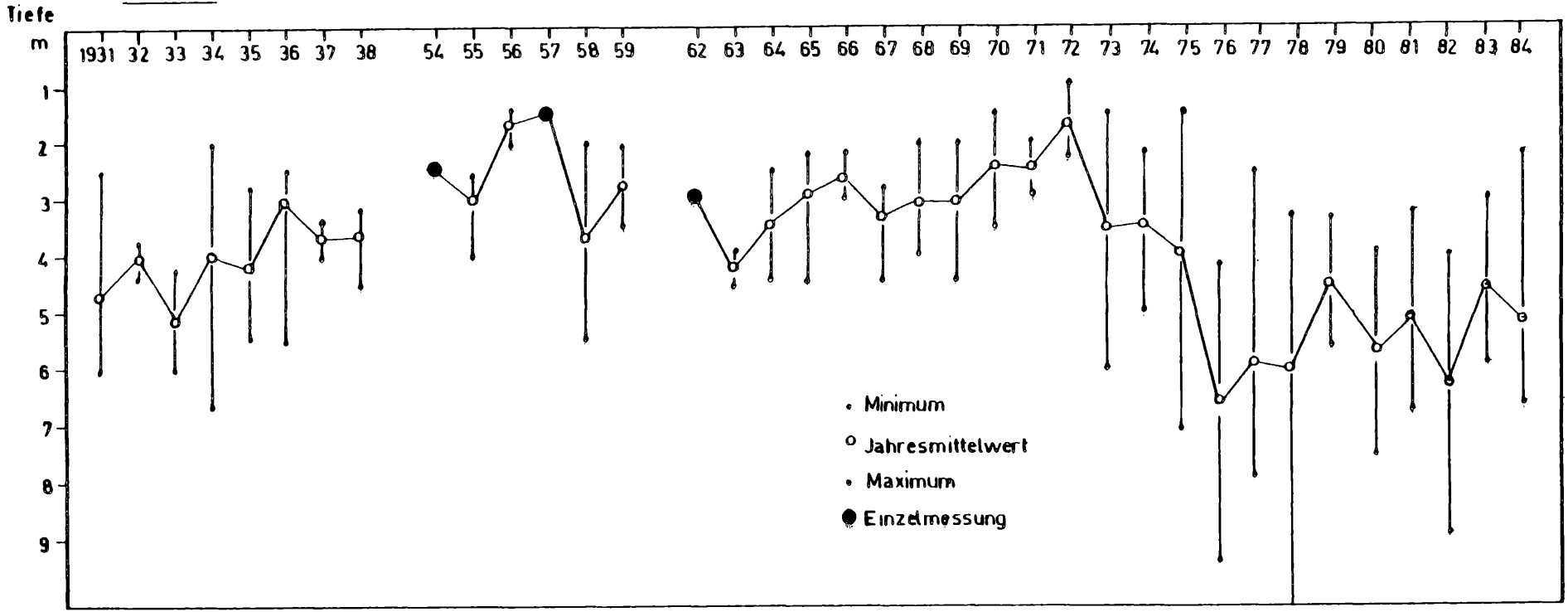



Millstättersee: Sichttiefe (Jahresdurchschnitt, Minimum, Maximum)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 11:




Ossiachersee: Sichttiefe ( Jahresdurchschnitt, Minimum, Maximum )

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

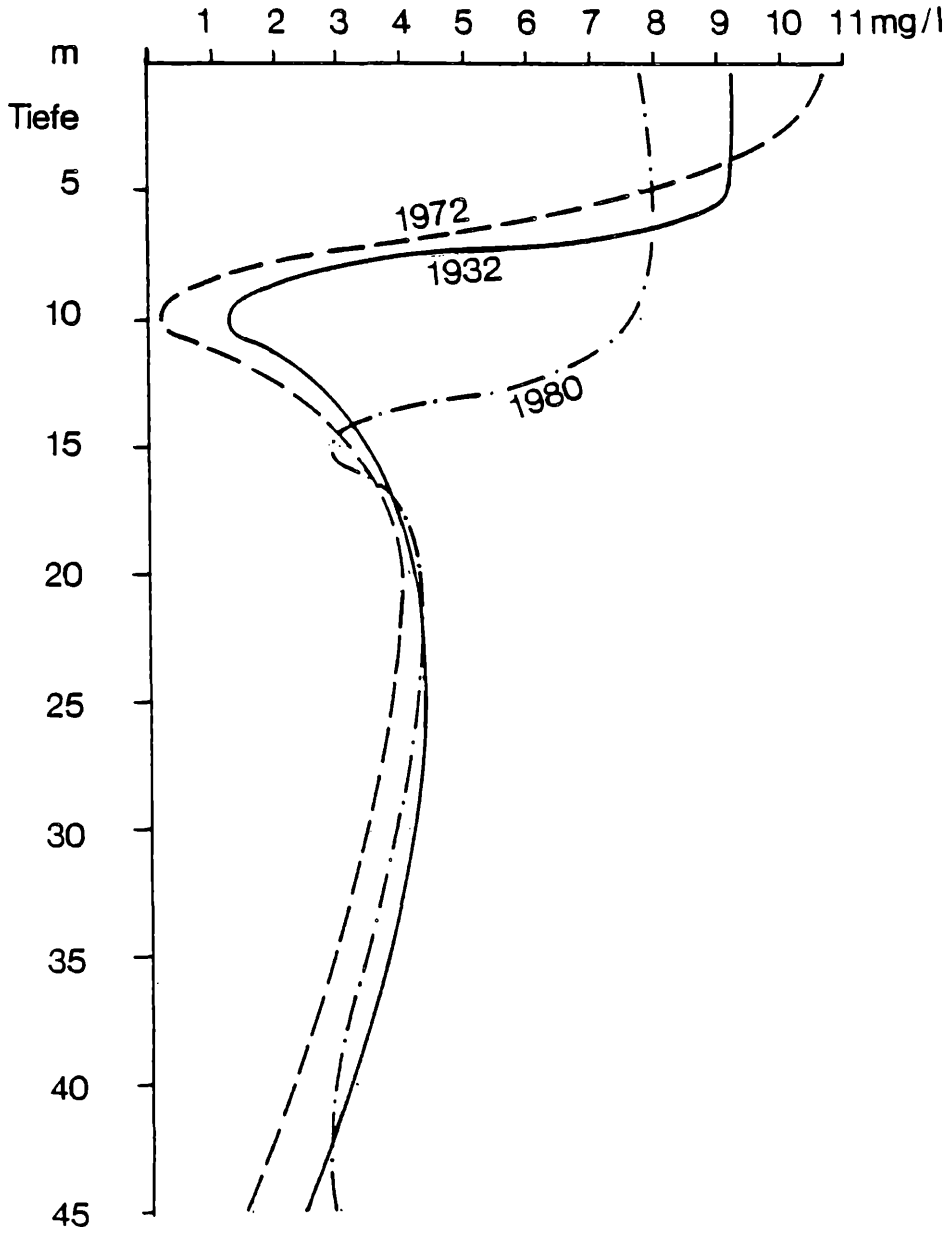
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



diesen beiden Seen nicht so sehr in einer Veränderung des Artenspektrums, sondern vielmehr in einer Abnahme von Oscillatoria-Biomasse.

Die im Zuge des Eutrophierungsprozesses sich verschlechternden Sauerstoffverhältnisse haben sich nach der Sanierung unterschiedlich entwickelt. Bei den volldurchmischten Seen, wie beispielsweise dem Ossiacher See (Abb. 12) hat sich eine deutliche Verbesserung in der Tiefe und im Metalimnion abgezeichnet, wobei festzuhalten ist, daß sich dieser See durch ein ausgeprägtes metalimnisches Sauerstoffminimum zur Zeit des Höhepunktes der Eutrophierung ausgezeichnet hat (SCHULZ, N. u. L. 1977).

Abb. 12: Die Sauerstoffschichtung im Ossiacher See am Ende der Sommerstagnation

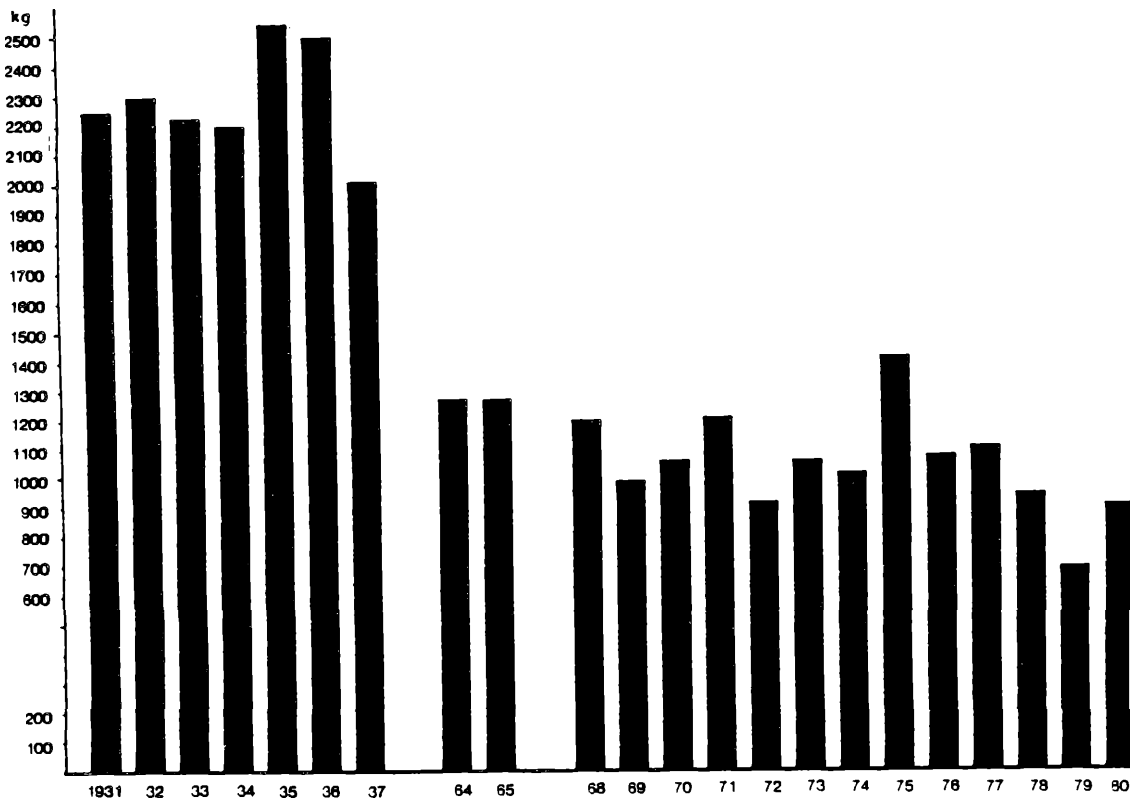


©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Bei den meromiktischen, also teildurchmischten Seen, wie z.B. dem Wörthersee, haben sich die ungünstigen Sauerstoffverhältnisse noch nicht wesentlich verändert. Erst in den allerletzten Jahren deutet sich erstmals eine Erhöhung der Sauerstoffinhalte ab, wobei insbesondere auch die Grenze des sauerstofflosen Bereiches etwas abgesunken ist. Insgesamt sind die Sauerstoffverhältnisse bei den meromiktischen Seen jedoch noch recht ungünstig. Dies erklärt sich dadurch, daß gerade diese Seen eine recht geringe Wassererneuerung aufweisen, wodurch eine Regenerierung der Tiefenschichten nur langsam vor sich geht. Allgemein ist festzuhalten, daß das Sauerstoffregime am langsamsten auf die Sanierungsmaßnahmen anspricht (Abb. 13, SAMPL, H.; GUSINDE, R.; TOMEK, H. 1982).

Abb. 13: Die Sauerstoffinhalte des Wörthersees




Nahezu weltweit ist ein Fortschreiten der Eutrophierung der stehenden Gewässer fetzustellen, daher ist es um so positiver zu werten, wenn sich an den Kärntner Seen bereits deutliche Reoligotrophierungsprozesse abzeichnen. Der allgemein schon sehr weit vorangetriebene Ausbauzustand der Kanalisationsanlagen hat bisher eine weitestgehende Sanierung der Uferbereiche in hygienischer Hinsicht und einen von See zu See verschiedenen Rückgang der Nährstoff- und Algengehalte mit einer Erhöhung der Klarheit des Wassers gebracht. Diese Erfolge rechtfertigen sicherlich den hohen finanziellen Aufwand von weit über 3 Mrd. Schilling, der zur Errichtung der Seenkanalisationen in Kärnten notwendig war.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



## Literatur

FANTA, K. (1981):
Abwasserbeseitigung in Kärnten, Rückblick und Vorschau. - Kärntner Naturschutzblätter 1981

FANTA, K. (1984):
Abwasserkonzept Kärnten, Bestand und Planung. Bericht vom Amt der Kärntner Landesregierung, Abtl. 18 W

FINDENEGG, I. (1933):
Zur Naturgeschichte des Wörthersees. - Carinthia II, Sonderheft 2

FINDENEGG, I. (1953):
Kärntner Seen, naturkundlich betrachtet. - Carinthia II, Sonderheft 15

FINDENEGG, I. (1962):
Vermeidbare Auswirkungen des Fremdenverkehrs auf die Wasserbeschaffenheit und Badequalität unserer Seen. Kärntner Naturschutzblätter 1: 29-32

FINDENEGG, I. (1965):
Die Verunreinigung des Wörthersees. - Mitteilungen der Österr. Sanitätsverwaltung, 66

FINDENEGG, I. (1971):
Wie steht es um die Verschmutzung der Kärntner Seen? Carinthia II, Sonderheft 28: 421-439

FINDENEGG, I. (1973):
Vorkommen und biologisches Verhalten der Blaualge Oscillatoria rubescens in den österr. Alpenseen. - Carinthia II, 163/83: 317-330

GUSINDE, R.E. (1978):
Auswertung bakteriologischer Untersuchungen an Kärntner Badeseen. Zbl. Bkt. Hyg. I, Abt. Orig. B 167: 326-336

GUSINDE, R.E. (1979):
Ergebnisse der hygienischen Überprüfung der Kärntner Badeseen in den Jahren 1967 bis 1978. Veröffentlichungen des Kärntner Institutes für Seenforschung Nr. 5

GUSINDE, R.E. (1981):
Zusammenfassende hygienische Beurteilung der bakteriologischen Seewasseruntersuchungen aus den Jahren 1979, 1980 und 1981. Veröffentlichungen des Kärntner Institutes für Seenforschung Nr. 6

LENGYEL, W. (1972):
Pumpwerke und Seeleitungen am Ossiacher See. - ÖAR 5: 1-4

SAMPL, H. (1978):
Die Massenentwicklung der Wasserpest Elodea canadensis im Afritzersee im Jahre 1978. - Kärntner Naturschutzblätter 1978

SAMPL, H. (1980):
Zum gegenwärtigen Stand der Sanierung der Kärntner Seen. ÖAR 25: 8-18

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



SAMPL, H. (1981):
Wie steht es um die Reinhaltung der Kärntner Seen? - Kärntner Naturschutzblätter 1981, 20: 91-105

SAMPL, H.; GUSINDE, R.E. und TOMEK, H. (1982):
Seenreinhaltung in Österreich. - Schriftenreihe "Wasserwirtschaft", herausgegeb. vom BMLF, Wien

SCHULZ, L.; SCHULZ, N. und SAMPL, H. (1984):
Verlauf und Ursachen der Eutrophierung in zwei Kärntner Seen (Wörthersee und Millstätter See) mit unterschiedlichem Einzugsgebiet. - Veröffentlichungen des Österr. MaB-Programms, Band 8, Teil 1: 75-170

SCHULZ, L. (1981):
Nährstoffeintrag in Seen durch Badegäste. Zbl. Bkt. Hyg. I, Abt. Orig. B 173: 528-548

SCHULZ, N. (in Vorbereitung):
Eutrophierungsbedingte Fischbestandsänderungen im Ossiacher See. Österr. Fischerei

SCHULZ, N. und SCHULZ, L. (1977):
Die limnologische Entwicklung des Ossiacher Sees (Kärnten, Österreich) seit 1931. - Carinthia II, 167/87: 157-178

TRIPOLT, M. (1983):
Bau und Betrieb im See verlegter Abwasserdruckrohre am Ossiacher See. - Österr. Wasserwirtschaft 35, 11/12: 290-294

VOLLENWEIDER, R.A. (1968):
Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. - OECD Paris DAS/CSI/68.27

VOLLENWEIDER, R.A. (1975):
Input-Output Models. - Schweiz, Z. Hydrologie 37: 53-84

VOLLENWEIDER, R.A. (1976):
Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. - Mem. Ist: Ital. Idrobiol, 33: 53-83

WAPPIS, E. (1980):
Zur Populationsökologie des Zooplanktons des Ossiacher Sees. Dissertation Universität Graz

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Doz. Dr. Hans Sampl
Kärntner Institut für Seenforschung
Flatschacher Straße 70
A-9020 Klagenfurt

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: 2_1984

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

Artikel/Article: MASSNAHMEN DER SEENSANIERUNG UND IHRE ERFOLGE IN KÄRNTNER SEEN 54-76