

## Technische Maßnahmen der Seenreinhaltung

Dipl.-Ing. K. Bucksteeg

### 1. Einführung

Die möglichen technischen Maßnahmen zur Reinhaltung von Seen sollen ebenfalls an Beispielen von einigen bayerischen Seen besprochen werden. Hier liegen z.T. über zwanzigjährige Erfahrungen vor.

In Bayern gibt es rd. 350 natürliche und künstlich geschaffene Seen mit mehr als 10 ha Wasserfläche. Davon weisen allein 25 natürliche und bei Vollstau 10 künstliche Seen eine Oberfläche von mehr als etwa 1 km<sup>2</sup> auf. Diese großen Seen bedecken rund 300 km<sup>2</sup> des Staatsgebietes, ihr Gesamtinhalt beträgt über 10 Mrd. m<sup>3</sup>. Der flächengröße See ist der Chiemsee mit rund 80 km<sup>2</sup>, den größten Wasserinhalt besitzt mit etwa 3 Mrd. m<sup>3</sup> der Starnberger See, die tiefsten Seen sind mit jeweils fast 190 m der Königssee und der Walchensee; Forggensee und Sylvensteinsee sind die nach Fläche und Inhalt größten Speicherseen.

### 2. Zielsetzung der Seenreinhaltung

Die großen Seen wie auch zahlreiche kleinere haben heute eine überragende Bedeutung für Fremdenverkehr und Naherholung. Für ihr Umland stellen sie einen wesentlichen Wirtschaftsfaktor dar. Aus diesen und aus wasserwirtschaftlichen Gründen ist das Erhalten einer möglichst guten Wasserqualität ein dringendes Anliegen.

Mit abwassertechnischen Maßnahmen an Seen und in deren Einzugsgebiet werden zwei Ziele verfolgt:

- Die Entlastung von Nährstoff-, hauptsächlich von Phosphorzufuhr, um die Bioproduktion zu drosseln, die Eutrophierungsvorgänge zurückzudrängen und die natürlichen trophischen Verhältnisse eines Sees wiederherzustellen.
- Das Erhalten bzw. Schaffen bakteriologisch einwandfreier Wasserqualität, um uneingeschränkte Erholungsnutzungen, insbesondere das Baden sicherzustellen.

Das Verfolgen dieser Ziele erfordert und rechtfertigt besondere abwassertechnische Maßnahmen. Hier sind zu nennen:

- Das Ableiten sämtlicher Abwässer vom See,
- das Vermindern des Phosphors durch chemische Fällung sowie Einleiten des mechanisch-biologisch und chemisch behandelten Abwassers aus ufernahen Kläranlagen weitab vom Ufer in den See.

Fast 25 Jahre sind es her, als zum ersten Male empfohlen wurde, die Abwässer der Ufergemeinden an einigen großen oberbayerischen Seen zusammenzufassen, diese zum Seeablauf zu führen und dort nach vollbiologischer Reinigung einzuleiten. Vor nahezu 20 Jahren wurde erstmals der Bau einer Kläranlage mit chemischer Fällung vorgeschlagen.

Diese Sanierungsmethoden haben in dem 1971 von der Bayer. Staatsregierung herausgegebenen "Reinhalteprogramm für die bayerischen Seen" (1) ihren Niederschlag in folgenden drei Leitsätzen gefunden:

- Ziel aller Anstrengungen ist, Abwasser den Seen weitgehend fernzuhalten, um das biologische Gleichgewicht der Seen zu erhalten.
- Abwasser ist den Seen in jedem Falle an den Badeplätzen und möglichst an allen zugänglichen Uferstreifen fernzuhalten.
- Wenn aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen Abwasser unmittelbar in Seen eingeleitet werden muß, ist die nach dem Stand der Technik höchstmögliche Reinigung einschließlich Nährstofffällung zu fordern. Den empfindlichen Seen oder Seeteilen dürfen nur nährstoffarme und von Krankheitserregern befreite Abwässer zugeführt werden.

### 3. Sanierungen mit Ringkanalisationen

#### T e g e r n s e e

Der landschaftlich reizvolle Tegernsee ( $F_o = 8,9 \text{ km}^2$ ) bedurfte als einer der ersten Seen dringend der Sanierung. Zu Beginn des Jahrhunderts noch oligotroph, hatte er sich durch jahrelange Abwassereinleitungen bis zur Mitte der fünfziger Jahre zu einem eutrophen See entwickelt. Zugleich drohten wegen der bakteriellen Belastung Badeverbote. Im Jahre 1955 wurde angeregt, die Schmutzwässer der fünf Seeanliegergemeinden zusammenzufassen und sie gereinigt dem Seeablauf zuzuführen. Schon zwei Jahre später wurde

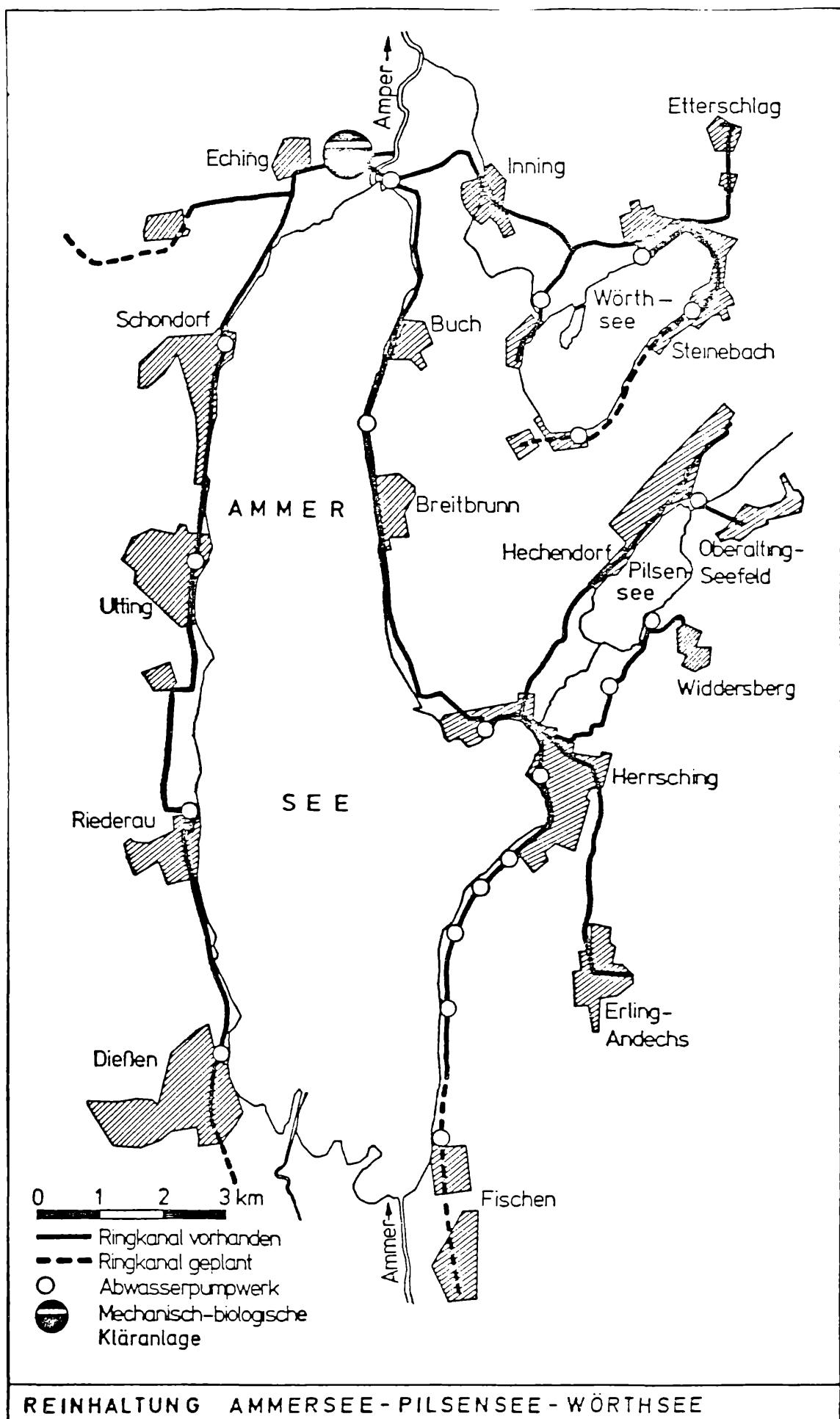
mit dem Bau von zwei Uferkanälen begonnen, die den See gabelförmig umfassen sollten. Somit entstand die weltweit erste sogenannte Ringkanalisation. Bereits 1965 wurde das Projekt mit der Inbetriebnahme der Sammelkläranlage für 60 000 E+EGW vollendet. Die Gesamtinvestitionen für die Sanierung des Tegernsees beliefen sich auf rd. 40 Mio. DM. Beim Bau des Ringkanals mußten nicht nur schwierige Gründungsprobleme (z.B. Verlegung in Seeton oder in stark wasserführenden Rollkies) gelöst werden, sondern es waren auch zahlreiche Sonderbauwerke zu erstellen: 2 Rohrbrücken sowie ein Düker mit einer Einrichtung zum Spülen mit Seewasser, ferner 9 Hebe- und 2 Pumpwerke, um dem Abwasser in den Uferkanälen ausreichendes Fließgefälle zu geben (2). Die Gesamtlänge der Kanäle beträgt 22,5 km. Die Förderhöhe aller Hebe- und Pumpwerke beläuft sich zusammen auf nahezu 50 m. Großer Wert wurde darauf gelegt, die oberirdischen Anlageteile in ihrer äußeren Gestaltung möglichst harmonisch ihrer Umgebung anzupassen. Hebewerke in Grünanlagen am See erhielten einen pavillonartigen Überbau aus Glas; an anderer Stelle wurden die Pumpwerke mit Holzverkleidung wie benachbarte Bootshäuser gestaltet.

Nachdem sich beim Tegernsee abzeichnete, daß eine Ringkanalisation technisch durchführbar und wirtschaftlich vertretbar ist, wurde dieses technische Konzept zum Vorbild für Reinhaltemaßnahmen an vielen anderen, teilweise noch größeren Seen.

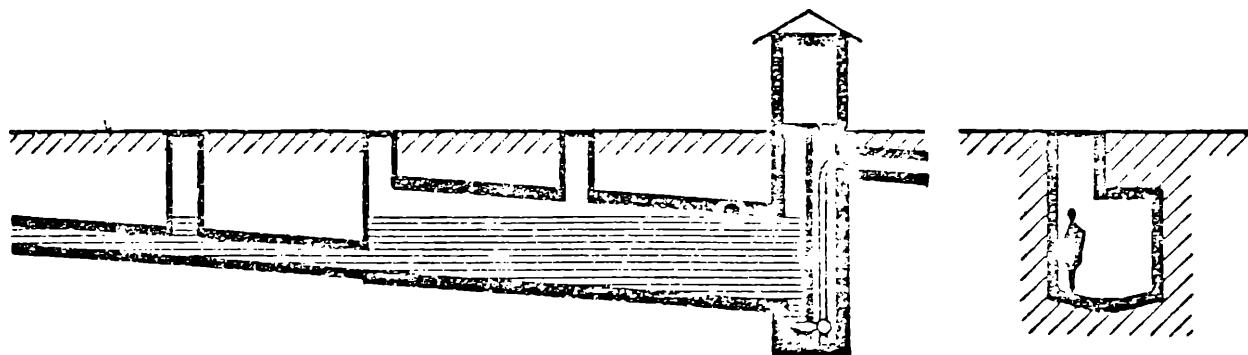
#### A m m e r s e e - W ö r t h s e e - P i l s e n s e e

Am 47 km<sup>2</sup> großen Ammersee waren die Ufergemeinden Mitte der fünfziger Jahre zunächst bestrebt, die ortshygienischen Mißstände und die beanstandete hygienische Gefährdung ihrer Strandbäder jeweils mit eigenen Klärwerken zu bereinigen. Auf Drängen der Wasserwirtschaftsbehörden wurde dann aber doch 1959 mit dem Bau einer Ringkanalisation begonnen. Aus der gegebenen geographischen Situation heraus wurden später auch die am Wörthsee ( $F_o = 4,4 \text{ km}^2$ ) und Pilssensee ( $F_o = 1,9 \text{ km}^2$ ) gelegenen Gemeinden mit in die Planungen einbezogen.

Bei diesem Projekt wurde eine neue Planungsvariante berücksichtigt. In den Gemeinden, in denen bereits Mischwasserkanäle vorhanden waren oder wo sich dieses Entwässerungsverfahren als wirtschaftliche-



res anbot, wurde es beibehalten bzw. eingeführt. Um die bei Starkregen anfallenden großen Wassermengen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand über die weiterführenden Kanäle ableiten zu können, mußten Speicherräume geschaffen werden. Zu diesem Zweck wurden die Ringkanalstrecken im Bereich der mischkanalisierten Orte als sogenannte Stauraumkanäle ausgeführt, über denen bereichsweise prächtige Uferpromenaden angelegt wurden. In den Stauräumen können in der Regel kurze Starkregen der Häufigkeit  $n = 1$  aufgefangen werden,



### Stauraumkanal am Ammerseewestufer

ohne daß die in jedem Falle vorhandenen Notüberläufe in Tätigkeit treten. Die gespeicherten Wassermengen werden zeitlich verzögert über viele Stunden nach Regenende vom nächsten Pumpwerk weitergeführt. Insgesamt sind rd.  $20\ 000\ m^3$  Speichervolumen verfügbar.

Die Förderhöhe aller 10 Pumpwerke beträgt zusammen rd. 100 m. Die Gesamtlänge der Ringkanalisation im Dreiseengebiet einschließlich der Abfangkanäle zu Orten im seenahen Hinterland beläuft sich inzwischen auf etwa 50 km. Als bautechnische Besonderheiten sind die Überwindung eines Steiluferbereichs durch einen Kanalstollen sowie die Kreuzung der schnell fließenden Amper mit einem Düker zu nennen. Die vollbiologisch wirkende Anlage ist für 60 000 EGW bemessen und wurde 1971 in Betrieb genommen. Bisher wurden im Dreiseengebiet für die abwassertechnischen Maßnahmen über 100 Mio. DM in-

vestiert (einschließlich derzeit laufende Kanalbauabschnitte). Damit wird ein Anschlußgrad von 80 - 90 % erreicht.

Am Ammersee und Wörthsee fehlen noch etwa 8 km uferparallele Kanäle zur Erfassung einer lockeren Besiedelung. Mittelfristig sollen auch noch drei weitere Orte aus dem seenahen Hinterland mit insgesamt etwa 10 km Kanallänge an die Verbandsanlagen angeschlossen werden.

### **S t a r n b e r g e r   S e e**

Der größte See, der bisher in Bayern abwassertechnisch mit einer Ringkanalisation saniert wurde, ist der Starnberger See ( $F_o = 57 \text{ km}^2$ ). Hier war jedoch aus wirtschaftlichen Gründen eine Ringkanalisation nur für die Schmutzwasserableitung verwirklichbar (3).

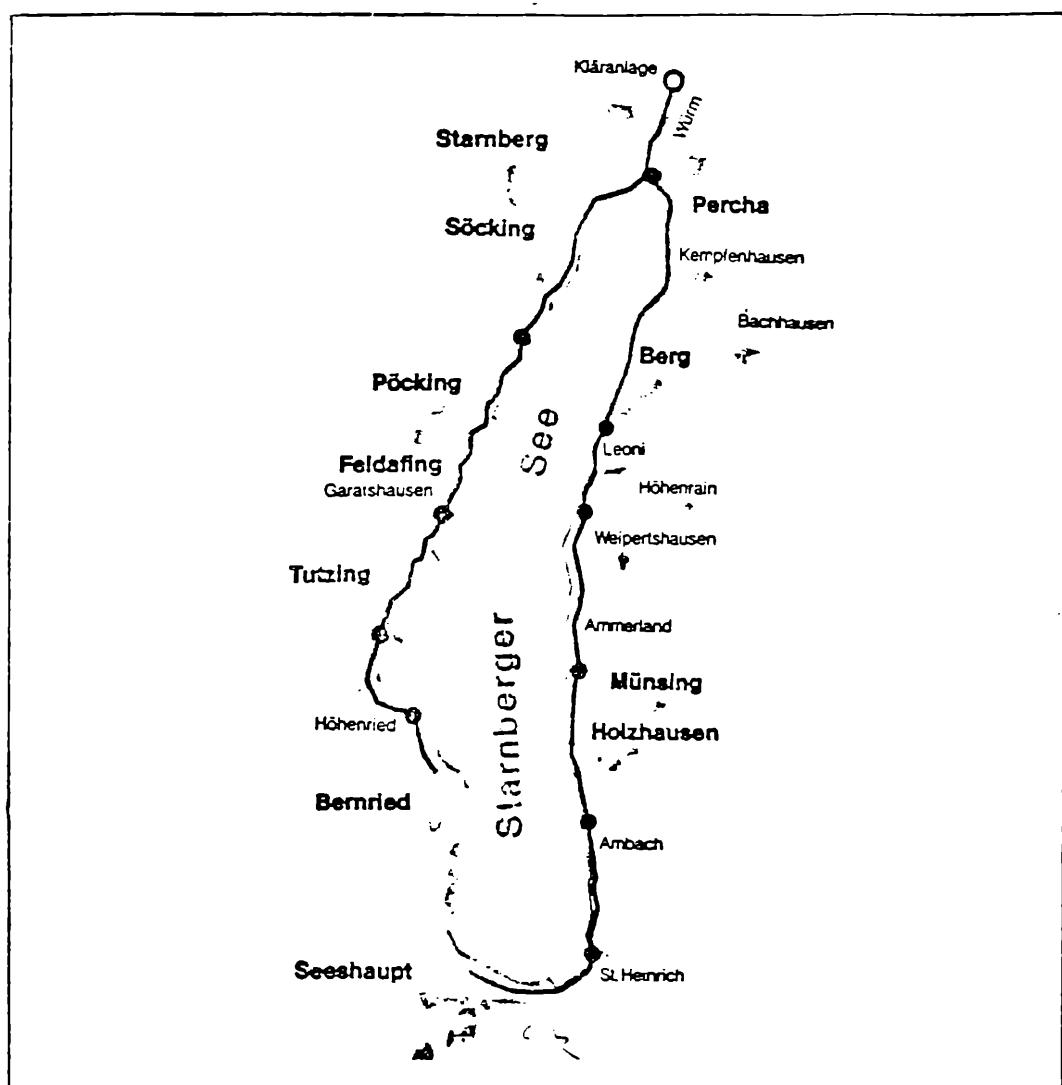
Von 1964 bis 1971 wurde zunächst der 21,5 km lange Kanal am Westufer gebaut, wo die großen Abwasserschwerpunkte liegen. 1971 ging auch die Verbandskläranlage für 100 000 EGW in Betrieb. Die Bauarbeiten am 24,5 km langen Kanal am weniger dicht besiedelten Ostufer wurden 1976 abgeschlossen (4). Obwohl nur das Schmutzwasser gesammelt wird, ergeben sich Kanaldurchmesser bis 1 000 mm. Die Förderhöhe der 10 Pumpwerke beträgt insgesamt rd. 135 m. Bisher wurden am Starnberger See (einschließlich für derzeit laufende Ortskanalisationsmaßnahmen) fast 90 Mio. DM investiert.

### **Erfolge**

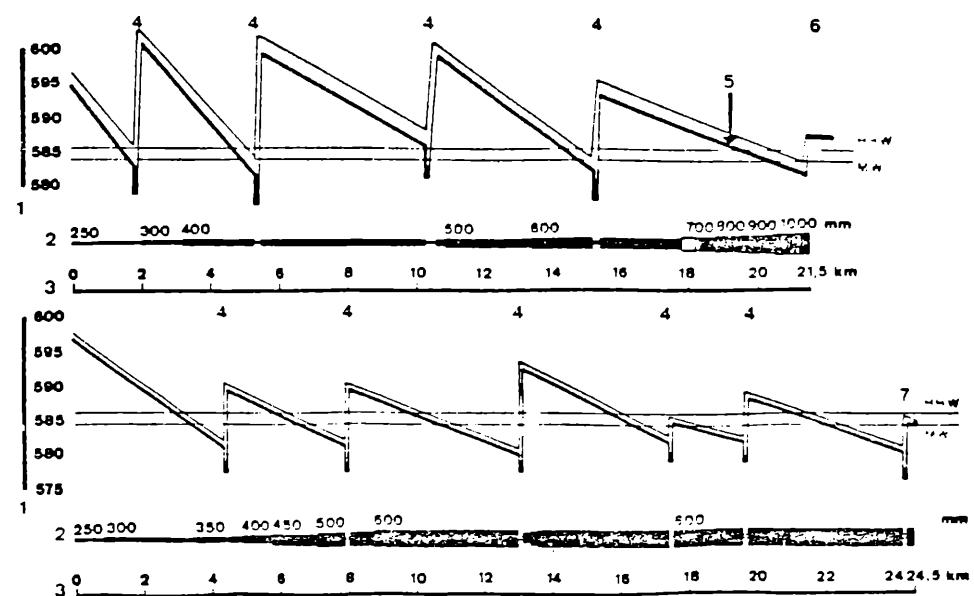
Außer am Tegernsee, Ammersee-Wörthsee-Pilsensee und Starnberger See sind Ring- und Abfangkanäle in Betrieb am Waginger See, Simssee, Schliersee, Staffelsee, Riegsee, Kochelsee, Eibsee, Hopfensee und Weißensee sowie an vielen kleineren Seen wie Hintersee, Spitzingsee, Abtsdorfer See, Obinger See, Weßlinger See u.a..

### **Insgesamt werden**

mit rd. 190 km Ring- und Abfangkanälen  
jährlich großenteils 15 Mio.  $\text{m}^3$  Abwasser  
von fast 300 000 E+EGW  
entsprechend einer Phosphorfracht von über 220 t/Jahr  
von mehr als 20 Seen  
mit insgesamt  $160 \text{ km}^2$  Oberfläche  
ferngehalten.



## DIE ABWASSERBESEITIGUNG AM STARNBERGER SEE



Längsschnitt der Ringleitung, oben Westufer, unten Ostuferkanal

1 Höhen über NN

5 Anschluß Ostuferkanal

2 Rohrdurchmesser

6 Kläranlage

3 Leitungslängen

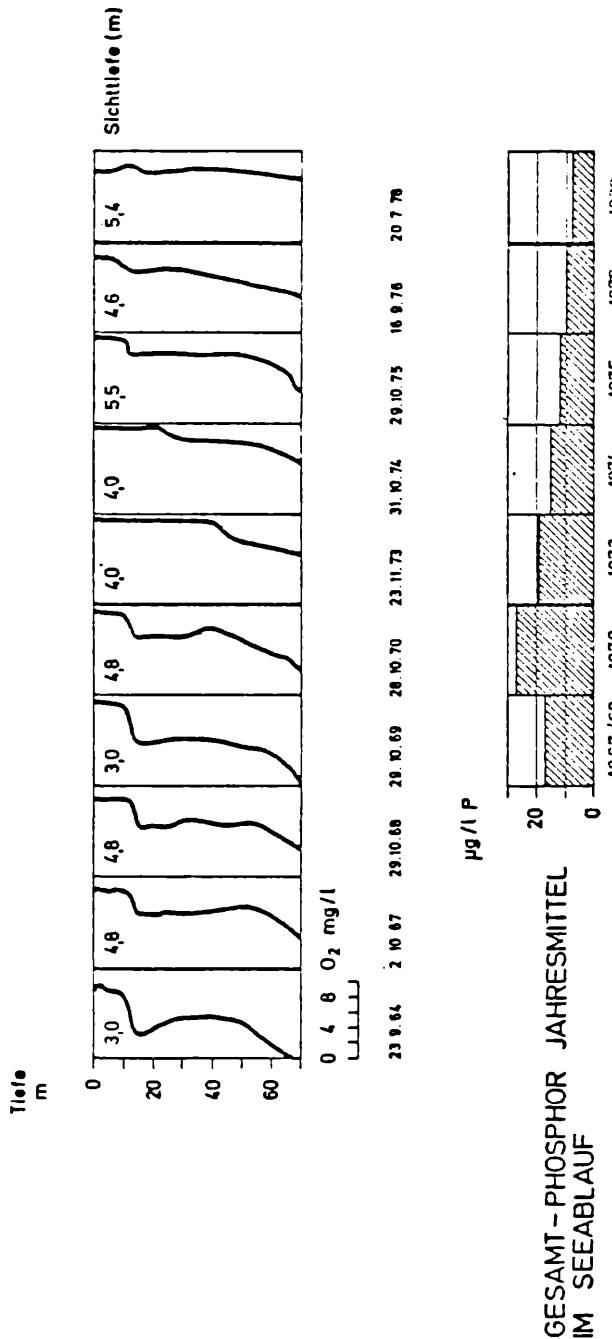
7 Anschluß Westuferkanal

4 Pumpwerk

# ENTWICKLUNG DER GÜTEVERHÄLTNISSE IM TEGERNSEE SEIT DER ABWASSERFERNHALTUNG 1964

NACH (5)

SAUERSTOFF-VERTIKALPROFILE  
GEGEN ENDE DER SOMMERSTAGNATION



Bezogen auf den Wasserinhalt aller Seen mit Ring- und Abfangkanälen ergäben 220 t P/Jahr theoretisch (d.h. unter Außerachtlassung aller biologischen, chemischen und physikalischen Vorgänge, die zu einer teilweisen Festlegung des Phosphors im See führen) eine jährliche Konzentrationserhöhung von im Mittel 40 µg P/l ( $\geq$  30 µg P/l Algenmassenentwicklung möglich). Eine solche pauschale Betrachtung sagt natürlich nichts über Nutzen und Erfolge im Einzelfall aus.

Der Tegernsee, an dem die Ringkanalisation am längsten, nämlich seit fast 15 Jahren, in Betrieb ist, zeigt mittlerweile eine deutliche Rückentwicklung hin zu den ursprünglich oligotrophen Verhältnissen. Dies ergibt sich

- aus dem deutlich verminderten Phosphorgehalt des Seewasserkörpers,
- aus dem verbesserten Planktonbild, in dem die früher auftretende *Oscillatoria rubescens* nur mehr gelegentlich nachweisbar ist,
- aus der Zunahme der Sichttiefe
- und nicht zuletzt aus den über die Jahre beobachteten Sauerstoffprofilen im Spätsommer; während vor 1964 das sedimentnahe Tiefenwasser zu dieser Jahreszeit sauerstoffleer war, lagen die Werte in den letzten Jahren bei 4 - 7 mg O<sub>2</sub>/l.

Diese positive Entwicklung innerhalb nur eines Jahrzehnts beruht auf den am Tegernsee gegebenen äußerst günstigen Voraussetzungen:

- Mit der Ringkanalisation konnte in kurzer Zeit der größte Teil der bestehenden Bebauung erfaßt werden;
- durch die große Tiefe des Sees (bis 72 m) wird eine endgültige Phosphorfestlegung am Seeboden begünstigt;
- das weitere Umland des Sees besteht vorwiegend aus Wald- und Hochgebirge (6).

Doch nicht an allen Seen, an denen Ring- und Abfangkanäle erstellt wurden, konnten sich die trophischen Verhältnisse so schnell oder überhaupt wieder zurückentwickeln wie am Tegernsee; als Beispiel hierfür sei der Ammersee genannt (7). Als Soforterfolg aber haben sich bei sämtlichen Sanierungsmaßnahmen hygienisch einwandfreie Verhältnisse eingestellt, da mit Inbetriebnahme eines Ring- oder Abfangkanals unmittelbare Abwassereinleitungen in einen See unterbunden werden - Badeverbote waren damit abgewendet.

#### 4. Sanierung mit dreistufigen Kläranlagen am Chiemsee

Zu Anfang der sechziger Jahre wurden auch von ortsnahen Uferbereichen am Chiemsee ( $F_0 = 80 \text{ km}^2$ ) besorgnisregende bakteriologische Untersuchungsbefunde gemeldet; Badeverbote wurden erwogen. Da die Abwasserschwerpunkte jedoch weitab vom Seeablauf liegen und der See eine stark gegliederte Uferlinie aufweist, war zum damaligen Zeitpunkt eine Ringkanalisation aus Kostengründen nicht verwirklichbar.

Wo aufgrund der örtlichen Verhältnisse unmittelbar in den See eingeleitet werden mußte - das ist in Prien und bei den Inseln der Fall - wurden Kläranlagen mit chemischer Fällung zur Verminderung des Phosphats aus dem Abwasser errichtet.

##### Kläranlage Prien

Inbetriebnahme 1964 (zugleich erste kommunale mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage in Deutschland)

Ausbaugröße 13 000 EGW

Die chemische Fällung wird als Nachfällung hinter einer Belebungsstufe betrieben. Diese sogen. dritte Stufe umfaßt einen Mischschacht und ein rundes Kombinationsbecken (Cyclator) bestehend aus einer zentral gelegenen Flockungskammer und einem ringförmig angeordneten Nachklärbecken.

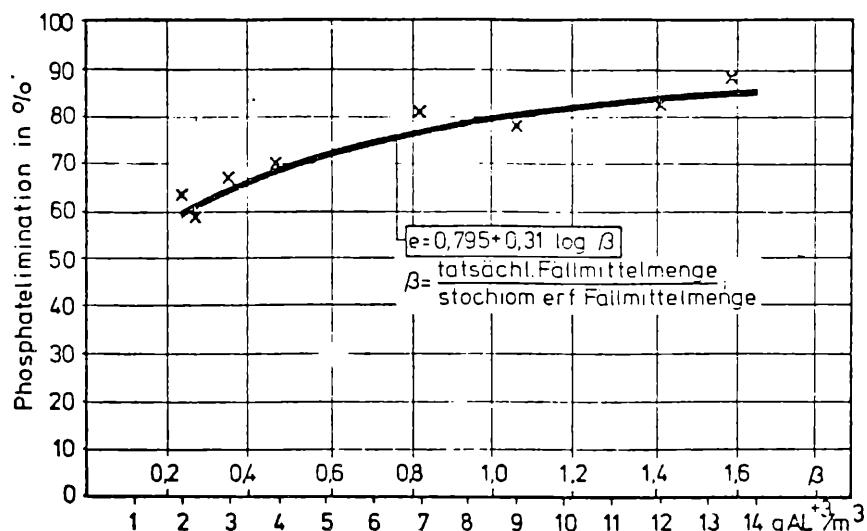
Es werden die auf dem Markt befindlichen granulierten Fällmittel eingesetzt. Das chemisch behandelte Wasser zeigt Werte um 1 mg P/l. Jährlich werden dem Chiemsee durch die Fällung rd. 10 t Phosphor ferngehalten.

Die Einleitungsstelle für das gereinigte Abwasser liegt weitab von Badeplätzen bei etwa 12 m Tiefe in einer Engstelle, die eine größere Bucht mit dem Hauptsee verbindet.

Im Jahre 1978 wurden im Nahbereich des Sees zwei weitere Kläranlagen mit chemischen Fällungseinrichtungen ausgerüstet:

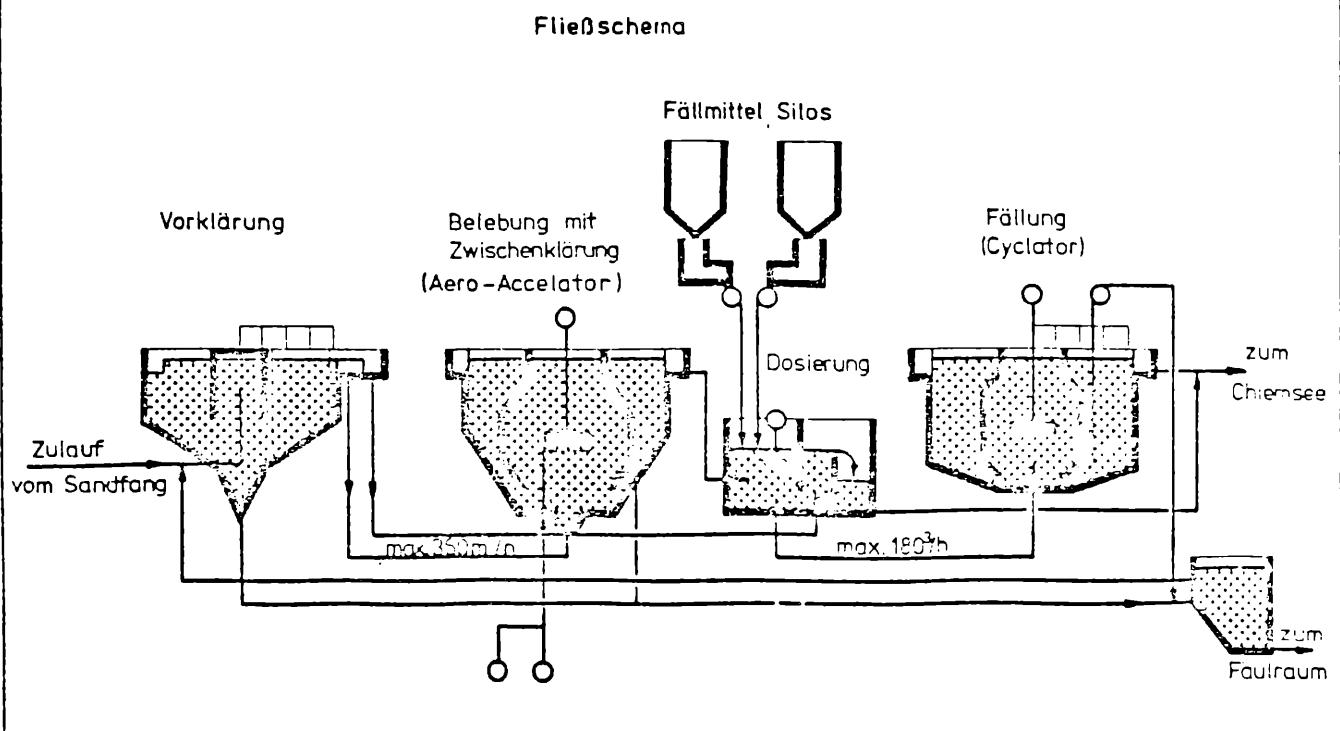
## Prien

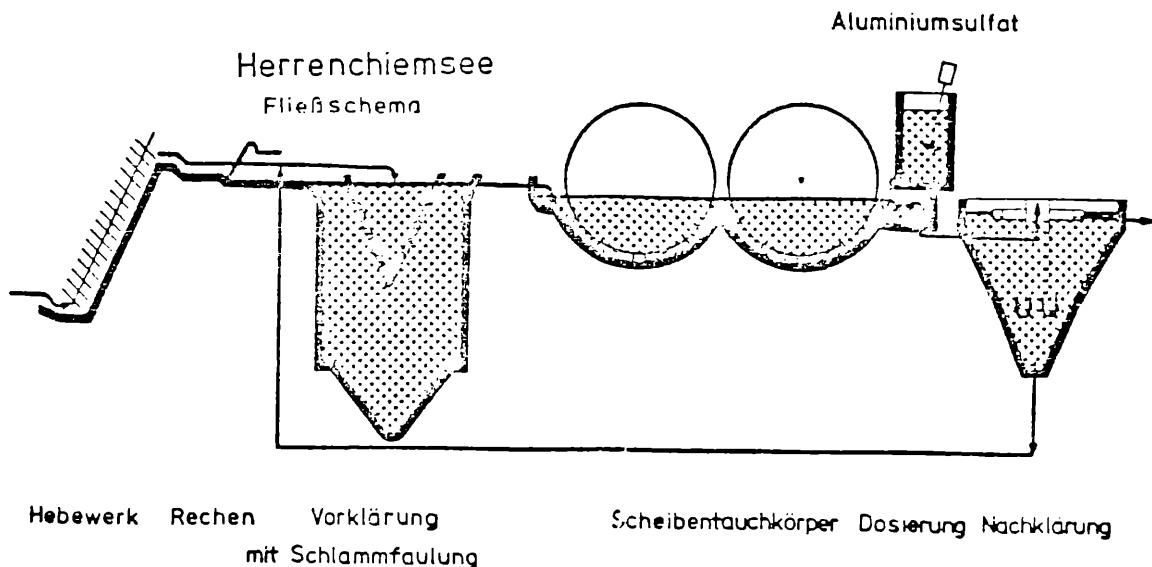
Phosphatelimination unter Betriebsbedingungen (Lit. 8)



## Prien

Fließscheina





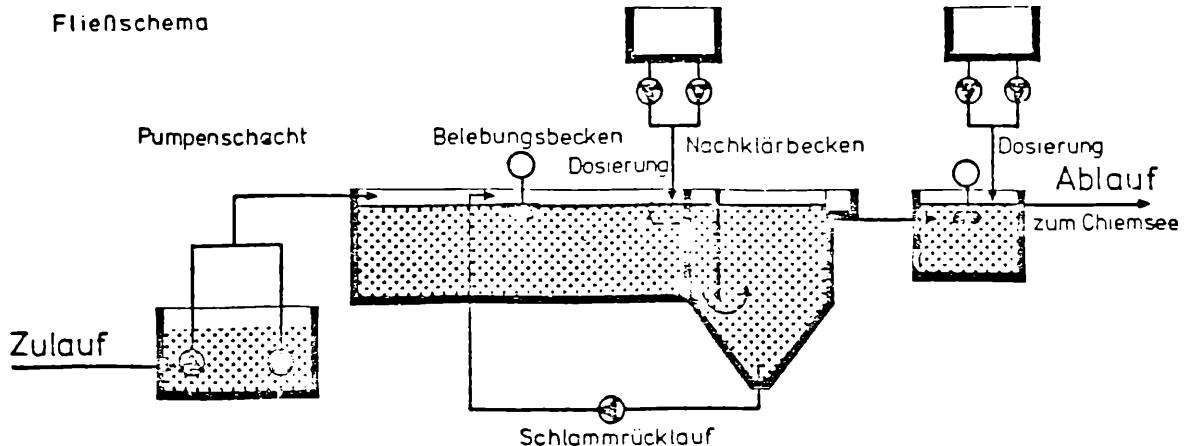
### Kläranlage Herreninsel Inbetriebnahme 1966 Ausbaugröße 1855 EGW

Bei dieser in einem Gebäude untergebrachten Kläranlage wird das Fällmittel aus einem Steingutbottich in das Gerinne zwischen Scheibentauchkörperanlage und trichterförmigem Nachklärbecken zugegeben. Es werden rd. 70 P-Elimination erreicht. Das gereinigte Abwasser wird 70 m vom Ufer entfernt in etwa 2 m Wassertiefe in den See eingeleitet.

### Kläranlage Fraueninsel Inbetriebnahme 1971 Ausbaugröße 3 000 EGW

Diese Kläranlage ist eine Belebungsanlage mit gemeinsamer Schlammstabilisation und ebenfalls in einem Gebäude untergebracht. Die Anlage ist auf Simultanfällung konzipiert. Die Abwassereinleitung in den See erfolgt rd. 350 m vom Ufer entfernt in 13 m Wassertiefe.

### Frauenchiemsee



### Kläranlage Bernau

Ausbaugröße 10 000 EGW,  
Nachrüstung eines älteren  
Schreiber-Klärwerkes mit  
Einrichtungen zur Vorfällung.

### Kläranlage ZV-Achental

Ausbaugröße 21 000 EGW,  
Belebungsanlage mit  
Simultanfällung.

Mit den vorgenannten mechanisch-biologisch-chemischen Kläranlagen und weiteren in den sechziger Jahren gebauten mechanisch-biologischen Kläranlagen im bayerischen Chiemsee-Einzugsgebiet konnte letztlich nicht verhindert werden, daß sich der biologische Zustand des Sees weiter verschlechterte. Dazu trägt vor allem auch die aus Tirol stammende Phosphorfracht bei, die über die Tiroler Ache in den Chiemsee gelangt. Der See ist heute als eutroph zu bezeichnen.

### 5. Sanierungspläne

In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurden zahlreiche Seensanierungsmaßnahmen nach vorheriger gewissenhafter Abwägung vor allem der technischen und wirtschaftlichen Aspekte angegangen. Zwar wurden auch limnologische Gesichtspunkte mit zur Entscheidung herangezogen; jedoch fehlte es zur gesicherten Beurteilung im Einzelfall immer wieder an verschiedenen Grundlagen. Inzwischen hat sich der Stand der Kenntnisse in der Limnologie fortentwickelt, und die Seeuntersuchungen wurden erheblich verstärkt, so daß technische Entscheidungen nunmehr auch auf gut abgesicherte und bewertbare limnologische Bestandsaufnahmen abgestützt werden können. Dies ist insofern von Bedeutung, als heute in Bayern überwiegend noch solche Seen zu sanieren sind, bei denen die technische Lösung nicht deutlich vorgezeichnet ist oder die bisherigen abwassertechnischen Maßnahmen nicht den erhofften Erfolg brachten.

Seit einigen Jahren werden anstehende Seensanierungsprojekte durch Studien planerisch vorbereitet. Seensanierungsstudien enthalten eine limnologische und siedlungswasserwirtschaftliche Bestandsaufnahme, eine Problemanalyse, die Untersuchung verschiedener Lösungsmöglichkeiten und nach Abwägung aller einschlägigen Sachpunkte einen Ausführungsvorschlag.

Seit 1974 wurden Sanierungsstudien für verschiedene südbayerische Seen erstellt. Die darin entwickelten Sanierungsvorschläge orientieren sich einerseits an den vorgenannten Seen bisher erprobten Verfahren; aber auch Wege zu neuen und differenzierten Lösungen werden beschritten. Dazu kurze Hinweise auf drei allgäuer Seen (9, 10), bei denen die umfangreichen Untersuchungen und Erhebungen zu folgenden Vorschlägen führten:

#### H o p f e n s e e

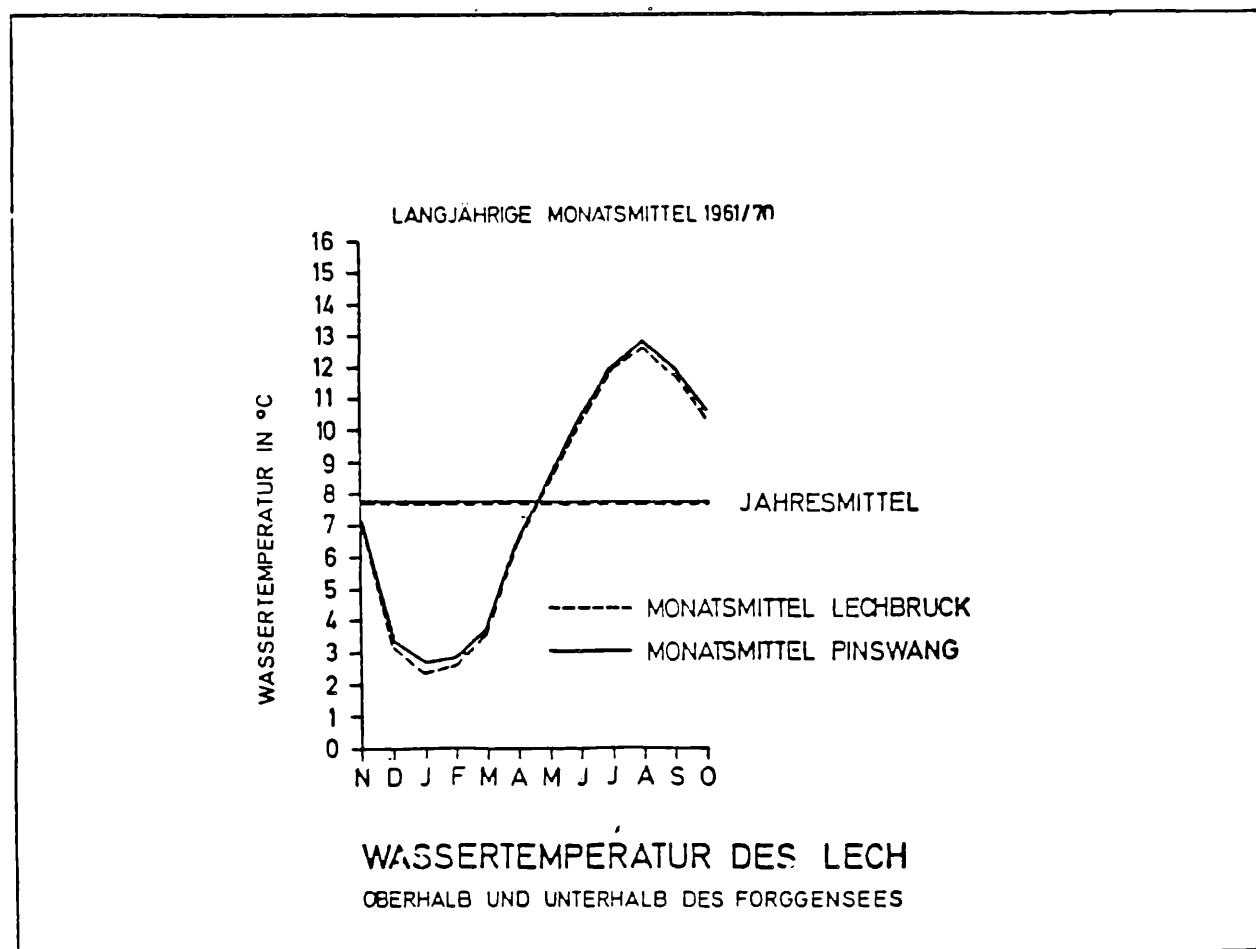
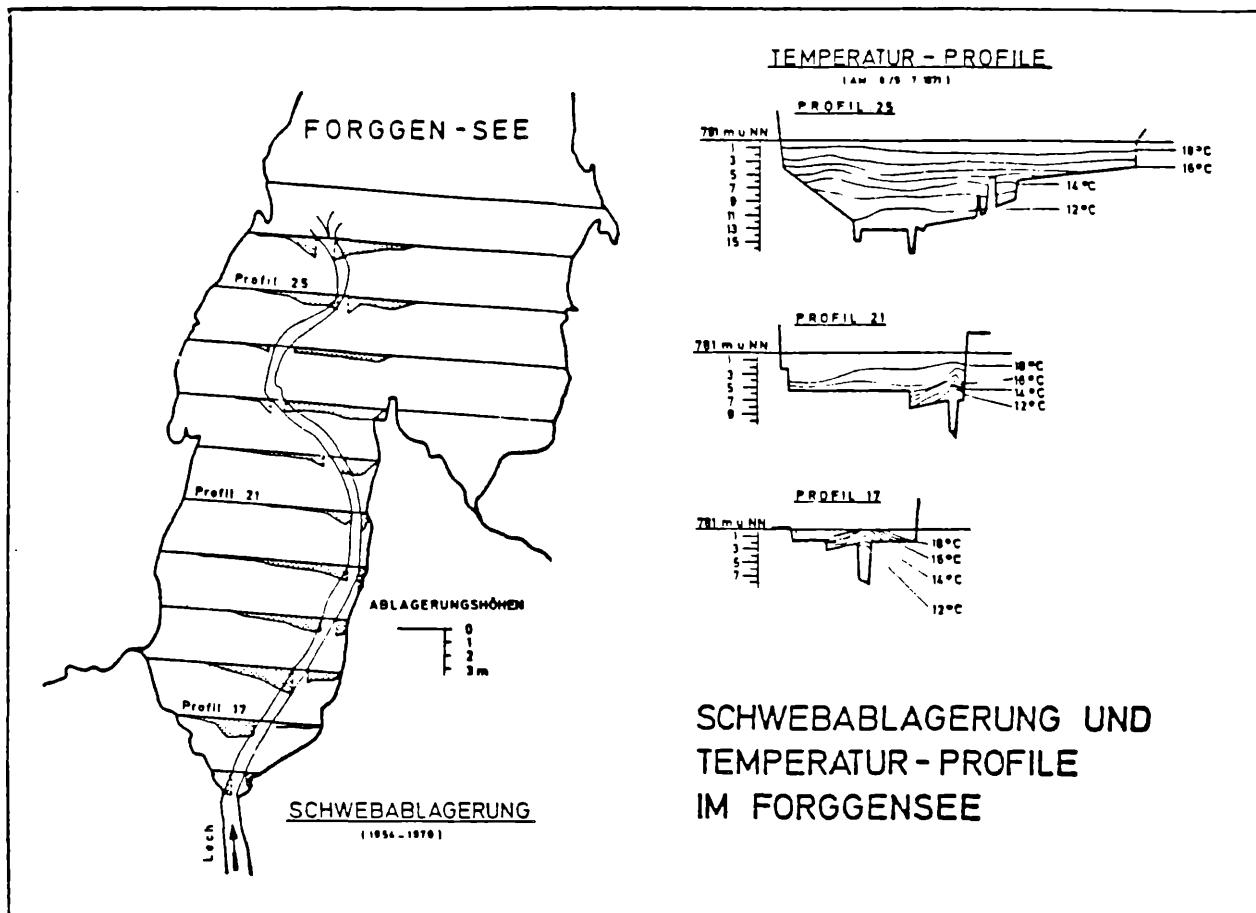
Da die Belastung mit Phosphor von außen die gefährliche Belastungsgrenze für fortschreitende Eutrophierung um ein Mehrfaches überschreitet und rd. 2/3 dieser Belastung von den Flächen des Einzugsgebietes sowie aus diffusen Quellen der Landwirtschaft stammt, sollen die kleinen ländlich strukturierten Orte im Hinterland zunächst mit Teichlösungen vor allem im Hinblick auf eine Verbesserung der Hygieneverhältnisse abwassertechnisch saniert werden.

#### B a n n w a l d s e e

Hier stammen rd. 2/3 der Phosphorbelastung aus Abwasserquellen, der Hauptanteil aus dem Ort Buching. Die Abwässer dieses Ortes sollen deshalb über die Wasserscheide aus dem Einzugsgebiet des Sees heraus gepumpt und in einem benachbarten Flußgebiet in einer Gruppenkläranlage mitbehandelt werden. Allein durch diese Überleitungsmaßnahme kann die gefährliche Belastungsgrenze deutlich unterschritten werden.

#### F o r g g e n s e e

Dieser See ist ein Lechstausee, der nur in den Sommermonaten voll aufgestaut ist. Durch Temperatur- und Schwebstoffmessungen konnte nachgewiesen werden, daß der sommerkalte Lech den rd. 9 km langen See in seinem alten Flußbett als Dichtestrom durchfließt. In den Dichtestrom soll das in einer gemeinsamen Kläranlage mechanisch-biologisch behandelte Abwasser von Füssen und Schwangau eingeleitet werden. Die sommerlichen Erholungsnutzungen am See bleiben hiervon unberührt, die trophischen Verhältnisse werden nicht nachteilig beeinflußt.



## Chiemsee

Die "Gewässerschutztechnische Studie zur Reinhaltung des Chiemsees" (11) war die bisher umfassendste Ausarbeitung für einen bayerischen See. Die hier von Jahr zu Jahr sich verstärkenden Eutrophierungerscheinungen hatten die Frage aufgeworfen, was zu tun sei, um dieser Entwicklung Einhalt zu gebieten. Da alle vor 1968 gebauten Kläranlagen die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit erreicht haben oder den Anforderungen zum Schutz des Sees aus anderen Gründen nicht mehr gerecht werden, somit Verbesserungsmaßnahmen anstehen, bot sich ein Überdenken des ursprünglich gewählten Einzellösungskonzepts unter den zwischenzeitlich veränderten Gegebenheiten an.

Die für 1974/75 durchgeführte Bestandsaufnahme ergab folgendes Bild:

Im gesamten Niederschlagsgebiet des Chiemsees fällt Abwasser von rd. 240 000 E+EGW an, davon knapp 120 000 E+EGW in Tirol und je etwa 60 000 E+EGW im weiteren bayerischen Einzugsgebiet und im Seeuferbereich. Nur knapp 65 der E+EGW auf bayerischer Seite sowie weniger als 15 der E+EGW auf tiroler Gebiet sind überhaupt an Kläranlagen angeschlossen. Von den rd. 115 t pflanzenverfügbarem Phosphor, mit denen der See jährlich belastet wird, stammen etwa 85 t/Jahr aus Abwassereinleitungen, davon über 50 t/Jahr aus Tirol; insgesamt rd. 30 t/Jahr sind der natürlichen Grundlast, der Landwirtschaft und sonstigen diffusen Quellen zuzuordnen. Das Sanierungsziel ist, die Belastung des Sees möglichst schnell deutlich unter 80 t/Jahr zu senken. Nur dann kann eine weitere Verschlechterung der trophischen Verhältnisse abgewendet werden.

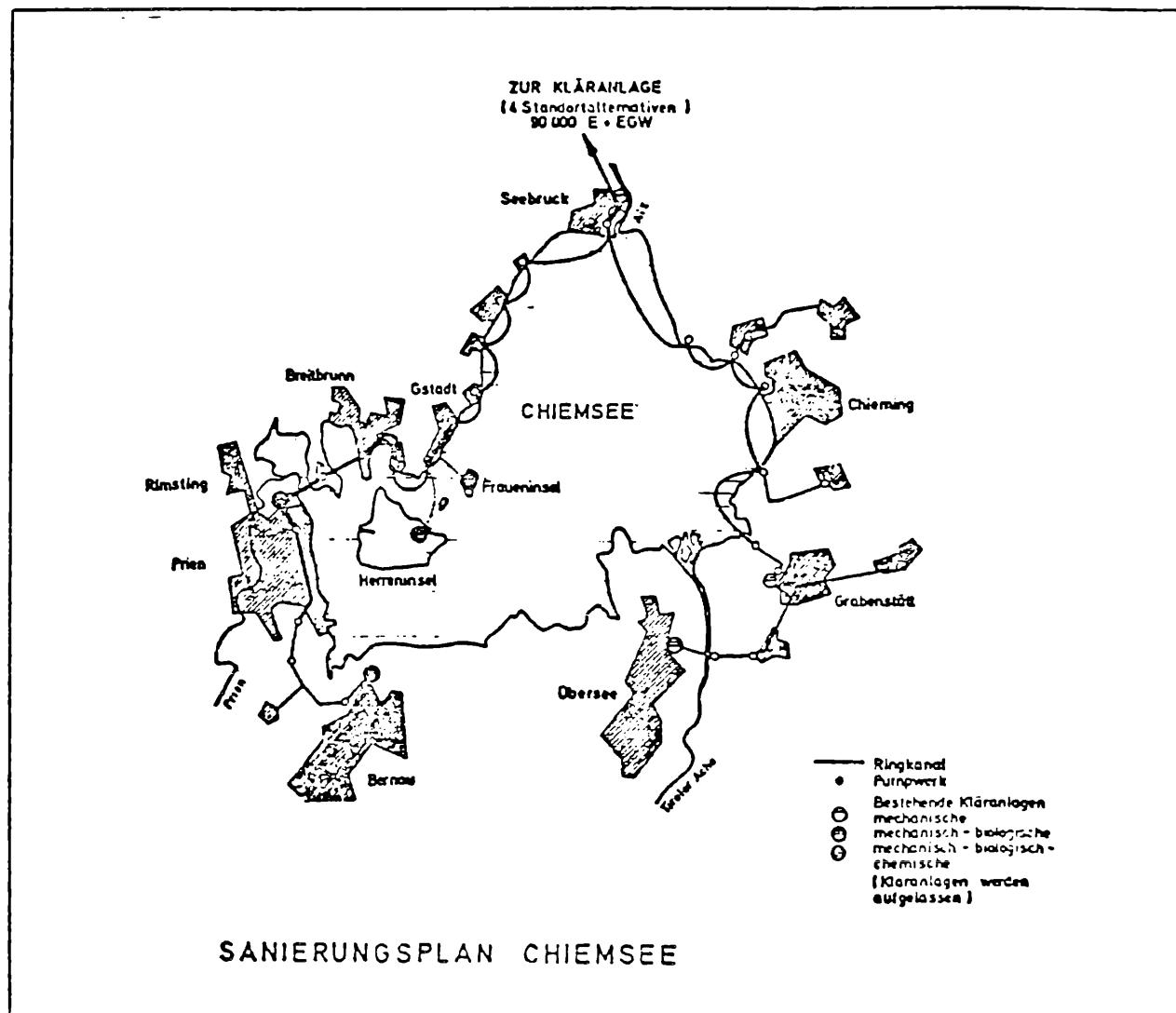
In der Studie wurde nachgewiesen, daß es

- zum Schutz des Sees wirksamer,
- betrieblich günstiger und wirtschaftlicher,
- baulich zweckmäßiger und landschaftsschonender

ist, eine Ringkanalisation zu erstellen, als alle bestehenden Kläranlagen im Seeuferbereich zu erweitern und weitere Anlagen für abwassertechnisch noch nicht sanierte Gemeinden neu zu errichten. Wegen der besonderen örtlichen Verhältnisse am Chiemsee wurde ein neues Verfahren für den Abwassertransport von den Anfallschwer-

punkten zur Kläranlage vorgeschlagen: seeverlegte Druckleitungen.  
Dieses Verfahren bietet folgende Vorteile:

- Wegen der niedrigeren Investitionskosten lässt sich das Vorhaben leichter finanzieren.
- Seeverlegte Leitungen schonen den Seeuferbereich und erlauben einen schnellen Baufortschritt.
- Die bauliche Entwicklung lässt sich leichter auf die bestehenden Siedlungsschwerpunkte hinlenken; dies entspricht den landesplanerischen Zielvorstellungen gegen eine weitere Zersiedlung bisher unverbauter Seeuferbereiche.
- (Andererseits sollen die höheren Betriebskosten und ein etwas größeres Betriebsrisiko gegenüber uferverlegten Leitungen nicht unerwähnt bleiben.)



Im Hinterland des Sees wird folgendermaßen verfahren:

Die Abwässer des Raumes Aschau sollen zu einer Kläranlage am Inn übergeleitet werden. Bei allen übrigen Gemeinden (Bergen, Vachendorf, Schleching und Reit im Winkl) sollen die Kläranlagen mit chemischen Fällungseinrichtungen zur Verminderung des Phosphors aus dem Abwasser ausgerüstet werden. Schließlich laufen Verhandlungen mit dem Nachbarland Tirol, damit auch die dortigen Abwasserschwerpunkte nach den Erfordernissen der Chiemseereinhaltung saniert werden, d.h. die Kläranlagen ebenfalls chemische Fällungseinrichtungen erhalten.

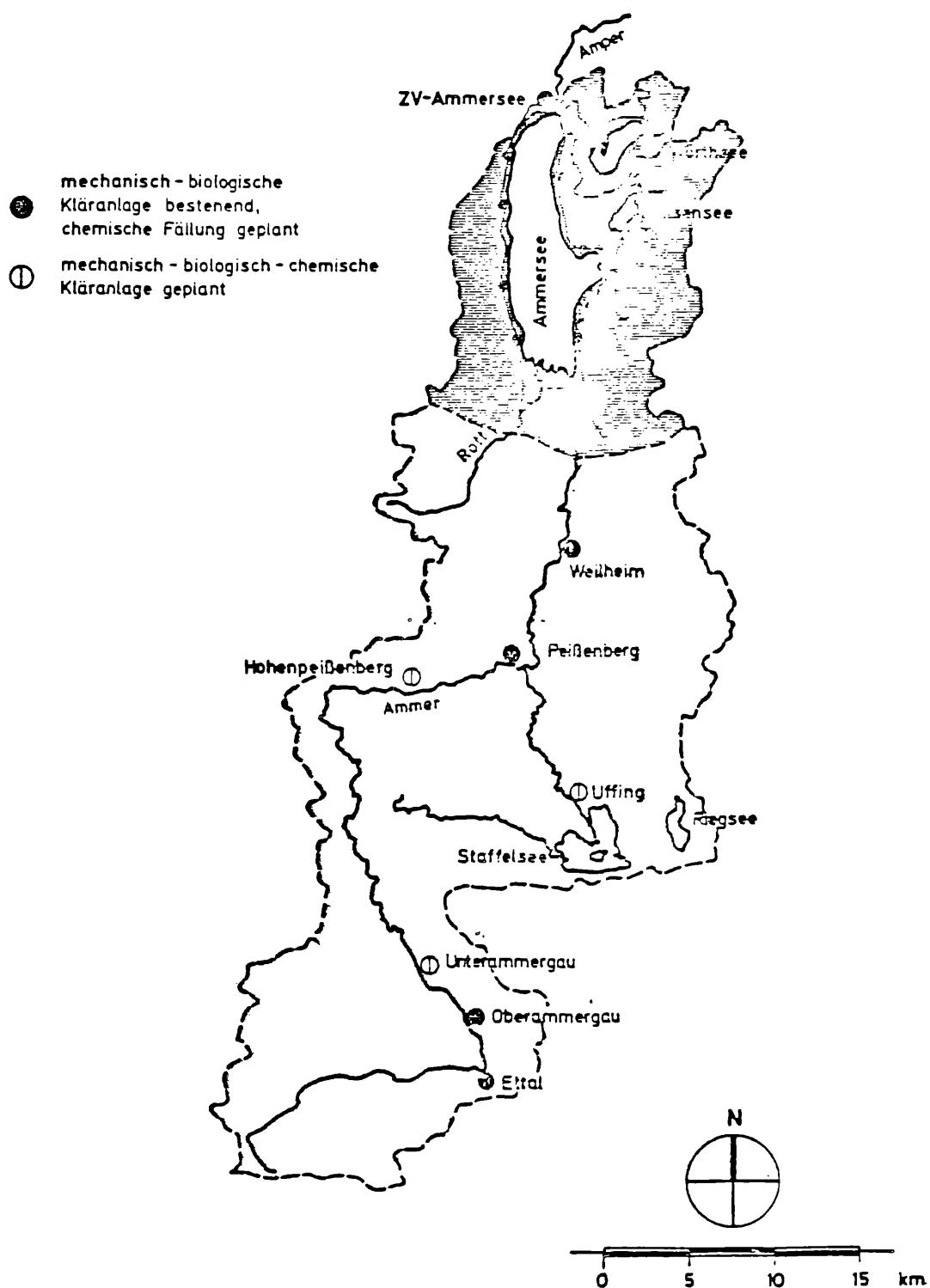
Für die abwassertechnische Sanierung allein des bayerischen Teils des Chiemsee-Einzugsgebietes sind Investitionen von rd. 170 Mio. DM (Baukostenstand 1979) erforderlich; davon entfallen auf die Ringkanalisation mit Sonderbauwerken und Kläranlage rd. 70 Mio. DM.

#### A m m e r s e e

Derzeit werden Überlegungen angestellt, wie die trotz bestehender Ringkanalisation fortschreitende Eutrophierung des Ammersees (7) schnellstens rückgängig gemacht werden kann. Die Auswertung neuester Untersuchungsergebnisse hat ergeben, daß allein der Hauptzufluß Ammer den See mit über 40 t P/Jahr belastet. Wesentlichste Ursache hierfür sind Abwassereinleitungen. Die Forderung, die im Hinterland bestehenden Kläranlagen Weilheim, Peißenberg, Oberammergau und Ettal mit chemischen Fällungseinrichtungen nachzurüsten, ist bereits ergangen. Die in Planung befindlichen Anlagen Hohenpeißenberg, Uffing und Unterammergau sollen sofort bei Neubau mit den entsprechenden Einrichtungen ausgestattet werden.

#### 6. Maßnahmen zur Seentherapie

Maßnahmen zur Seentherapie sind Eingriffe in einen See mit dem Ziel, diesem zu helfen, Schäden aus früheren, zivilisationsbedingten, jedoch weitestmöglich abgestellten Belastungen rückgängig zu machen, in bestimmten Fällen auch besonders hochwertige Nutzungen (z.B. Trinkwassergewinnung) überhaupt zu ermöglichen. Alle Eingriffe zielen im wesentlichen darauf ab, den inneren Nährstoffkreislauf im See zu unterbrechen.



## NIEDERSCHLAGSGEBIET DES AMMERSEES

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT

Folgende Verfahren können in Frage kommen (12):

- bei flachen, überwiegend ungeschichteten Seen
  - maschinelle Entkrautung
  - Entschlammung
  - Entschlammung sowie chemische Behandlung und Rückführung des mitgeförderten Wassers
  - Belüftung
  - Einsatz von Graskarpfen
- bei tiefen, geschichteten Seen
  - totale Umwälzung des Wasserkörpers
  - Tiefenwasserbelüftung
  - Tiefenwasserabzug
  - chemische Behandlung des Wassers
  - Behandlung des Sediments

Vor allem in Schweden wurden und werden verschiedene Verfahren schon mehrfach, teilweise auch an großen Seen angewendet. In Bayern kamen bisher nur an einigen wenigen Kleinseen die maschinelle Entkrautung in Verbindung mit Graskarpfeneinsatz (Bayersoierer See) und die Entschlammung (Freudensee, Deininger Weiher) zur Anwendung (13).

Der erfolgreiche Einsatz eines Tiefenwasserbelüftungsgerätes an der Wahnbachtalsperre, einer Trinkwassersperre in Westdeutschland, war der Anlaß, dieses Verfahren für die Anwendungsmöglichkeit in den tiefen bayerischen Seen zu testen.

Da die Information über die hypolimnische Belüftung mit einem Limno-Gerät, dem ersten auf dem Markt befindlichen serienreifen Tiefenwasserbelüftungsgerät, unvollständig und widersprüchlich waren, wurde dieses Gerät im Sommer 1975 im Waginger See einem großtechnischen Versuch unterzogen (14). Damit sollte Aufschluß über dessen spezifische Leistungswerte gewonnen werden. Erst auf der Grundlage solcher Werte ist es überhaupt möglich, konstruktive und kostenmäßige Überlegungen zur Seetherapie nach diesem Verfahren anzustellen.

Als Ergebnis des Versuchs kann folgendes zusammengefaßt werden:

- Das im Verlauf der Versuche auch in seiner Bauhöhe veränderte

BILD 1  
SCHEMASKIZZE DES LIMNO-GERÄTES

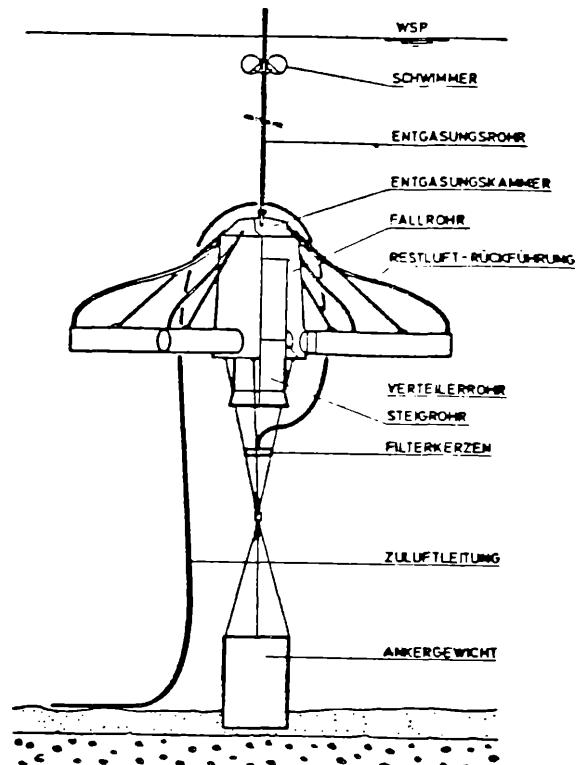
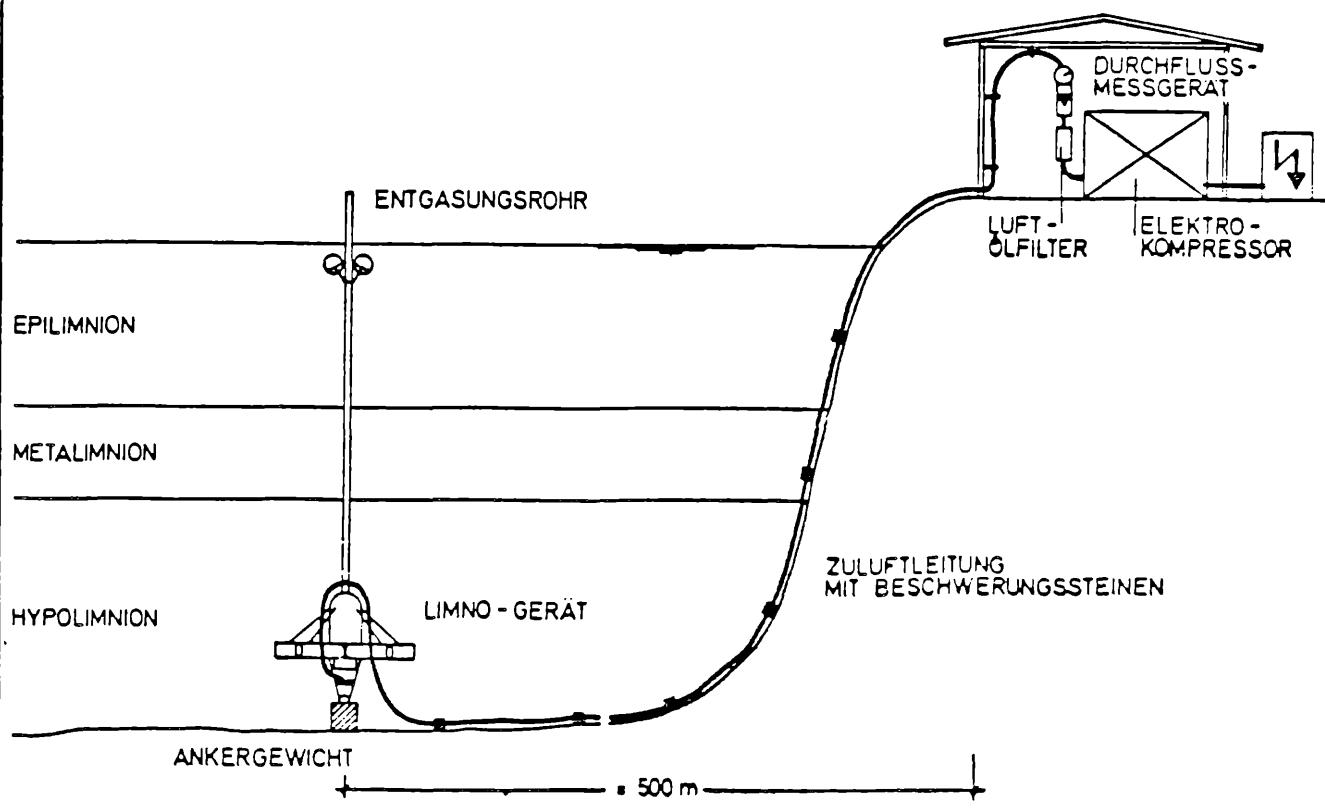


BILD 2 VERSUCHSANORDNUNG



Gerät wurde mit unterschiedlichen Luftmengen bis  $5,8 \text{ m}^3/\text{min}$  beschickt. Dabei wurden Wasserdurchsätze bis  $30\ 000 \text{ m}^3/\text{Tag}$  und Sauerstoffeinträge bis  $300 \text{ kg/Tag}$  (Eintragstiefe 18 m) erzielt. Das Leistungsoptimum des Gerätes lag bei etwa 80 der vorgenannten Maximalwerte; dabei ergab sich ein günstigster spezifischer Energiebedarfswert von  $1,1 \text{ kWh/kg O}_2\text{-Eintrag}$ .

- Aus den gewonnenen Ergebnissen und Angebotspreisen ergaben sich für die Tiefenwasserbelüftung eines etwa  $1 \text{ km}^2$  großen, rd. 20 m tiefen Sees Investitionskosten von etwa 500 000 DM; die Betriebskosten belaufen sich je nach Stromtarif auf 50 000-65 000 DM/Jahr entsprechend 20 - 27 Pfg/kg  $\text{O}_2\text{-Eintrag}$ .
- Das Limno-Gerät zeichnet sich durch leichte Handhabung beim Ein- und Ausbau aus.

Die Frage, wann und wo die Tiefenwasserbelüftung eines Sees ihre Berechtigung hat, wird aus derzeitiger Sicht wie folgt beantwortet:

- Wo ein See der Trinkwassergewinnung dient und der Wasserkörper in einem optimalen Zustand gehalten werden muß oder
- wo aktuelle Nutzungen (z.B. Erholungsnutzungen) an einem See wegen starker Eutrophierungserscheinungen nicht mehr ausgeübt werden können oder erheblich eingeschränkt werden müssen und dadurch die Wirtschaftsgrundlage des Seeumlandes (z.B. Fremdenverkehrs gewerbe) gefährdet wird, ist die Tiefenwasserbelüftung vertretbar.

Schließlich besteht in der Fachwelt Einigkeit darüber, daß es vom limnologischen Standpunkt aus nur sinnvoll und vom wirtschaftlichen Standpunkt aus nur vertretbar ist, solche Maßnahmen und Eingriffe anzugehen, wenn zuvor die Hauptquellen der Nährstoffbelastung von außen möglichst weitgehend abgestellt sind.

Zu nennen sind hier vor allem (12):

- die abwassertechnische Sanierung durch Ringkanalisationen mit Ableitung des Abwassers zum Seeablauf bzw. durch Einführung der chemischen Fällung bei den Kläranlagen im See-Einzugsgebiet;
- die Sanierung von Jauche- und Silosickersaftgruben sowie Dung legen zur Vermeidung unkontrollierter Abläufe;
- die intensive Aufklärung der bäuerlichen Bevölkerung über richtiges Düngeverhalten.

Wenn eine nicht durch Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet herabsetzbare hohe Nährstoffbelastung im Seezulauf vorhanden ist, können darüber hinaus Maßnahmen wie

- der Bau von Vorsperren (häufig bei Speicherseen) oder
- die chemische Zuflussbehandlung (zur Sicherstellung besonders hochwertiger Seewassernutzungen, z.B. Trinkwasserzwecke)

für die Entlastung eines Sees im Einzelfall zweckmäßig und wirtschaftlich sein.

## 7. Schlußbetrachtung

Mehr als 400 Mio. DM wurden bisher zum Schutz der bayerischen Seen investiert. Die Erfolge haben diese hohen Investitionen voll auf gerechtfertigt. Jedoch haben sich durchaus nicht alle hochgesteckten Hoffnungen erfüllt. Vieles bleibt noch zu tun.

Abwassertechnische Maßnahmen haben in jedem Falle auch bei den zukünftigen Sanierungsbemühungen im Vordergrund zu stehen. Die Landwirtschaft muß mit flankierenden Maßnahmen das ihre dazu beitragen; hier sind vor allem die ordnungsgemäße Jauche-, Silosicker- saft- und Dunglagerung sowie die sorgfältige Düngung zu nennen. An letzter Stelle stehen die Eingriffe im See selbst; diese können in aller Regel nur Therapiemaßnahmen sein, nicht dagegen Ersatzmaßnahmen für unterbliebene Sanierung im See-Einzugsgebiet.

Über 800 Mio. DM sind nach groben Schätzungen innerhalb der nächsten 10 - 15 Jahre noch notwendig, um die bayerischen Seen vor schädlichen Abwassereinflüssen zu schützen. Die Aufwendungen sind zwar hoch. Sie sind jedoch zur Erhaltung der Seen, deren Bedeutung für die steigenden Erholungsbedürfnisse der Bevölkerung und für allgemeine wasserwirtschaftliche Belange unbestritten ist, notwendig und gerechtfertigt (15). Denn ein einmal durch menschliche Einwirkungen allzu stark aus dem natürlichen Gleichgewicht geratener See kann kaum jemals wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzt werden. Auch unter günstigsten Voraussetzungen sind für Verbesserungen des Trophiezustandes viele Jahre anzusetzen.

## L i t e r a t u r

- (1) OBERSTE BAUBEHÖRDE IM  
BAYER. STAATSMINISTERIUM  
DES INNERN  
Seenreinhaltung in Bayern.  
Schriftenreihe Wasserwirtschaft  
in Bayern, Heft 5/1971.
- (2) WIESELSBERGER, F.  
HANISCH, B.  
Die Abwasserbeseitigung am Te-  
gernsee.  
Informationsheft des Zweckver-  
bandes zur Abwasserbeseitigung  
am Tegernsee, 1966.
- (3) WIESELSBERGER, F.  
HAENDEL, H.  
Die Abwasserbeseitigung am  
Starnberger See.  
Informationsheft des Zweckver-  
bandes zur Abwasserbeseitigung  
am Starnberger See, 1971.
- (4) GLAUNER, S.  
Die Abwasserbeseitigung am  
Starnberger See.  
AC Underground, Tiefbau,  
Canalisation, Heft 6.
- (5) HAMM, A.  
Untersuchungen zur Nährstoff-  
bilanz am Tegernsee und Schlier-  
see nach der Abwasserfernhal tung  
- zugleich ein Beitrag über die  
diffusen Nährstoffquellen im Ein-  
zugsgebiet bayerischer Alpen- und  
Voralpenseen.  
Wasser- und Abwasserforschung,  
Heft 4, 1976.
- (6) BUCKSTEEG, K.  
Sauberes Wasser in den ober-  
bayerischen Seen.  
AC Underground, Tiefbau,  
Canalisation, Heft 6.
- (7) STEINBERG, CH.  
Limnologische Bestandsaufnahmen  
von Ammer- und Walchensee.  
Schriftenreihe des Bayer. Landes-  
amtes für Wasserwirtschaft,  
Heft 7/78.
- (8) WOLF, P.  
Phosphatelemination unter Be-  
triebsbedingungen - Ergebnisse  
von Anlagen in Bayern -  
Berichte der ATV, Heft 26.
- (9) BAYER. LANDESAMT FÜR  
WASSERWIRTSCHAFT  
Gewässerschutztechnische Studie  
zur Reinhaltung der Füssener  
Seen, 1974.

- (10) BUCKSTEEG, K. Gütezustand und technische Möglichkeiten zum Schutz der Füssener Seen (Forggen-, Hopfen-, Weißen-, Bannwaldsee). Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 27.
- (11) BAYER. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT Gewässerschutztechnische Studie zur Reinhaltung des Chiemsees, 1976.
- (12) BUCKSTEEG, K. Technische Maßnahmen und Möglichkeiten im Gewässerschutz; Maßnahmen in stehenden Gewässern Vortrag und Druck ATV-Fortbildungskurs für Wasserwirtschaft, Abwasser- und Abfalltechnik Teil A/3 - 1978.
- (13) KUCKLENZ U. HAMM Experiences in four small recreation lakes with sediment disposal or macrophyte restriction Vortrag auf dem Lake Restoration Seminar in Växjo, Schweden, im Juni 1978.
- (14) BUCKSTEEG, K. UND HOLLFELDER, F. Versuche zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit eines Gerätes zur Tiefenwasserbelüftung von Seen GWF, Heft 2, 1978.
- (15) BUCKSTEEG, K. Verwirklichung des bayerischen Seenreinhalteprogrammes Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 7/78.

Anschrift des Verfassers:

Baudirektor K. Bucksteeg  
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft  
Lazarettstr. 67  
8000 München 19

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: [3\\_1979](#)

Autor(en)/Author(s): Bucksteeg K.

Artikel/Article: [T echnische Maßnahmen der Seenreinhaltung 44-68](#)