

BIOLOGISCHE STATION NEUSIEDLERSEE

BFB-Bericht 46

1983

RODINGER, W., KAVKA, G. u. HUF, W;

Limnologische und hygienische Untersuchungen
an Restgewässern von Braunkohlentagbauen
und an Badestauseen im Burgenland

Eigentümer, Herausgeber, Verleger, Druck:
Biologisches Forschungsinstitut Burgenland
A-7142 Illmitz, Tel. 02175/2328,2343

Schriftleitung: H. Metz

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.

Für den Inhalt sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.

BIOLOGISCHE STATION NEUSIEDLERSEE
BIOLOGISCHES FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BURGENLAND
A 7142 ILLMITZ, BURGENLAND, TEL. 02175/2328.

BFB-Bericht 46

1983

Limnologische und hygienische Untersuchungen
an Restgewässern von Braunkohlentagbauen und
an Badestauseen im Burgenland

von Rödinger W., Kavka G. u. Huf W.⁺

⁺ Dr. Wolfgang Rödinger, Dr. Gerhard Kavka
Bundesanstalt f. Wassergüte, Schilfmühlenstraße 120, 1223 Wien
Ing. Walter Huf
Amt der Burgenländischen Landesregierung
Gewässeraufsicht
7061 Wulkaprodersdorf

EINLEITUNG

Stehende Gewässer aller Art stellen heutzutage ein beliebtes Refugium für streßgeplagte Menschen dar. Dem natürlichen und früher weitgehend ungestörten Kreislauf im aquatischen Ökosystem wurde mit fortschreitender Erholungsbedürftigkeit ein anthropogen beeinflusster und somit nutzungsbedingt auch belasteter Wasserkreislauf zugeschaltet. Intensive Aktivitäten mit dem Wasser haben nämlich auch entsprechende Auswirkungen auf das Wasser (QUENTIN, 1981). Um den diversen Freizeitaktivitäten entsprechen zu können, werden bestimmte qualitative Anforderungen an die Gewässer gestellt. Der Aspekt der Erholung steht dabei im Vordergrund. Zur Beschreibung der Wasserbeschaffenheit stehen sowohl die zustandsbezogene wie auch die nutzungsbezogene Gütegliederung zur Verfügung. Während erstere ein konventionelles System darstellt, das nutzungsabhängig und objektiv die Situation der Biozönose beschreibt, ist die zweitgenannte Klassifikation auf die Nutzungsmöglichkeiten des Gewässers ausgerichtet. Die Auswirkungen der Nutzung sind mit den Erfordernissen zum Erhalt des ökologischen Gleichgewichtes in Einklang zu bringen. In der vorliegenden Arbeit werden daher einerseits die Ergebnisse der limnologischen Untersuchung beschrieben und andererseits die Auswertungen der bakteriologisch-hygienischen Analysen dargelegt. Beide Gesichtspunkte der Gütebeschreibung werden im Kapitel Diskussion näher betrachtet.

Bedingt durch das pannonische Klima mit seinen sommerlich hohen Temperaturen und der gleichzeitigen Niederschlagsarmut werden die Seen des Burgenlandes auch von Bewohnern der benachbarten Bundesländer gerne besucht. Mit Ausnahme des Neusiedler Sees, auf den in dieser Arbeit nicht eingegangen werden soll erfolgt die Nutzung der übrigen stehenden Gewässer fast ausschließlich für Badezwecke.

Auf Veranlassung des Amtes der Burgenländischen Landesregierung wurden im Spätsommer 1979 Seen des burgenländischen Nord-, Mittel- und Südschnittes untersucht. Seitens der Bundesanstalt für Wassergüte wurden die biologischen und bakteriologischen Gegebenheiten erfaßt, die Gewässeraufsicht

Burgenland übernahm die Bearbeitung der chemischen Analysen. Um einen Überblick über den Gütezustand und die Badequalität der Seen am Ende der Saison zu erhalten erfolgten die Untersuchungen aus Kosten - und Zeitgründen stichprobenartig.

Über Tendenzen und Trends in der Entwicklung der untersuchten Seen konnte verständlicherweise nicht ausgesagt werden, dies wäre erst nach längerfristigen Untersuchungen möglich, wie es z.B. in den "Empfehlungen für die Basisuntersuchung österreichischer Seen" vorgeschlagen wurde.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf insgesamt sieben Seen, die zwei Typenkreisen zuzuordnen sind. Zum Typus "Restgewässer von Braunkohle-tagbauen" zählen der

Neufelder See I,

der Neufelder See II, (auch Loob See oder Bauern See genannt), sowie der Steinbrunner See. Diese Gewässer entstanden durch Grundwassereinbrüche in die aufgelassenen Braunkohlegruben.

Die "Badestauseen" gehören dem zweiten Typus an und wurden allein für die Nutzung als Badesee konzipiert.

Der Forchtensteiner See,

der Ritzinger See,

der Burger See und

der Rechnitzer See entstanden jeweils durch den Aufstau eines Baches.

Bei den meisten dieser stehenden Gewässer herrschte Unklarheit über die morphologischen Eigenheiten des Seebeckens. Um über den limnologischen Zustand und die Eignung als Badegewässer Aussagen treffen zu können, war es vorerst notwendig, die topographischen Verhältnisse in den Seen zu untersuchen, gegebenenfalls bereits vorhandene Angaben zu überprüfen und das unter der Wasseroberfläche liegende Terrain darzustellen, Konkrete Tiefenangaben gab es nur bei wenigen Gewässern (Neufelder See I und Ritzinger See).

Bei der Mehrheit der zu untersuchenden Seen hingegen fehlte jeder Anhaltspunkt. Den Feldarbeiten, die die Güteuntersuchungen betrafen mußten daher Messungen der Seetiefen vorangestellt werden.

METHODIK DER TOPOGRAPHISCHEN VERMESSUNG

Für Auslotungen der Wassertiefe stand ein Echolot der Marke Seafarer 4 (Seafarer Range) zur Verfügung. Mit Hilfe eines motorisierten Bootes, Stoppuhr und Bussole wurden bei Normalwasserstand und ruhiger Wasseroberfläche mehrere Profile punktweise vermessen. Die Meßwerte wurden alle 10 Sekunden erfaßt und aufgezeichnet.

Die Umrisse der Seeoberflächen wurden den entsprechenden Flächenwidmungsplänen, den Planungsunterlagen für den Aufstau von Badeseen, privaten Planskizzen wie auch der entsprechenden Österreichkarte 1 : 50 000 entnommen und maßstabgetreu aufbereitet. Die so gewonnene Form der Seeoberfläche und die Meßpunkte wurden in Planskizzen eingezeichnet. Wenn notwendig wurde zwischen nebeneinanderliegenden Lotpunkten interpoliert um die Lage der Isobathen festlegen zu können.

Die einzelnen Tiefenschichten wurden planimetriert um die Größe der Seeoberfläche,

das Seevolumen,

sowie die Länge der Uferlinie ermitteln zu können. Außerdem konnte mit diesen Resultaten die entsprechende Hypsographische Kurve gezeichnet werden; auch die mittlere Tiefe sowie die maximale Tiefe wurden erfaßt.

Bedingt durch die Notwendigkeit Planskizze und Österreichkarte zu kombinieren, Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen vorzunehmen wie auch Planskizzen anhand einer nur geringen Anzahl von Meßpunkten und -profilen anzufertigen, wurden gewissen Ungenauigkeiten und Abweichungen von der Wirklichkeit hingenommen. Die vorliegenden Tiefenschichtpläne haben daher nur den Charakter von Überblicksskizzen und sollen in Ermangelung besserer oder gar nicht vorhandener Karten orientierenden Aufschluß über topographische Verhältnisse wichtiger burgenländischer Badeseen geben. Trigonometrische Vermessungen und Arbeiten mit Echographen erst würden Angaben über die Aufzeichnung genauer Karten liefern; für den gegebenen Zweck war jedoch eine derartige Vermessung nicht notwendig.

Die Ergebnisse der topographischen Vermessung sind in Tabelle 1 und den nachstehenden Skizzen angeführt.

Die untersuchten Restgewässer der Braunkohlentagbaue sind Grundwasserseen ohne nennenswerten oberirdischen Zu- bzw. Ablauf. Bei den Badestauseen Forchtenstein, Ritzing und Burg erfolgt die Dotierung im Bedarfsfall via Einlaufturnm mit Bachwasser, welches in einer Rohrleitung durch den See bzw. außen herum geleitet werden kann.

Der Badestausee Rechnitz wird stets von einem Bach durchflossen.

METHODIK DER GÜTEUNTERSUCHUNGEN

Für die limnologische Beurteilung der einzelnen Seen wurden die Besiedlung des freien Wassers, des Benthalsbereiches und des Litorals wie auch physikalische und chemische den Nährstoffhaushalt betreffende Kenndaten herangezogen. Entsprechend den "Empfehlungen für die Basisuntersuchung österreichischer Seen" wurden Proben im freien Wasser über der tiefsten Stelle, aus dem Benthos und bei ausgewählten Uferbereichen gezogen. Wasser für die chemischen Analysen wurde an mehreren Stellen von der Wasseroberfläche entnommen. Neben der Vermessung des vertikalen Temperatur- und Sauerstoffprofils wurde die Sichttiefe mittels Secchi-Scheibe bestimmt und damit auch die Mächtigkeit der euphotischen Zone festgestellt. Abhängig davon wurden Proben für die Analyse der Phytoplanktonbiomasse, des Chlorophyll a - Gehaltes und des Zooplanktons in festgelegten vertikalen Abständen gezogen und zu einer Sammelprobe integriert.

Die chemischen Wasserinhaltsstoffe (COD, TOC, BSB₅, Phosphatphosphor, Gesamtphosphor, Ammoniumstickstoff, Nitratstickstoff und Gesamtstickstoff) wurden gemäß den Deutschen Einheitsverfahren (DEV), die pflanzliche Biomasse entsprechend der Methode nach UTERMÖHL und der Chlorophyll-Gehalt nach Klassifizierung der Seen erfolgte nach Trophiestufen (VOLLENWEIDER 1980).

Tabelle 1 :
 ERGEBNISSE DER TOPOGRAPHISCHEN VERMESSUNG

| Gewässer | Flächeninhalte der Schichtlinien | | Volumina der Tiefenschichten | | Mittlere Tiefe \bar{z} | Maximale Tiefe z_m | Maximale Länge in m | Maximale Breite in m | Länge der Uferlinie in m |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | A_z | ha | $A_z - A_{z_1}$ | Mill m ³ | | | | | |
| Neufeldersee I | 0 | 60,86 | 0 - 5 | 2,8 | 12,66 | 23 | 1685 | 475 | 4115 |
| | 5 | 52,34 | 5 - 10 | 2,4 | | | | | |
| | 10 | 39,24 | 10 - 15 | 1,7 | | | | | |
| | 15 | 26,68 | 15 - 20 | 0,7 | | | | | |
| | 20 | 4,12 | 20 - 23 | 0,05 | | | | | |
| | 23 | 0,09 | V_{total} | 7,7 | | | | | |
| Neufeldersee II | 0 | 10,69 | 0 - 5 | 0,47 | 10,36 | 24 | 766 | 233 | 1725 |
| | 5 | 8,08 | 5 - 10 | 0,35 | | | | | |
| | 10 | 6,06 | 10 - 15 | 0,21 | | | | | |
| | 15 | 2,66 | 15 - 20 | 0,07 | | | | | |
| | 20 | 0,37 | 20 - 24 | 0,005 | | | | | |
| | 24 | 0,005 | V_{total} | 1,107 | | | | | |
| Steinbrunnersee | 0 | 4,4 | 0 - 5 | 0,16 | 6,66 | 24 | 284 | 170 | 860 |
| | 5 | 2,2 | 5 - 10 | 0,08 | | | | | |
| | 10 | 1,0 | 10 - 15 | 0,04 | | | | | |
| | 15 | 0,5 | 15 - 20 | 0,016 | | | | | |
| | 20 | 0,2 | 20 - 24 | 0,003 | | | | | |
| | 24 | 0,005 | V_{total} | 0,3 | | | | | |
| Forchtensteiner Badesees | 0 | 1,7 | 0 - 2 | 0,025 | 2,38 | 8,5 | 200 | 100 | 550 |
| | 2 | 0,88 | 2 - 4 | 0,012 | | | | | |
| | 4 | 0,3 | 4 - 6 | 0,003 | | | | | |
| | 6 | 0,06 | 6 - 8 | 0,0006 | | | | | |
| | 8 | 0,005 | 8 - 8,5 | 0,00005 | | | | | |
| | 8,5 | 0,0005 | V_{total} | 0,04 | | | | | |
| Ritzinger Badesees | 0 | 1,44 | 0 - 1 | 0,014 | 3,18 | 6 | 175 | 105 | 400 |
| | 1 | 1,39 | 1 - 2 | 0,012 | | | | | |
| | 2 | 0,95 | 2 - 3 | 0,009 | | | | | |
| | 3 | 0,78 | 3 - 4 | 0,006 | | | | | |
| | 4 | 0,49 | 4 - 5 | 0,003 | | | | | |
| | 5 | 0,17 | 5 - 6 | 0,001 | | | | | |
| 6 | 0,04 | V_{total} | 0,045 | | | | | | |
| Burger Badesees | 0 | 4,62 | 0 - 1 | 0,04 | 1,96 | 2,6 | 360 | 200 | 950 |
| | 1 | 3,84 | 1 - 2 | 0,035 | | | | | |
| | 2 | 3,2 | 1 - 2,5 | 0,014 | | | | | |
| | 2,5 | 2,53 | 2,5 - 2,6 | 0,0009 | | | | | |
| | 2,6 | 0,005 | V_{total} | 0,09 | | | | | |
| Rechnitzer Badesees | 0 | 3,88 | 0 - 1 | 0,035 | 2,77 | 5,4 | 340 | 190 | 800 |
| | 1 | 3,19 | 1 - 2 | 0,028 | | | | | |
| | 2 | 2,49 | 2 - 3 | 0,021 | | | | | |
| | 3 | 1,71 | 3 - 4 | 0,014 | | | | | |
| | 4 | 1,1 | 4 - 5 | 0,007 | | | | | |
| | 5 | 0,38 | 5 - 5,4 | 0,0007 | | | | | |
| 5,4 | 0,03 | V_{total} | 0,106 | | | | | | |

NEUFELDER SEE I

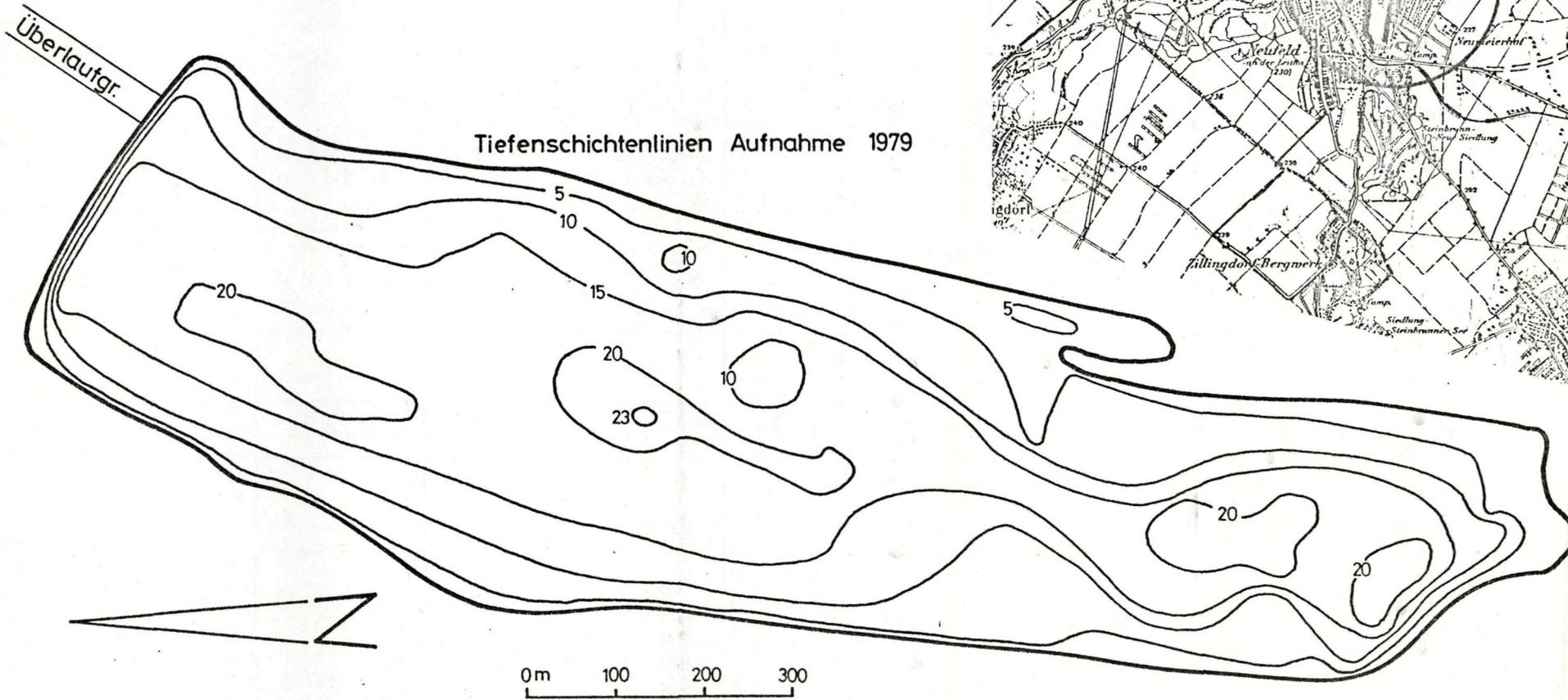
Ursprünglich Braunkohlentagbaugrube, aufgelassen 1934

Keine Einleitung von Oberflächenwässern

Uferbereich größtenteils verbaut

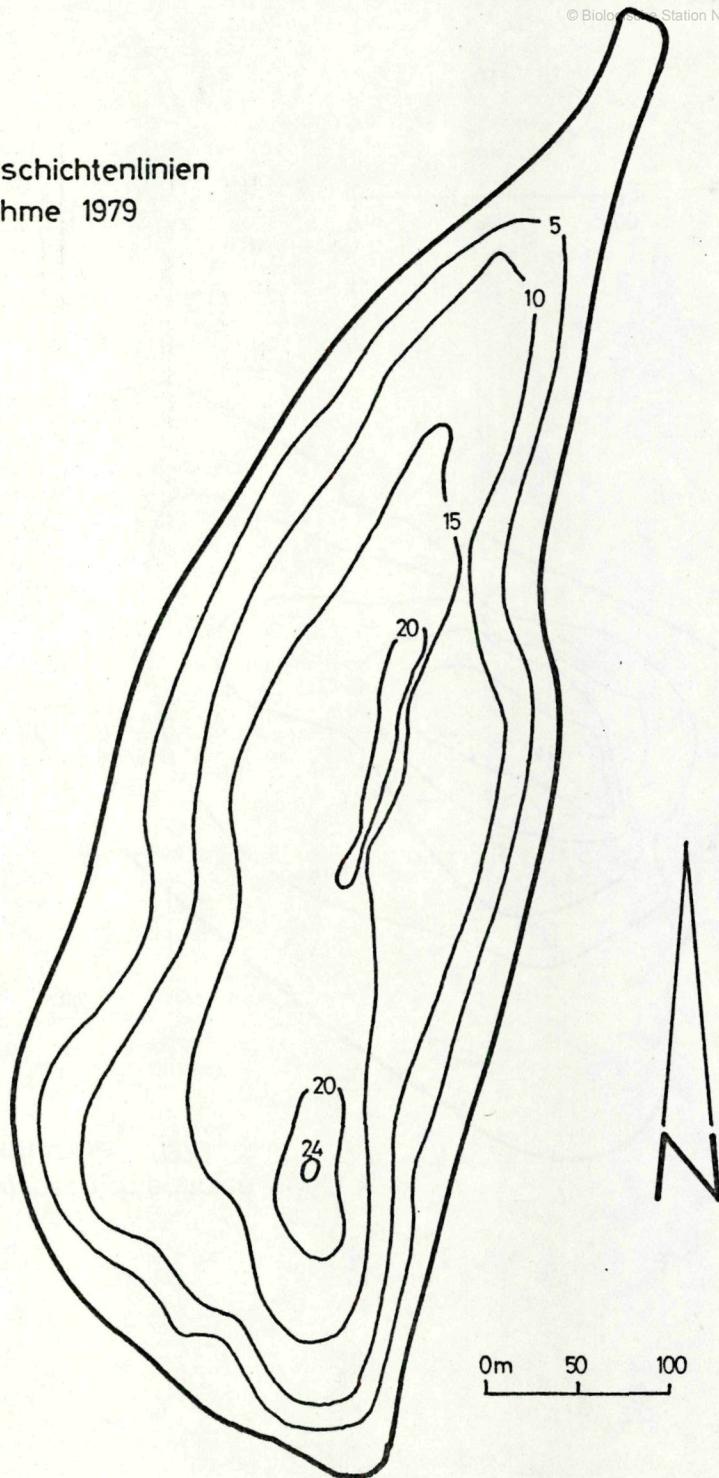
WASSERFLÄCHE: 60,86 ha

SPEICHERVOLUMEN: 7 700 000 m³



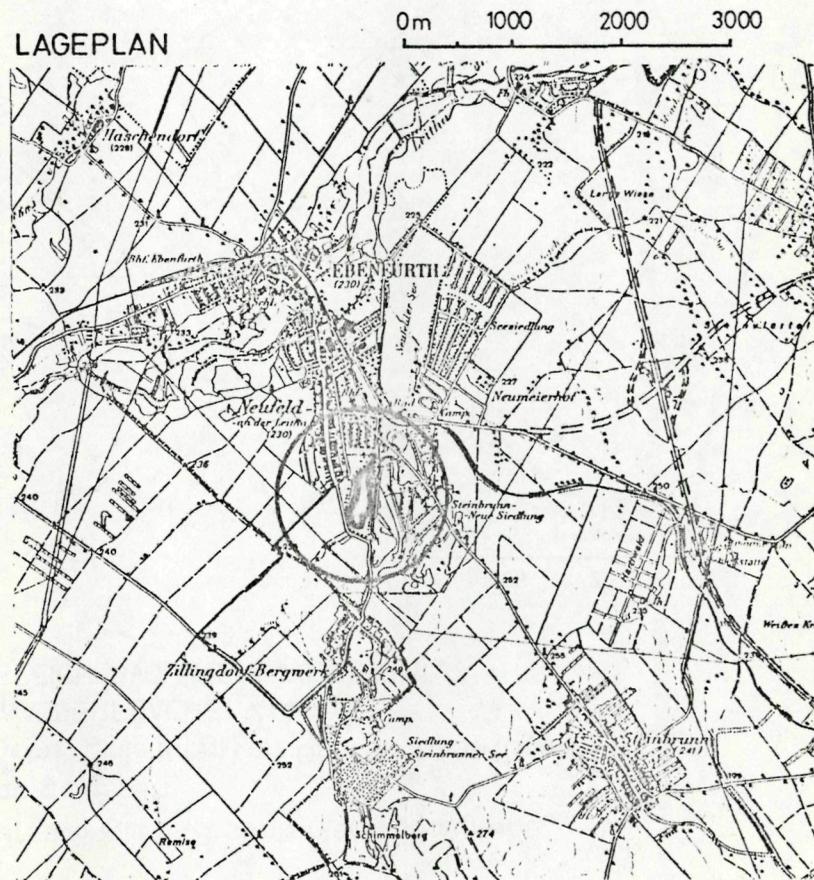
NEUFELDER SEE II

Tiefenschichtenlinien
Aufnahme 1979



Ursprünglich Braunkohlentagebaugrube
aufgelassen 1934
Keine Einleitung von Oberflächenwässern
Überlauf bzw. künstl. Entnahme zur Speisung
benachbarter Kleinseen
WASSERFLÄCHE: 10,7 ha
SPEICHERVOLUMEN: 1.107.000 m³

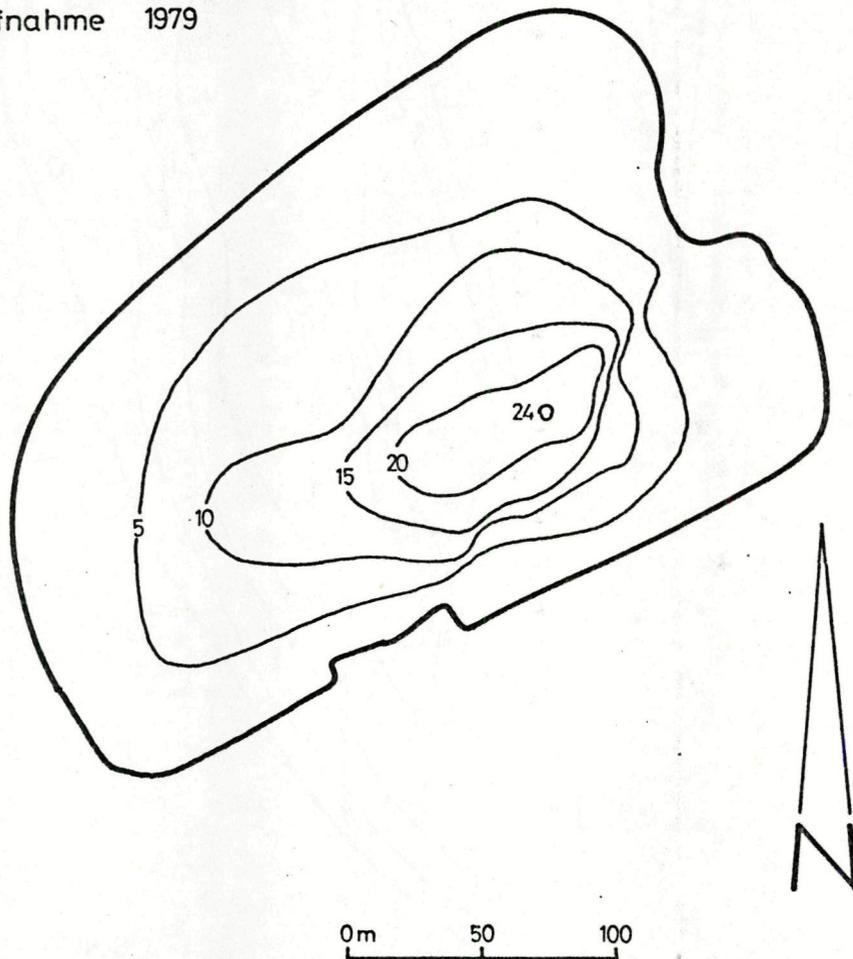
LAGEPLAN



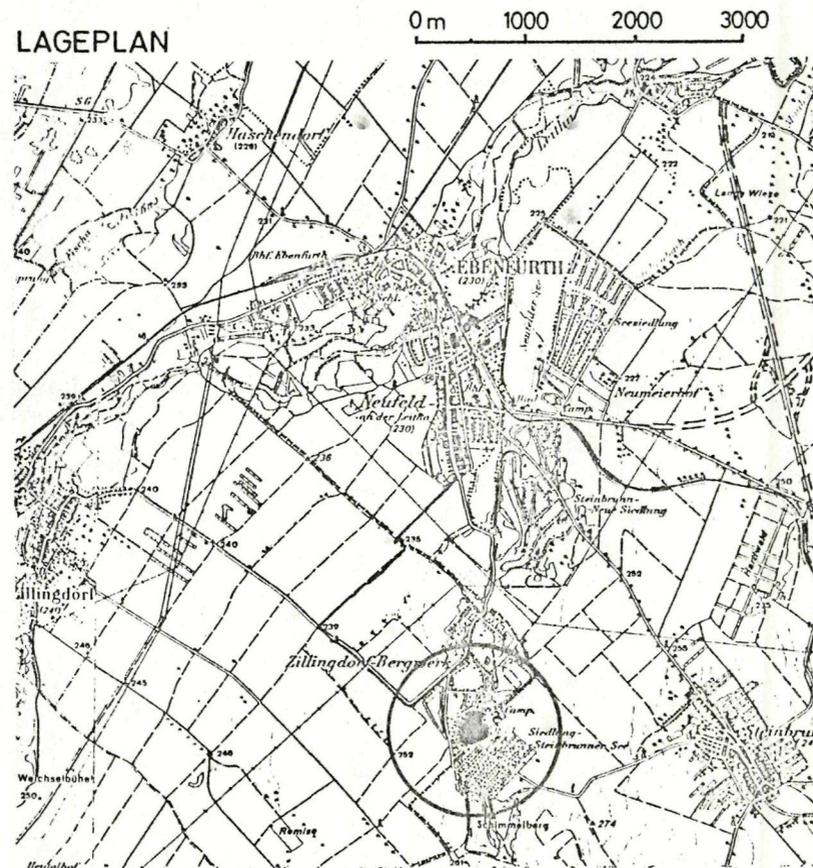
STEINBRUNNER SEE

Ursprünglich Braunkohlentagbaugrube,
aufgelassen
Keine Einleitung von Oberflächenwässern
WASSERFLÄCHE: 4,4 ha
SPEICHERVOLUMEN: 300 000 m³

Tiefenschichtenlinien
Aufnahme 1979

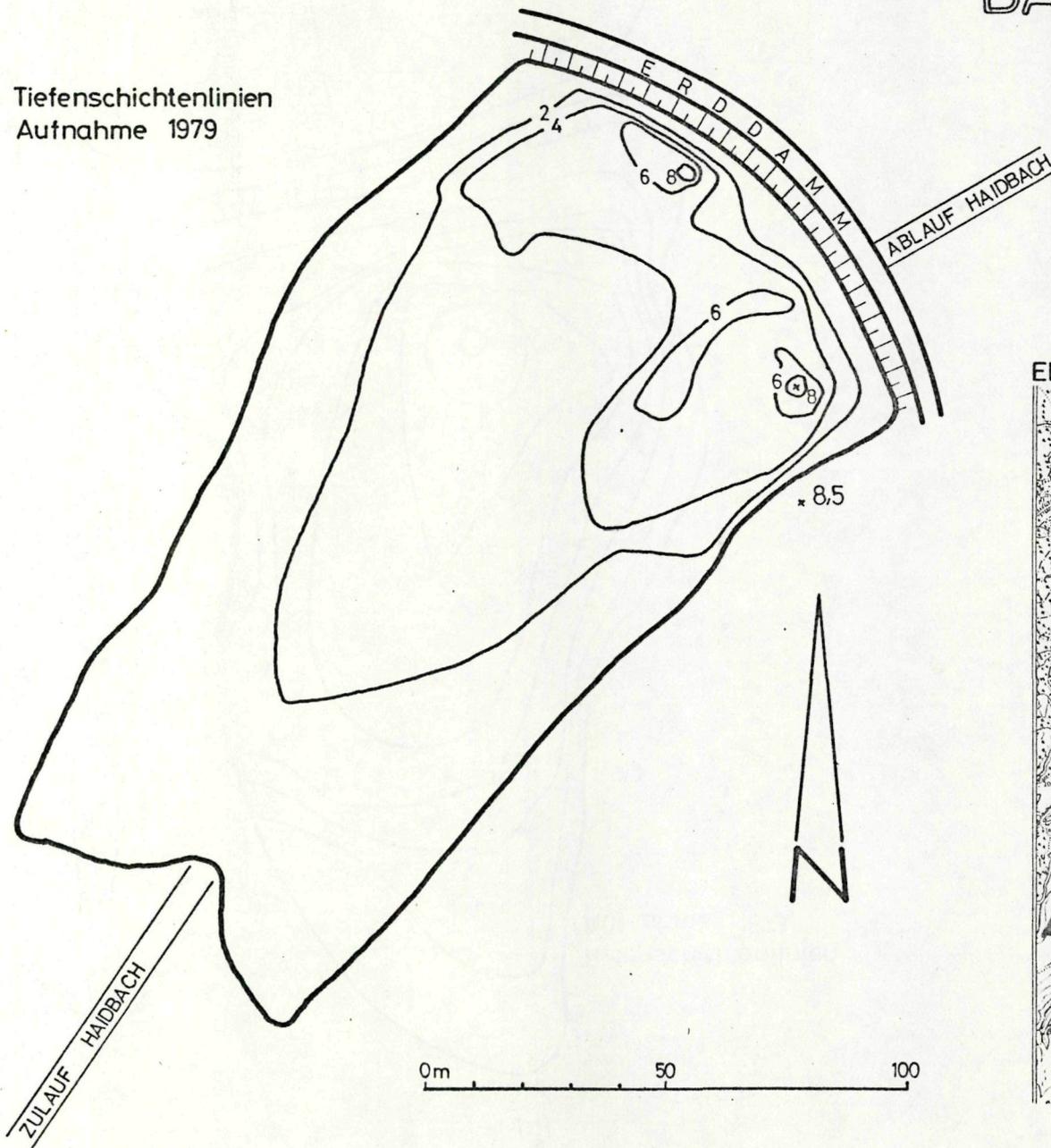


LAGEPLAN

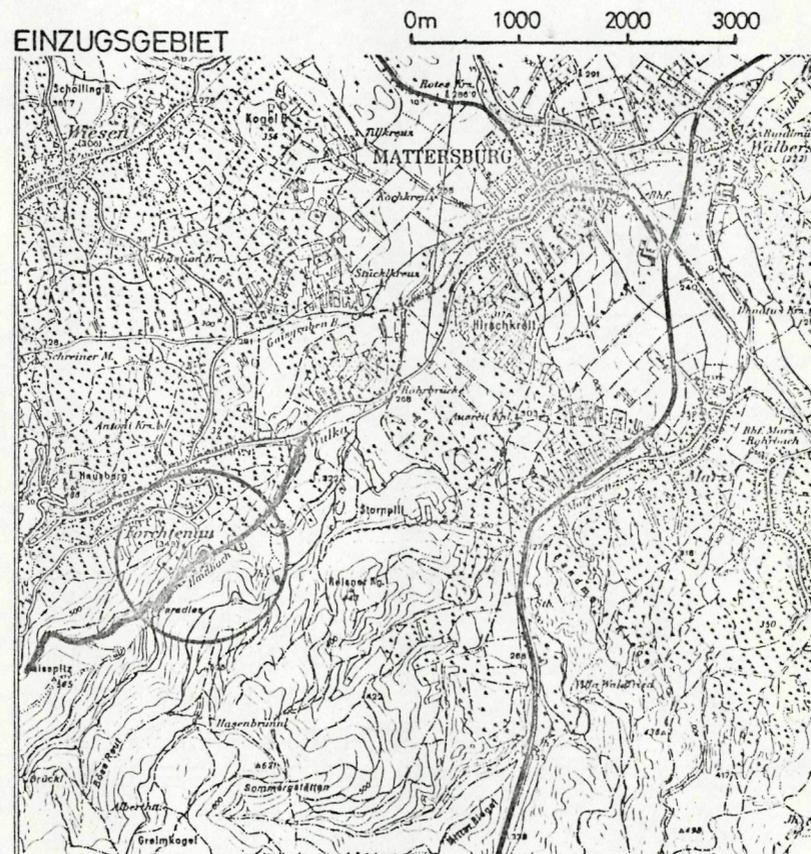


FORCHTENSTEINER BADESEE

Tiefenschichtenlinien
Aufnahme 1979



EINZUGSGEBIET: Waldgebiet
VORFLUTER: Haidbach MQ 20-30 l/sek
WASSERFLÄCHE: 1,7 ha
SPEICHERVOLUMEN: 39 000 m³
STAUDAMM: Erddamm Achslänge 150m

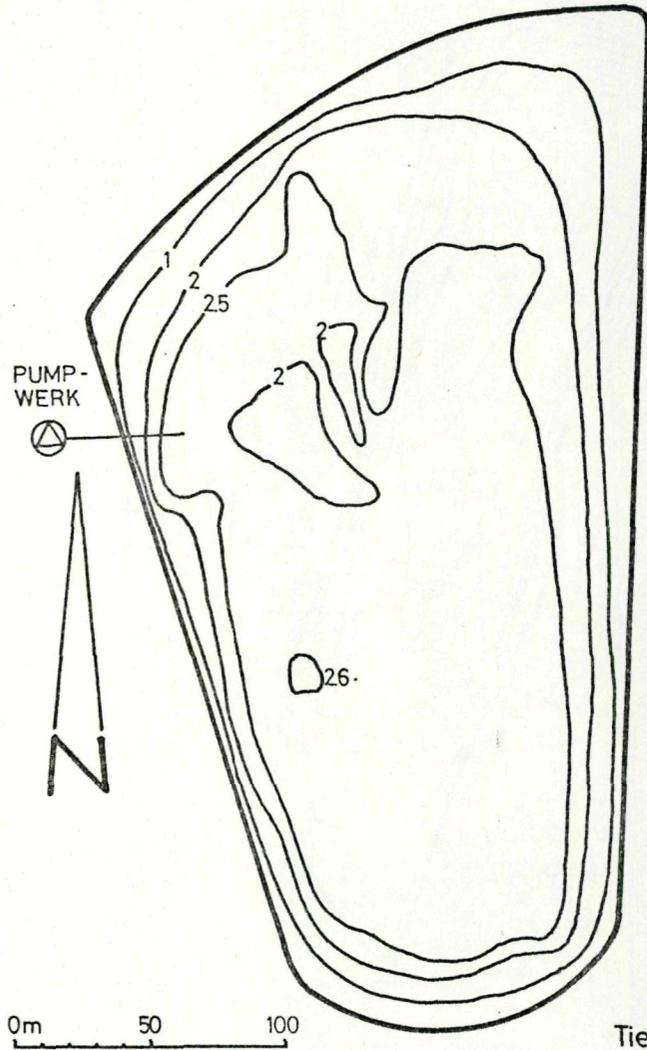


BURGER BADESEE

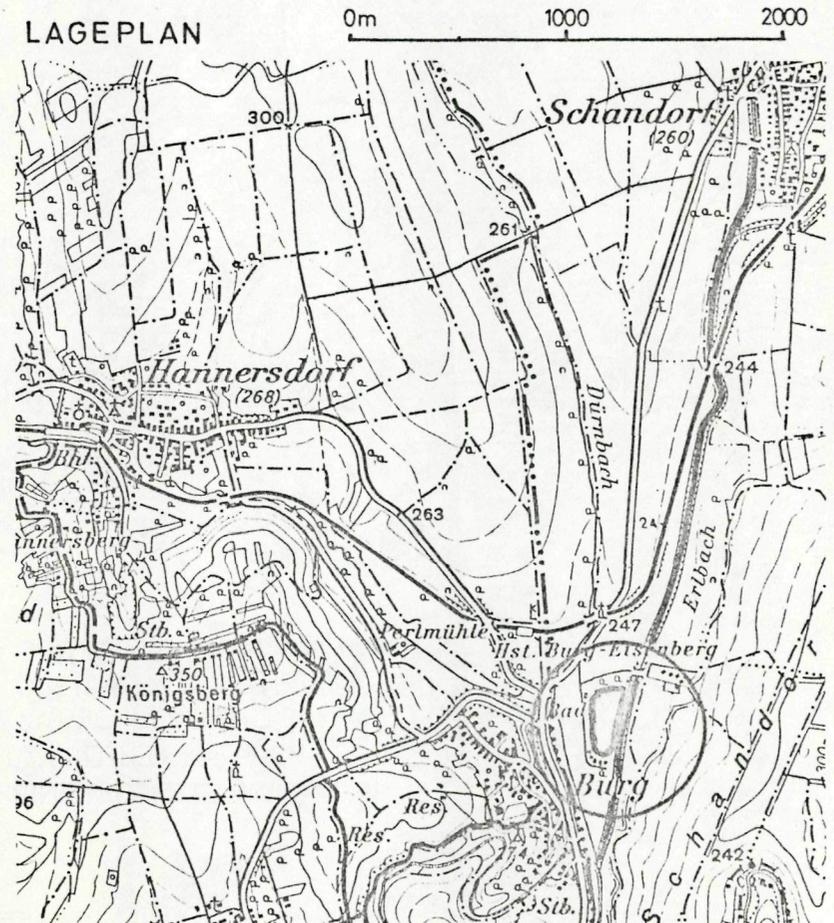
WASSERFLÄCHE: 4,6 ha

SPEICHERVOLUMEN: 9000 m³

Grundwasserspeisung über Pumpwerk

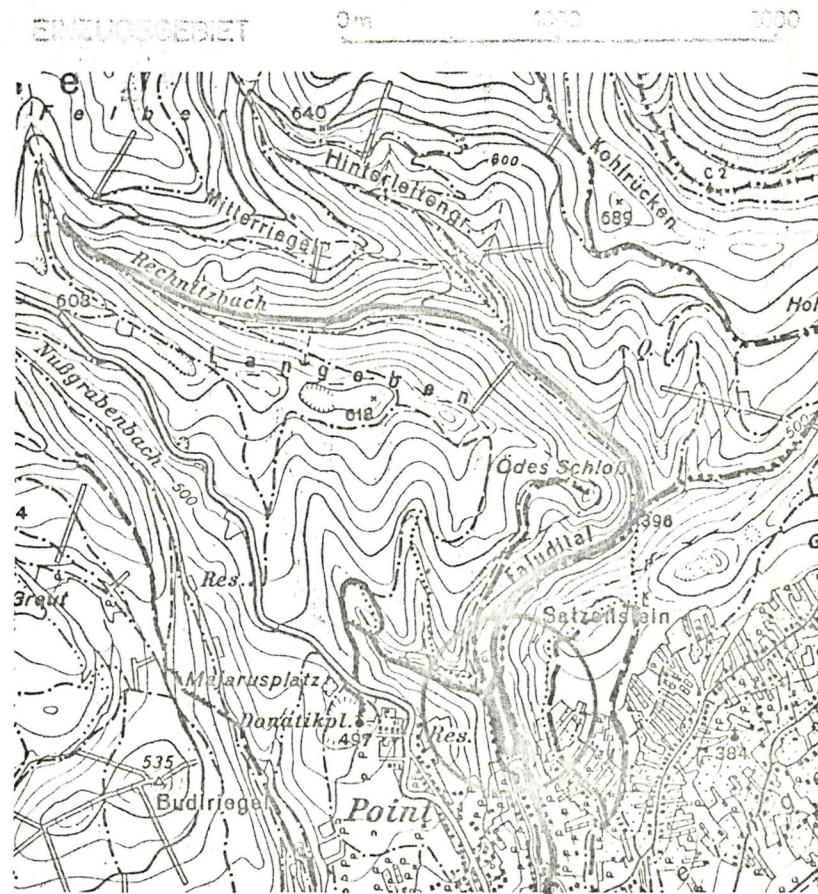


Tiefenschichtenlinien
Aufnahme 1979



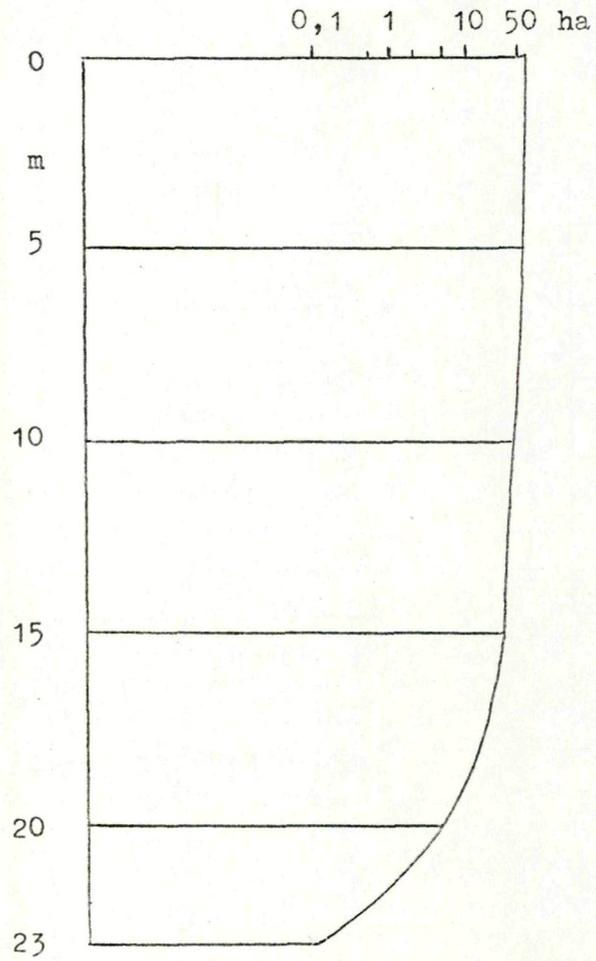
RECHNITZER BADESEE

EINZUGSGEBIET: Waldgebiet
VORFLUTER: Rechnitzbach
WASSERFLÄCHE: 3,88 ha
SPEICHERVOLUMEN: 106 000 m³
STAUDAMM: Erddamm, Achslänge 90 m

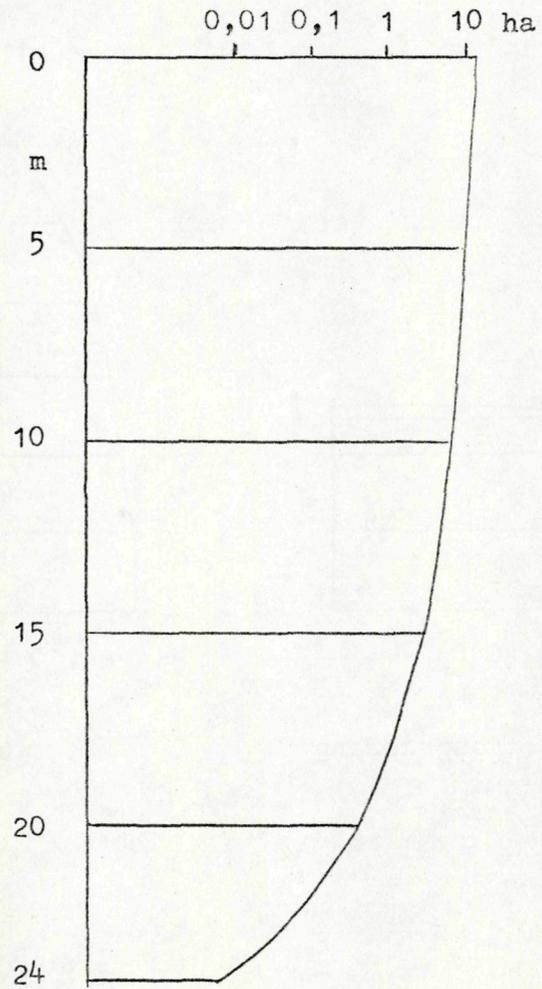


Hypsographische Kurven von Restgewässern der Braunkohlentagbaue

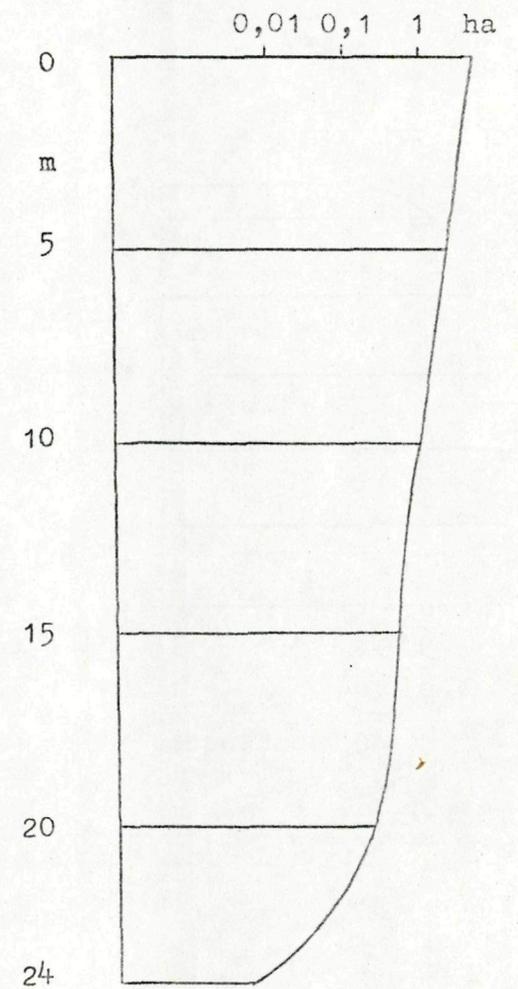
Neufelder See I



Neufelder See II

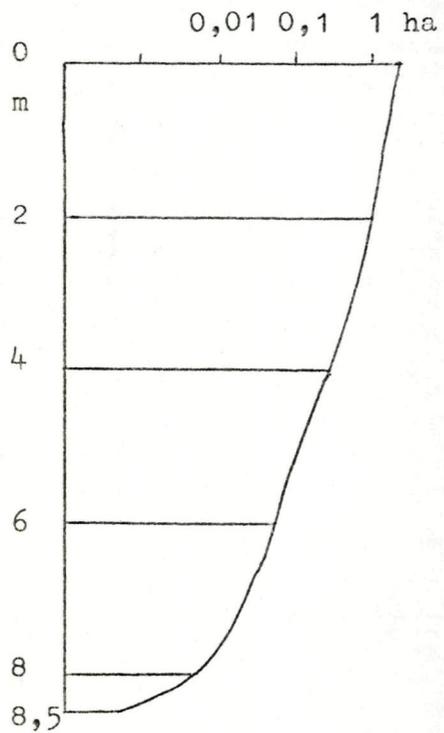


Steinbrunner See

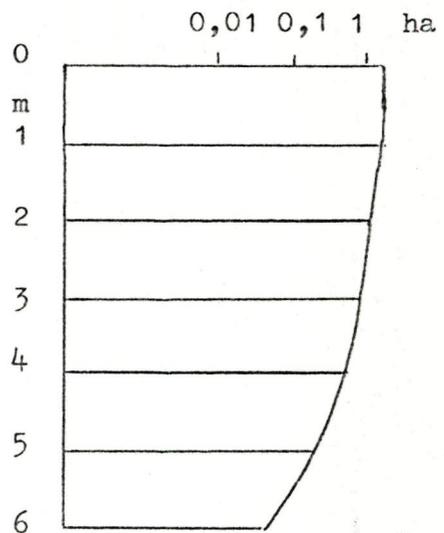


Hypsographische Kurven von Badestauseen

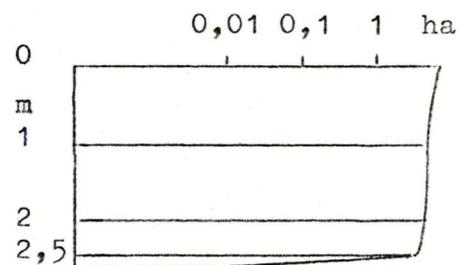
Forchtensteiner See



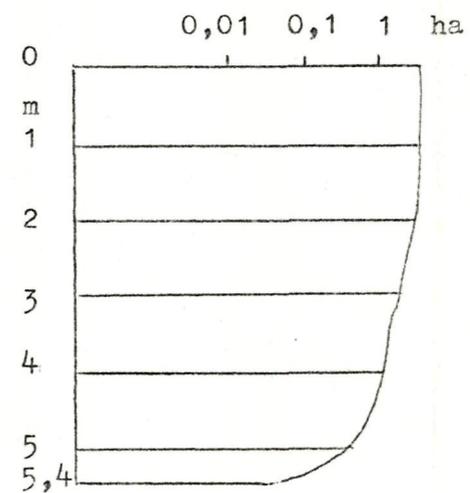
Ritzinger See



Burger See



Rechnitzer See



Das Risiko einer Infektion mit pathogenen Organismen und Viren hängt von der Menge der eingebrachten Darmkeime ab (HAVEMEISTER 1981). Bakteriologische-hygienische Untersuchungen der Seen stehen daher bei der Beurteilung ihrer Eignung als Badegewässer im Vordergrund. Der Grad eines bestimmten Infektionsrisikos entspricht einem genau determinierten Kontaminationsgrad eines Gewässers mit Fäkalien, der am besten durch den Gehalt an *Echerichia coli* wiedergespiegelt wird. Die Kontamination mit Fäkalien und Krankheitserregern erfolgt in der Regel über Abwasser-einleitungen, kann aber auch von der Besucherfrequenz abhängig sein (KOHL, 1975). Die bakteriologisch-hygienischen Untersuchungen wurden nach den Deutschen Einheitsverfahren (1960) und den Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1980) modifiziert durchgeführt. Wie bereits oben gesagt dienten als Indikatoren für die fäkale Verunreinigung Colikeime (Membranfilterverfahren, Endoagar, 24 Stunden Bebrütungsdauer bei 44°C); außerdem wurden auch Enterokokken (Membranfilterverfahren, Azidagar, 48 Stunden Bebrütungsdauer bei 44°C) für die Klassifizierung herangezogen. Als weiterer Beurteilungsparameter diente die Koloniezahl der aeroben saprophytischen Keime, die den Verunreinigungsgrad mit organischen, bakteriologisch rasch abbaubaren Substanzen kennzeichnet. Der Nachweis dieser Keimgruppe erfolgte nach den Deutschen Einheitsverfahren (Membranfilterverfahren, Trypticase Soy Agar, 48 Stunden Bebrütungsdauer bei 22°C). Neben den bakteriologischen Parametern wurden auch allgemeine Gesichtspunkte (Seemorphologie, Sichttiefe, Sauerstoffregime, Phosphorgehalt, Ammoniumkonzentration usw.) für die hygienische Beurteilung herangezogen. Maßgeblich für die Beurteilung der Eignung zum Baden waren die ÖNORM M 6230 (Anforderungen an die Beschaffenheit von Badegewässern 1980) und die EG - Richtlinien (Richtlinien des Rates für die Qualität der Badegewässer, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 31 vom 5. Feb. 1976).

Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen werden im folgenden für jeden See gesondert besprochen, eine zusammenfassende Übersicht über ausgewertete Kenndaten der Seen wie auch Organismen der einzelnen Biozosen befindet sich in den Tabellen 2 - 7.

ERGEBNISSE DER GÜTEUNTERSUCHUNGEN

A. Restgewässer von Braunkohlentagbauen

1. Neufelder See I

1.1 Limnologischer Zustand

Die Sichttiefe betrug zur Untersuchungszeit 6 m. An der Wasseroberfläche wurden 17,0°C und 10,2 mg Sauerstoff/l (113 % Sättigung), in 23 m Tiefe 10,0°C und 4,4 mg O₂/l (36 % Sättigung) gemessen. Die Kurve des Temperaturprofils zeigte klinograden, die des Sauerstoffprofils positiv - heterograden Verlauf; das Metalimnion (Sprungschicht) konnte zwischen 12 und 17 m Tiefe beobachtet werden.

Chemie gesehen wiesen die Analysenergebnisse der Phosphor- und Stickstoffuntersuchungen sowie die Summenparameter der organischen Belastung (COD, TOC, BSB₅) auf die Nährstoffarmut des Sees hin, sie lagen teilweise sogar unter der Nachweisgrenze.

Im Phytoplankton überwogen Feuealgen (*Ceratium hirundinella*) und Goldalgen (*Dinobryon cylindricum*), Kiesel- (z.B.: *Cyclotella comensis*) und Grünalgen (z.B. *Scenedesmus quadricauda*) traten mengenmäßig stark zurück. Quantitativ wurde die pflanzliche Biomasse mit 1145 mg/m³ bzw. 1,7 mg Chlorophyll a/m³ bestimmt. Von den Konsumenten des freien Wassers sind Rädertier- (z.B.: *Keratella kochlearis*) und Krebschenvorkommen (z.B.: *Ceriodaphnia quadrangula*) erwähnenswert, die Populationsgrößen waren aber dem Nahrungsangebot gemäß gering.

Den makroskopisch sichtbaren Pflanzenbestand des Benthals bildeten Armleuchteralgen, die in mittlerer Häufigkeit beobachtet wurden. Wandermuscheln kamen im gesamten Untersuchungsbereich vor, Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*) wurden dagegen nur selten gefunden, auch Flußflohkrebs, die nach einem Bericht STUNDLs (1934) künstlich ausgesetzt worden waren traten nicht besonders häufig auf.

Die kiesig - steinigen Ufer zeigten schwachen Bewuchs mit Jochalgen (*Mougeotica* sp., *Spirogyra* sp., und *Zygnema* sp.), die aber nur in der Nähe des öffentlichen Bades makroskopisch deutlich in Erscheinung traten.

Sowohl der Nährstoffgehalt wie auch Biomasse charakterisierten einen nährstoffarmen (oligotrophen) Zustand des Sees; die ausgezeichnete Wasserqualität wurde durch das Vorkommen von auf Verschmutzung empfindlich reagierende Arten bestätigt.

1.2 Hygienisch-bakteriologischer Zustand

Die hygienisch-bakteriologische Beurteilung erfolgte anhand von fünf Oberflächenproben, die über der tiefsten Stelle, sowie vor der Mitte des Nord-, Ost-, Süd- und Westufers entnommen wurden. Die Koloniezahlen der psychrophilen, aeroben, saprophytischen Bakterien reichten von 23 bis 94 pro ml Wasser. Die Zahlen indizierten eine sehr geringe Verunreinigung mit organischen, bakteriell leicht abbaubaren Substanzen. Die Koloniezahlen von *Escherichia coli* (=Colikeime) bewegten sich zwischen <1 und 12 pro 100 ml Wasser, die Koloniezahlen der Enterokokken schwankten zwischen <1 und 4 pro 100 ml Wasser. Anhand dieser isolierten Fäkalindikatorzahlen konnte nur eine sehr geringe bis geringe fäkale Verschmutzung nachgewiesen werden. Laut ÖNORM M 6230 werden 1000 saprophytische Keime pro 1 ml Wasser und 100 Colikeime bzw. 50 Enterokokken pro 100 ml Wasser als Richt- bzw. Grenzwerte für die Badeeignung empfohlen. Die bakteriologischen Kenndaten entsprechen zur Zeit der Untersuchung den in den Richtlinien (ÖNORM) festgelegten Werten für gute Badequalität.

2. Neufelder See II (Loob See, Bauern See)

2.1 Limnologischer Zustand

Zur Untersuchungszeit betrug die Sichttiefe 5 m. Temperaturen von 17,8°C und ein Sauerstoffgehalt von 9,8 mg/l (109 % Sättigung) charakterisierten die Seeoberfläche, in 24 m Tiefe betrug die Temperatur 7,0°C und 0,3 mg Sauerstoff/l wurden eruiert (2,6 % Sättigung). Wie bereits beim Neufelder See I zeigte die Temperaturkurve im Vertikalprofil klinograden Verlauf und die Sauerstoffkurve positiv - heterograde Form. Die 4 m mächtige Sprungschicht (Metalimnion) wurde ab 8 m Tiefe beobachtet. Nur in Spuren oder gar nicht nachweisbare Konzentrationen der Stickstoff- und Phosphorverbindungen wie auch die Werte der organischen Summenparameter wiesen auf eine sehr gute Wasserbeschaffenheit hin.

Die Hauptmasse des Phytoplanktons bildeten auch hier Feualgen (|Peridinium, Ceratium hirundinella), Kieselalgen (z.B.: Cyclotella comensis) kamen neben den eher seltenen Grünalgen (z.B. Scenedesmus quadricauda) in mittlerer Häufigkeit vor. Der Gehalt an pflanzlicher Biomasse betrug 1436 mg/m^3 und der Chlorophyll a-Gehalt wurde mit $2,0 \text{ mg/m}^3$ bestimmt. Wasserflöhe (z.B. Ceriodaphnia quadrangula) und Hüpferlinge (z.B. Cyclops) bildeten das Zooplankton.

Tausendblatt, Teichfaden und vereinzelt Nixkraut bewachsen den Seegrund, der submerse Makrophytenbestand machte sich aber nie durch besonders dichtes Auftreten bemerkbar. Verschiedene Schneckenarten (Planorbis planorbis, Radix ovata) kamen vereinzelt in den Proben aus dem Benthos vor; recht häufig wurde die Wandermuschel beobachtet und nur im nördlichen, seichteren Teil traten Teichmuscheln (Anodonta complanata) auf. Die Bodenbesiedlung wies trotz der zum Untersuchungszeitpunkt nachgewiesenen geringen Sauerstoffsättigung in der Tiefe des Sees auf eine sonst gute Versorgung des Hypolimnions mit Sauerstoff hin; Bildung von Schwefelwasserstoff als Zeichen anaerober Vorgänge konnte an keiner Stelle gefunden werden.

Auf den Ufersteinen knapp unter der Wasseroberfläche wuchsen neben Blaualgen (Merismopedia glauca und Oscillatoria sp.) auch Kieselalgen (Cymbella ventricosa u.a.) in eher geringen Häufigkeiten. Der Neufelder See II wurde aufgrund der analysierten chemischen und biologischen Werte als nährstoffarm (oligotroph) eingestuft.

2.2 Hygienisch-bakteriologischer Zustand

Fünf bakteriologische Proben wurden an verschiedenen Entnahmestellen (über der tiefsten Stelle, sowie vor der Nord-, Ost-, Süd- und Westufermitte) aus einer Tiefe von 0,2 m entnommen. Die Koloniezahlen der psychrophilen, aeroben, saprophytischen Keime (23 bis 94/ml Wasser) indizierten zur Zeit der Probenahme eine nur sehr geringe Verunreinigung mit organischen Substanzen. Die Coli- und Enterokokkenzahlen streuten zwischen <1 und 12 bzw. <1 und 4 Kolonien pro 100 ml Wasser. Gemäß den Analyseergebnissen war die fäkale Belastung als nur sehr gering bis gering zu bezeichnen. Anhand des gewonnenen bakteriologischen Datenmaterials war der Neufelder See II als geeignet für Badezwecke zu klassifizieren.

3. Steinbrunner See

3.1 Limnologischer Zustand

3,5 m Sichttiefe, 17,0°C und 10,0 mg Sauerstoff/l an der Oberfläche (108 % Sättigung) sowie 4,0°C und 0,3 mg O₂/l (2,4 % Sättigung) in 22 m Tiefe charakterisierten die physikalischen Gegebenheiten dieses Gewässers im September 1979. Die klinograde Form der Temperaturkurve und der positiv - heterograde Verlauf der Sauerstoffprofilkurve entsprachen den Bedingungen, die auch in den vorher erwähnten Restgewässern des Braunkohletagbaues beobachtet worden waren. Die Sprungschicht reichte hier von 5 bis 10 m Tiefe.

Auch die Analysen der Phosphor- und Stickstoffparameter zeigten größenordnungsmäßig ähnliche Werte wie es bei den Neufelder Seen der Fall gewesen war; COD-, TOC-, und BSB₅-Werte lagen allerdings etwas höher. In etwa gleichen Mengen traten im Plankton Feueralgen (Gymnodinium) und fädige Blaualgen auf, Kiesel- (z.B. Cyclotella comensis) und Grünalgen (z.B. Scenedesmus quadricauda) traten mengenmäßig etwas zurück. Die Biomasse betrug 3628/m³, die Chlorophyll a-Konzentration 8,1 mg/m³. Hüpferlinge (Cyclops sp.) waren die einzigen Vertreter der Konsumenten des freien Wassers.

Schilf, Tausendblatt und Teichfaden wurden als höhere Wasserpflanzen bestimmt; Posthornschncken (Planorbis planorbis), Schlamm-schncken (Radix ovata) sowie Köcherfliegenlarven (Psychomyidae) bildeten das sporadisch auftretende Zoobenthos; der Seegrund war arealweise sogar unbesiedelt. Die etwas erhöhten Analysenwerte der organischen Summenparameter wie auch die Biomasse- und Chlorophyllwerte wiesen auf eine geringfügige Eutrophierung hin, der Steinbrunner See mußte daher als Übergang von oligotroph zu mesotroph (nährstoffarm bis mäßig erhöhter Nährstoffgehalt) klassifiziert werden.

3.2 Hygienisch - bakteriologischer Zustand

Die fünf Entnahmepunkte für die bakteriologische Untersuchung des Steinbrunner Sees wurden in der Seemitte über der tiefsten Stelle, am Nordostufer, beim Strandbad am Südufer, beim Südwestufer und in der Westecke festgelegt. Die aeroben Saprophytenwerte schwankten zwischen 78 und 550 Kolonien pro ml Wasser. Daraus ist eine sehr geringe bis geringe

Bealstung des Sees mit organischen Substanzen zu erkennen. Colikeime und Enterokokken indizieren eine fäkale Verunreinigung eines Gewässers und waren hier nur in sehr kleinen Konzentrationen feststellbar. Die fäkale Verunreinigung war als sehr gering zu bezeichnen. Alle bakteriologischen Parameter entsprachen den Anforderungen der ÖNORM M 6230 für gute Badequalität.

B Badestauseen

4. Forchtensteiner See

4.1 Limnologischer Zustand

Beim gegenständlichen See betrug die Sichttiefe 1,5 m. An der Wasseroberfläche wurden bei 15,6°C 13,0 mg Sauerstoff (138 % Sättigung) gemessen, in der Tiefe waren bei 14,0°C noch 4,5 mg O₂/l (37 % Sättigung) vorhanden. Typisch klinograden Verlauf zeigten Temperatur- und Sauerstoffkurve. Das nur wenig mächtige Metalimnion wurde bei 2 m Tiefe beobachtet. Bei den chemischen Analysen fielen relativ hohe Werte beim BSB₅ auf, Kennzeichen regen organischen Abbaues. Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen waren an der Oberfläche größtenteils recht hoch.

Im freien Wasser des Badesees traten in Masse Grünalgen (*Cosmarium bioculatum*) und Feueralgen (*Ceratium hirundinella*, *Dryptomonas* sp.) auf, wobei auch Kieselalgen (z.B. *Cyclotella comensis*, *Asterionella formosa*) und Grünalgen (z.B. *Scenedesmus quadricauda*) recht häufig vorkamen; Blaualgen (z.B. *Oscillatoria* sp.) konnten ebenfalls nachgewiesen werden. Auf rasche biologisch wirksame Umsetzungen der Nährstoffe deuteten die hohe Biomasse von 30 385 mg/m³ und der Chlorophyllgehalt von 49,8 mg/m³ hin. Trotz hohem Nahrungsangebot waren die Konsumenten: Wimpertierchen (*Spaerophyra* sp.), Rädertiere (z.B. *Keratella kochlearis*), Hüpferlinge (z.B. *Eucyclops* sp.) und Wasserflöhe (z.B. *Bosmina longirostris*) nur mit geringen Individuenzahlen vertreten.

Im Benthalebereich konnten keine höheren Wasserpflanzen beobachtet werden, die zoologische Besiedlung des Seegrundes bildeten Schlammröhrenwürmer (*Tubifex* sp.) und Zuckmückenlarven (*Chironomus plumosus* sowie *Orthocladiinae*).

Bedingt durch die extrem hohen Biomasse- und Chlorophyllwerte wurde dieser Badesee als eutroph eingestuft; zeitweilige hypertrophe Situationen können nicht ausgeschlossen werden.

4.2 Hygienisch-bakteriologischer Zustand

Aus dem Badestausee wurden fünf Wasserproben für die bakteriologische Beurteilung gezogen, desgleichen eine Probe aus dem Zulauf. Die Untersuchungen erfolgten beim Einlaufturm, über der tiefsten Stelle, 5 m vor dem Ausrinn, 5 m vor dem Einrinn und 5 m vor der Mitte des Südwestufers. Im See streuten die Koloniezahlen der saprophytischen Keime zwischen 110 und 280 pro ml Wasser; diese Werte entsprechen einer sehr geringen Verunreinigung mit organischen Substanzen. Beim Einlaufturm hingegen, wo das Bachwasser in den See strömt, lag die Saprophytenzahl mit 1500 pro ml Wasser über dem für Badezwecke geforderten Höchstwerte von 1000 Keimen pro ml Wasser. Anhand der Fäkalindikatoren konnte eine sehr geringe fäkale Verschmutzung des Sees nachgewiesen werden. Der Bachzulauf wies eine mäßige organische und fäkale Verunreinigung auf. Die im See und im Zubringerbach beobachteten Kenndaten entsprechen zur Zeit der Probenahme den Anforderungen an Badegewässer und ihrer oberirdischen Zuflüsse gemäß ÖNORM M 6230.

5. Ritzinger See

5.1 Limnologischer Zustand

Im Spätsommer 1979 charakterisierten 1,25 m Sichttiefe, 17,0°C und 10,4 mg O₂/l (113 % Sättigung) an der Oberfläche sowie 15,0°C und 1,6 mg O₂/l (17 % Sättigung) in der Tiefe die Gegebenheiten des Badesees, eine Spruchschicht war zwischen 2 und 3 m Tiefe ausgebildet.

Die Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen waren als hoch zu bezeichnen, BSB₅-, COD-, und TOC - Werte zeigten eine leicht erhöhte Situation der organischen Belastung an.

6. Burger See

6.1 Limnologischer Zustand

Zur Untersuchungszeit wurde die Sichttiefe mit 1,5 m bestimmt. An der Oberfläche betrug die Temperatur $16,5^{\circ}\text{C}$ und der Sauerstoffgehalt $12,0\text{ mg/l}$ (129 % Sättigung). In der Tiefe von 2,6 m wurde bei gleicher Temperatur $11,0\text{ mg O}_2$ (118 % Sättigung) analysiert. Infolge der geringen Seetiefe zeigten sowohl Temperatur - wie auch Sauerstoffkurve orthograden Verlauf, eine Sprungschicht, wie bei den anderen Badeseen konnte sich nicht ausbilden; ständige windbedingte Durchmischung dürfte bei diesem Gewässer die Regel sein.

Der chemische Zustand des Sees wurde durch relativ hohe Werte der Phosphor- und Stickstoffverbindungen wie auch der organischen Summenparameter charakterisiert.

Im freien Wasser wurde eine Wasserblüte, verursacht durch die Netzblualge (*Microcystis aeruginosa*) festgestellt. Auch Feualgen (z.B. *Ceratium hirundinella*), Kiesel- (z.B. *Synedra ulna*) und Grünalgen (z.B. *Pediastrum duplex*) traten sehr häufig auf, autotrophe Geißeltierchen (z.B. *Euglena* sp.) hingegen wurden eher nur selten gefunden. $22\ 971\text{ mg/m}^3$ Biomasse und $36,3\text{ mg/m}^3$ Chlorophyll a - Gehalt gaben Zeugnis von der hohen Produktivität des Sees. Entsprechend dem Nahrungsangebot wurde auch eine artenreiche Planktonfauna erkannt: Wurzelfüßer (*Diffflugia* sp.), Rädertiere (z.B. *Keratella quadrata*) und Krebschen (*Cyclops* sp., *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*) bildeten das Zooplankton. Köcherfliegenlarven (z.B. *Limnephilidae*), Zuckmückenlarven (z.B. *Chironomus plumosus*), Schnecken (*Radix ovata*), Egel (*Herpobdella octoculata*) und Krebschen (*Asellus aquaticus*) besiedelten den Seeboden. An höheren Wasserpflanzen wurde das Krause Laichkraut beobachtet. Im Sediment wurde Schwefelwasserstoff vorgefunden; die zum Untersuchungszeitpunkt nachgewiesenen Eutrophierungserscheinungen dürften demnach nicht nur temporärer Natur gewesen sein.

Der Badensee Burg muß wegen der biologischen und chemischen Gegebenheiten als eutroph bezeichnet werden.

Euglenoide Flagellaten (*Euglena*, *Phacus*), Feuealgen (*Peridinium* sp.) sowie Grünalgen (z.B. *Cosmarium bioculatum*) dominierten im Plankton des Gewässers, Blaualgen (z.B. *Microcystis aeruginosa*) und Kieselalgen (z.B. *Cyclotella comensis*) kamen eher selten vor. Die Biomasse betrug $17\,846\text{ mg/m}^3$, der Chlorophyll *a*- Gehalt $21,8\text{ mg/m}^3$. Neben einer sehr häufig gefundenen Wimpertierart (*Tintinnopsis lacustris*) und einer ebenso zahlreich vertretenen Rädertierart (*Keratella quadrata*) kamen auch Hüpferlinge (z.B. *Megacyclops viridis*) und Wasserflöhe (z.B. *Bosmina longirostris*) vor.

Bodenorganismen wurden nur selten beobachtet; höhere Wasserpflanzen kamen überhaupt nicht zum Vorschein und Eintagsfliegenlarven (*Caenis modesta*) wie auch Zuckmückenlarven (z.B. *Chironomus plumosus*) wurden nur sporadisch gefunden.

Grünalgen (*Haematococcus pluvialis* und *Chaetophorales*) wie auch Kieselalgen (*Amphora ovalis*, *Cymbella prostrata*, *Navicula radiosa*) wuchsen auf den Ufersteinen.

Aufgrund der biologischen und chemischen Gegebenheiten wurde der Badensee als stark mesotroph bis eutroph eingestuft.

5.2 Hygienisch-bakteriologischer Zustand

Für die hygienisch-bakteriologische Untersuchung wurden vier Wasserproben aus dem See (10 m vor der Steinmauer des Bades, 5 m vor der Mitte des Nordufers, 5 m vor der Mitte des Ostufers und 5 m vor der Mitte des Westufers) und eine Probe aus dem Kirchgrabenbach, dem Zulauf des Ritzinger Sees, ca. 50 m vor dem Überlauf entnommen.

Im See streuten die Saprophytenzahlen zwischen 150 und 630 pro ml Wasser, wobei die Keimkonzentrationen beim Einlaufturm am höchsten war. Coli- und Enterokokkenwerte indizierten eine sehr geringe bis geringe fäkale Verunreinigung.

Der Kirchgrabenbach war zur Zeit der Probenahme organisch und fäkal mäßig verunreinigt. Die Meßdaten entsprachen den Anforderungen, die gemäß ÖNORM M 6230 an Badegewässer gestellt werden.

6.2 Hygienisch-bakteriologischer Zustand

Wie bisher wurden die bakteriologischen Proben aus der Seemitte und jeweils 5 m vor der Mitte des Nord-, Ost-, Süd- und Westufers entnommen. Die Koloniezahl der saprophytischen Keime überschritt in einer der entnommenen Proben mit 1100 pro ml Wasser den in der ÖNORM M 6230 genannten Richtwert von 1000 pro ml Wasser. Die Keimkonzentrationen an den übrigen vier Stellen schwankten zwischen 90 und 270 pro ml Wasser. Die Coli- und Enterokokkenzahlen (9 bis 13 bzw. <1 bis 9 pro 100 ml Wasser) blieben weit unter der Toleranzgrenze von 100 bzw. 50 gezüchteten Kolonien pro 100 ml Wasser.

Der Burger See konnte aufgrund der bakteriologischen Daten als geeignet für den Badebetrieb angesehen werden.

7. Rechnitzer See

7.1 Limnologischer Zustand

Die Sichttiefe betrug im Spätsommer 1979 3 m. Bei 14,1°C an der Oberfläche wurden 9,7 mg Sauerstoff/l (101 % Sättigung) gemessen. In 5 m Tiefe wurde eine Temperatur von 14,0°C und ein Sauerstoffgehalt des Wassers von 9,3 mg/l (97 % Sättigung) eruiert. Wie aus den Meßwerten ersichtlich war befand sich der Rechnitzer See am Anfang einer Durchmischungsperiode; die vertikalen Profilkurven von Temperatur und Sauerstoff wiesen orthograden Verlauf auf.

Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen wie auch die Werte der COD-, TOC- und BSB₅ - Analysen waren als mittelmäßig zu bezeichnen.

Im Phytoplankton dominierten Feualgen (*Ceratium hirundinella*) und Goldalgen (*Dinobryon divergens*) während Blau- (z.B.: *Microcystis aeruginosa*), Grün- (z.B. *Scenedesmus quadricauda*) und Kieselalgen (z.B. *Asterionella formosa*) selten und in eher ausgewogenen Masseverhältnissen vorkommen. Die pflanzliche Biomasse betrug 3017 mg/m³ und der Chlorophyll a - Gehalt 5,0 mg/m³. Rädertiere (z.B. *Keratella kochlearis*) und Krebschen (z.B. *Daphnia longispina*) bildeten in eher seltenen Abundanzen das Zooplankton. Armleuchteralgen und Teichfaden sowie Zuckmücken- (z.B.: *Chironomus plumosus*), Eintagsfliegenlarven (*Ephemera danica*), Schnecken (*Viviparus viviparus*) und Krebschen (*Gammarus pulex*)

besiedelten Seeboden und Ufer. Schwefelwasserstoff im Sediment wurde lediglich nahe dem Bacheinlauf festgestellt; durch den Zufluß wurde organisches Material in den See eingebracht und löste örtlich beschränkt Anaerobie aus.

Auf den überwiegenden Teil des Badesees hatte dies jedoch kaum Einfluß. Unter Bezugnahme auf die biologischen Analysenwerte wurde das Gewässer als schwach mesotroph (mäßig erhöhter Nährstoffgehalt) eingestuft.

7.2. Hygienisch bakteriologischer Zustand.

Für die bakteriologische Untersuchung wurden Proben über der tiefsten Stelle, in der Nordecke, sowie jeweils 5 m vor der Mitte des Nordwest-, Südost - und Südwestufers entnommen.

Die Koloniezahl der aeroben, saprophytischen Keime lag in der Seemitte mit 1100 gezüchteten Kolonien pro ml Wasser über dem Grenzwert der ÖNORM. An den übrigen vier Stellen streute dieser Parameter zwischen 120 und 190 Keimen pro ml Wasser.

Coli - Enterokokkenwerte (4 bis 26 bzw. <1 bis 9 Kolonien pro 100 ml Wasser) ließen eine sehr geringe bis geringe fäkale Verunreinigung erkennen.

Der Zufluß wies eine mäßige organische und fäkale Verunreinigung auf. Die gefundenen Werte entsprechen den Anforderungen, die laut ÖNORM M 6230 an Badegewässer gestellt werden.

DISKUSSION

Bei den Restgewässern von Braunkohlentagbauen zeigten die vertikalen Temperaturkurven durchwegs klinograden Verlauf. Die Ausdehnung des jeweiligen Epilimnions schien von der Oberflächenausdehnung des entsprechenden Sees abhängig zu sein, beim Neufelder See I mit 12 m Tiefe, beim Neufelder See II mit 8 m Tiefe und beim Steinbrunner See mit 5 m Tiefe beginnend war das Metalimnion (Sprungschichte) bei allen drei Gewässern 4 bis 5 m mächtig. Auch bei den Tiefentemperaturen war eine gewisse Abstufung zu erkennen, beim Neufelder See I wurden 10⁰C, beim Neufelder See II 7⁰C und beim Steinbrunner See 4⁰C in 23 bzw. 24 m Tiefe gemessen. Sonneneinstrahlung und Beschattung, Windexposition und Wind-

Tabelle 2

Übersicht über den Chemismus der Seen (Oberflächenwerte), Maximalkonzentrationen

| See | Temp. °C | Sauerstoff mg/l | Sichttiefe m | COD mg/l | TOC mg/l | BSB mg/l | PO ₄ -P ug/l | Ges. P. ug/l | NH ₄ -N mg/l | NO ₃ -N mg/l | Kjeld.-N mg/l |
|---------------------|-------------|--------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Neufelder See I | 17,0 | 10,2 | 6,0 | 8 | 2,4 | 1,0 | 5 | 15 | 0 | 3,4 | 0,05 |
| Neufelder See II | 17,8 | 9,8 | 5,0 | 14 | 4,8 | 1,3 | 4 | 17 | 0 | 0,7 | 0,1 |
| Steinbrunner See | 17,0 | 10,0 | 3,5 | 20 | 8,2 | 1,5 | 3 | 17 | 0 | 1,0 | 0,1 |
| Forchtensteiner See | 15,6 | 13,0 | 1,5 | 9 | 2,7 | 3,3 | 28 | 52 | 0 | 0 | 0,1 |
| Ritzinger See | 17,0 | 10,4 | 1,25 | 18 | 5,0 | 2,5 | 15 | 52 | 0,05 | 0 | 0,05 |
| Burger See | 16,5 | 12,0 | 1,5 | 20 | 6,0 | 3,2 | 9 | 67 | 0,04 | 0 | 0,05 |
| Rechnitzer See | 14,1 | 9,7 | 3,0 | 8 | 2,0 | 1,4 | 7 | 30 | 0,04 | 0,4 | 0,1 |

Tabelle 3

Übersicht über die biologischen Mengenverhältnisse in den Seen (Phytoplankton)

| See | Biomasse mg/m ³ | Chlorophyll a mg/m ³ | Euphotische Zone | |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|--|
| | | | Biomasse-standing mass g/m ² | Chlorophyll a -standing mass g/m ² |
| Neufelder See I | 1 145 | 1,7 | 17,18 | 0,026 |
| Neufelder See II | 1 436 | 2,0 | 17,95 | 0,025 |
| Steinbrunner See | 3 628 | 8,1 | 31,75 | 0,071 |
| Forchtensteiner See | 30 385 | 49,8 | 113,94 | 0,187 |
| Ritzinger See | 17 846 | 21,8 | 58,00 | 0,071 |
| Burger See | 22 971 | 36,3 | 86,14 | 0,136 |
| Rechnitzer See | 3 017 | 5,0 | 22,63 | 0,038 |

Tabelle 4

Übersicht über Phytoplanktonarten in den Seen

Blualgen (Cyanophyta)

Oscillatoria sp.
Anabena spiroides
Microcystis aeruginosa

Augenflagellaten (Euglenophyta)

Euglena spp.
Phacus sp.

Feueralgen (Pyrrophyta)

Gymnodinium sp.
Peridinium sp.
Ceratium hirundinella
Rhodomonas lacustris
Cryptomonas sp.

Goldalgen (Chrysophceae)

Dinobryon cylindricum
Dinobryon divergens
Dinobryon sp.

Kieselalgen (Diatomeae)

Cyclotella comensis
Cyclotella comta
Cyclotella sp.
Synedra acus
Synedra ulna
Navicula radiosa
Navicula menisculus
Tabellaria fenestrata
Asterionella formosa
Fragilaria crotonensis
Nitzschia sigmaidea
Nitzschia sp.
Pinnularia sp.
Cymatopleura solea
Gyrosigma attenuatum
Surirella ovata

Grünalgen (Chlorophyta)

Protococcales
Scenedesmus quadricauda
Sphaerocystis schroeteri
Pediastrum duplex
Volvocales
Eudorina sp.
Chaetophora sp.
Crucigenia rectangularis
Ulothrix sp.

Jochalgen (Conjugatae)

Cosmarium bioculatum
Staurostrum paradoxum
Closterium acerosum

| | Neufelder See I | Neufelder See II | Steinbrunner See | Forchtensteiner See | Ritzinger See | Burger See | Rechnitzer See |
|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|------------|----------------|
| Oscillatoria sp. | | | + | + | | | |
| Anabena spiroides | | | | | + | | |
| Microcystis aeruginosa | | | | | + | + | + |
| Euglena spp. | | | | | + | | |
| Phacus sp. | | | | | + | | |
| Gymnodinium sp. | | | + | | | | |
| Peridinium sp. | | + | | + | + | | |
| Ceratium hirundinella | + | + | | + | | + | + |
| Rhodomonas lacustris | + | + | + | + | + | + | + |
| Cryptomonas sp. | + | + | + | + | | + | + |
| Dinobryon cylindricum | + | | | | | | |
| Dinobryon divergens | | | | | | | + |
| Dinobryon sp. | + | | | | | | |
| Cyclotella comensis | + | + | + | + | | + | + |
| Cyclotella comta | | + | | + | | + | + |
| Cyclotella sp. | | | | | + | | |
| Synedra acus | + | | | | | | |
| Synedra ulna | | | | + | + | + | + |
| Navicula radiosa | | + | | + | | + | |
| Navicula menisculus | | | | | + | | |
| Tabellaria fenestrata | | + | | | | | |
| Asterionella formosa | | | | + | | | + |
| Fragilaria crotonensis | | | + | + | | | |
| Nitzschia sigmaidea | | | | | | + | |
| Nitzschia sp. | | | + | | | | |
| Pinnularia sp. | | | | + | | | |
| Cymatopleura solea | | | | + | | + | + |
| Gyrosigma attenuatum | | | | | | | + |
| Surirella ovata | | | | | | + | |
| Protococcales | + | + | + | + | + | + | |
| Scenedesmus quadricauda | + | + | + | + | | | + |
| Sphaerocystis schroeteri | + | | | | | | |
| Pediastrum duplex | | | | + | | + | + |
| Volvocales | | | | + | + | + | + |
| Eudorina sp. | | | | | | + | |
| Chaetophora sp. | | | | | | | + |
| Crucigenia rectangularis | | | | | | | + |
| Ulothrix sp. | | | | | | | + |
| Cosmarium bioculatum | | | | + | + | | |
| Staurostrum paradoxum | | | | + | | | |
| Closterium acerosum | | | | | | | + |

Tabelle 5

Obersicht über Zooplankton-
arten in den Seen

Wurzelfüßler (Rhizopoda)

Diffflugia lobostoma

Diffflugia sp.

Wimpertiere (Ciliata)

Sphaerophyra sp.

Tintinnopsis lacustris

Rädertiere (Rotatoria)

Asplanchna priodonta

Keratella cochlearis

Keratella quadrata

Kelikottia longispina

Brachionus angularis

Brachionus sp.

Filinia sp.

Krebse (Crustacea)

Megacyclops viridis

Eucyclops sp.

Cyclops sp.

Diaptomus sp.

Daphnia pulex

Daphnia longispina

Ceriodaphnia quadrangula

Rhynchotalona rostrata

Diaphanosoma brachyurum

Bosmina longirostris

| | Neufelder See I | Neufelder See II | Steinbrunner See | Forchtensteiner See | Ritzinger See | Burger See | Rechnitzer See |
|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|------------|----------------|
| <i>Diffflugia lobostoma</i> | | | | | + | | |
| <i>Diffflugia</i> sp. | | + | | | | + | |
| <i>Sphaerophyra</i> sp. | | | | + | + | | |
| <i>Tintinnopsis lacustris</i> | | | | | + | | |
| <i>Asplanchna priodonta</i> | + | | | + | | | |
| <i>Keratella cochlearis</i> | + | | | + | | + | + |
| <i>Keratella quadrata</i> | | | | | + | + | + |
| <i>Kelikottia longispina</i> | + | | | | | | |
| <i>Brachionus angularis</i> | | | | | + | | |
| <i>Brachionus</i> sp. | | | | + | | + | |
| <i>Filinia</i> sp. | | | | + | | + | |
| <i>Megacyclops viridis</i> | | | | | + | | |
| <i>Eucyclops</i> sp. | | | | + | + | + | |
| <i>Cyclops</i> sp. | + | + | + | | | + | + |
| <i>Diaptomus</i> sp. | + | + | | | | | + |
| <i>Daphnia pulex</i> | + | | | | | | |
| <i>Daphnia longispina</i> | + | + | | | | + | + |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> | + | + | | | | + | |
| <i>Rhynchotalona rostrata</i> | + | | | | | | |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i> | | + | | | | | |
| <i>Bosmina longirostris</i> | | | | + | + | + | + |

Tabelle 6

Übersicht über Makrozoobenthos - und Makrophytobenthosarten in den Seen

Weichtiere (Mollusca)

Dreissena polymorpha
Anodonta complanata
Planorbis planorbis
Planorbis sp.
Radix ovata
Lymnea auricularia
Viviparus viviparus

Wenigborster (Oligochaeta)

Tubifex tubifex
Tubifex sp.

Egel (hirudinea)

Herpobdella octoculata

Krebse (Crustacea)

Asellus aquaticus
Carinogammarus roeselii
Gammarus pulex

Eintagsfliegen (Ephemeroptera)

Caenis modesta
Ephemera danica

Zweiflügler (Diptera)

Chironomus plumosus
 Orthoclaadiinae

Köcherfliegen (Trichoptera)

Trichoptera Spp.
 Psychomyidae

Armleuchteralgen (Characeae)

Chara sp.

Blütenpflanzen (Anthophyta)

Myriophyllum spicatum
Najas sp.
Zannichellia palustris
Potamogeton crispus

| | Neufelder See I | Neufelder See II | Steinbrunner See | Forchtensteiner See | Ritzinger See | Burger See | Rechnitzer See |
|--------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|------------|----------------|
| <i>Dreissena polymorpha</i> | + | + | | | | | |
| <i>Anodonta complanata</i> | | + | | | | | |
| <i>Planorbis planorbis</i> | | + | | | | | + |
| <i>Planorbis</i> sp. | | | + | | | | |
| <i>Radix ovata</i> | | + | + | | | + | |
| <i>Lymnea auricularia</i> | | | | | | | + |
| <i>Viviparus viviparus</i> | | | | | | | + |
| <i>Tubifex tubifex</i> | + | | + | + | | | |
| <i>Tubifex</i> sp. | | | | | | | |
| <i>Herpobdella octoculata</i> | | | | | | + | |
| <i>Asellus aquaticus</i> | | | | | | + | |
| <i>Carinogammarus roeselii</i> | + | | | | | | |
| <i>Gammarus pulex</i> | | | | | | | + |
| <i>Caenis modesta</i> | | | | | + | | |
| <i>Ephemera danica</i> | | | | | | | + |
| <i>Chironomus plumosus</i> | | | | + | + | + | + |
| Orthoclaadiinae | | | | + | | + | + |
| Trichoptera Spp. | | + | | | | + | |
| Psychomyidae | | | + | | | | |
| <i>Chara</i> sp. | + | + | | | | | |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> | | + | + | | | | |
| <i>Najas</i> sp. | | + | | | | | |
| <i>Zannichellia palustris</i> | | + | + | | | | + |
| <i>Potamogeton crispus</i> | | | | | | + | |

Tabelle 7

Übersicht über die bakteriologischen Parameter der Seen (Minima, Maxima)

| See | <u>Koloniezahlen an</u> | | |
|------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | aeroben, saprophytischen Keimen pro ml Wasser | Escherichia Coli pro 100 ml Wasser | Enterokokken pro 100 ml Wasser |
| Neufelder See I | 24 , 380 | 1 | 1 |
| Neufelder See II | 23 , 94 | 1 , 12 | 1 |
| Steinbrunner See | 78 , 550 | 1 , 4 | 1 , 2 |
| Forchtensteiner See | 110 , 1500 | 1 , 6 | 3 , 12 |
| Zulauf | 3 500 | 60 | 12 |
| Ritzinger See | 150 , 630 | 1 , 37 | 1 , 2 |
| Zulauf | 1 800 | 280 | 14 |
| Burger See | 90 , 1100 | 9 , 23 | 1 , 9 |
| Rechnitzer See | 120 , 1100 | 4 , 26 | 1 , 9 |
| Zulauf | 2 300 | 180 | 68 |
| ÖNORM M 6230 Grenzwert | | | |
| See | 1 000 | 100 | 50 |
| Zulauf | 10 000 | 1 000 | -- |

abschätzung sowie eine je nach Lage des Sees entsprechend große Beeinflussung durch den Grundwasserzustrom dürften für das Phänomen verantwortlich zu machen sein, daß bei gleichen Oberflächentemperaturen von ca. 17°C der Neufelder See I als derjenige mit dem größten Wärmehalt und der Steinbrunner See als der, mit der geringsten Wärmekapazität der drei untersuchten Gewässer zu bezeichnen war.

Bei den Ergebnissen der vertikalen Temperaturmessungen in den "Bade-stauseen" kam eine klassische Temperaturschichtung, wie bei HUTCHINSON (1957) und bei RUTTNER (1962) beschrieben kaum zum Vorschein. Beim Forchtensteiner - wie auch beim Ritzinger See waren neben dem Epilimnion wohl die Ausbildung von Sprungschichten erkennbar, kalte Tiefenzonen (Hypolimnion) mit Temperaturen um 4°C fehlten jedoch.

Über dem Seegrund wurden Temperaturen von 14°C bzw. 15°C gemessen, die mit der geringen Seetiefe (8,5 bzw. 6 m Tiefe) und der daraus resultierenden Erwärmung von der Oberfläche zu erklären sind. Der Burger See mit seiner Maximaltiefe von 2,6 m zeigte dementsprechend orthograde Form des Temperaturprofils, gemäß der NAUMANN'schen limnologischen Terminologie wäre hier die Bezeichnung "Weiher" jedenfalls zutreffender als "See". Über das Schichtungsverhalten des Rechnitzer Sees kann nichts ausgesagt werden, er befand sich zum Untersuchungszeitpunkt in Vollzirkulation, die Temperaturwerte von Oberfläche und Tiefe waren ident.

Vergleicht man die untersuchten Seen miteinander so trat in allen Oberflächenproben eine Sauerstoffübersättigung auf, die im Forchtensteiner See sogar fast 140 % erreichte. Übersättigungen sind eine Folge der Assimilationstätigkeit pflanzlicher Organismen und mit einer Verschiebung des pH-Wertes in den alkalischen Bereich gekoppelt. Gleichzeitig zeigen sie auch ein ausreichendes Nährstoffangebot für ein vermehrtes Pflanzenwachstum an.

Die Konzentrationen der deswegen auch als Miniumstoffe bezeichneten Stickstoff- und Phosphorverbindungen limitieren das Algenwachstum und regulieren somit die Entwicklung der Phytoplankton - Biomasse wie auch

den Chlorophyllgehalt. Ein erhöhtes Nährstoffangebot bedingt zuerst eine Steigerung der Primärproduktion, bewirkt aber sekundär wiederum einen vermehrten Sauerstoffverbrauch infolge des Absterbens und Zersetzens der Organismen. Das Absinken des abgestorbenen Materials in tiefere Schichten und sein Abbau reduzieren den Anteil an gelöstem Sauerstoff, wodurch es zu einem starken Defizit und zum Entstehen anaerober Zonen kommen kann. Die vom Spätsommer 1979 vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Seen zeigen, daß zur Zeit der Probennahme zwar an der Oberfläche genügend gelöster Sauerstoff, über Grund aber manchmal nur sehr wenig vorhanden war.

Nachstehend angeführte Tabelle 8 zeigt den entsprechenden Sauerstoffgehalt in Prozent des Sättigungswertes von Oberflächen, 3 m Tiefe und knapp über Gewässergrund:

| See | <u>Sauerstoffgehalt in % des Sättigungswertes</u> | | | |
|---------------------|---|-----------|----------|-------|
| | Oberfläche | 3 m Tiefe | Seegrund | Z m |
| Neufelder See I | 113 | 103 | 36 | 23 m |
| Neufelder See II | 109 | 106 | 2,6 | 24 m |
| Steinbrunner See | 108 | 96 | 2,4 | 24 m |
| Forchtensteiner See | 138 | 105 | 37 | 8,5 m |
| Ritzinger See | 113 | 85 | 17 | 6 m |
| Burger See | 129 | --- | 118 | 2,6 m |
| Rechnitzer See | 101 | 93 | 97 | 5,4 m |

Beim Burger See kann es wegen seiner geringen Tiefe kaum zur Ausbildung einer Temperaturschichtung kommen. Als Folge des gleichförmigen Temperaturprofils trat zum Untersuchungszeitpunkt auch noch unmittelbar über Grund eine Sauerstoffübersättigung auf, wie aus der Aufstellung erkennbar ist. Als am Beginn der Durchmischung und somit am Ende einer Stagnationsperiode stehend war der Rechnitzer See anzusehen. Der geringen Temperatur- und Sauerstoffdifferenzen zwischen Oberfläche und Tiefe wegen wurde der Beginn einer Vollzirkulation festgestellt. Noch keinerlei Anzeichen von

Durchmischung zeigte der Ritzinger See, in dem auch der Sauerstoffgehalt noch eine deutliche Schichtung erkennen ließ. Schichtungsbedingte Abnahmen von Temperatur und Sauerstoff waren ebenfalls im Forchtensteiner -, Neufelder See I und II sowie im Steinbrunner See festzustellen. Es muß aber an dieser Stelle bemerkt werden, daß bei den relativ tiefen Restgewässern des Braunkohlentagbaues mit einer anhaltenden, das Sommerhalbjahr über andauernden Schichtung, bei den relativ seichten Badestauseen hingegen mit einer nur während ausgesprochener Schönwetterperioden vorhandenen Schichtung gerechnet werden kann.

Vergleicht man die in 3 m Tiefe gefundenen Sättigungswerte des Sauerstoffes (siehe Tab. 8) mit der in ÖNORM M 6230 "Anforderungen an die Beschaffenheit von Badegewässern" geforderten Mindestsättigungsrate von 60 % so erscheinen alle untersuchten Seen im Hinblick auf die Versorgung mit Sauerstoff als Badegewässer durchaus geeignet.

Der Anteil der Phosphorverbindungen war in den Neufelderseen I und II sowie im Steinbrunner See relativ gering, mit Ausnahme des Rechnitzer Sees zeigten sich in den Badestauseen hingegen recht hohe Werte. Entsprechend den biologischen Gegebenheiten spiegelten auch die Phosphorgehalte den jeweiligen Trophiezustand der Gewässer wider. Stickstoffverbindungen waren durchwegs nur in relativ geringen Konzentrationen vorhanden und besaßen für die Gütereinstufung nur geringe Relevanz. Unter alleiniger Heranziehung der analysierten Summenparameter wie dem Biochemischen Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen (BSB_5), der chemischen Oxidierbarkeit mittels Kaliumdichromat (COD) und dem gesamten organischen Kohlenstoff (TOC) waren der Rechnitzer See, der Neufelder See I und der Neufelder See II am günstigsten zu bewerten.

Sie hatten die niedrigsten Werte für TOC und COD sowie auch einen geringen BSB_5 . Relativ große Anteile für den COD wurden im Burger See und im Steinbrunner See gefunden, mit denen vor allem die Ergebnisse für den TOC sehr gut korrespondierten. Die Werte für den Forchtensteiner See und

den Ritzinger See lagen zwischen den beiden vorher genannten Gruppen. Aufgrund der organischen Belastung ergab sich, daß der Rechnitzer See als am wenigsten verunreinigt angesehen werden. Ebenfalls organisch nicht stark belastet war der Neufelder See I zu bezeichnen. In der Reihung folgten der Neufelder See II und der Ritzinger See. Am schlechtesten, also am relativ stärksten organisch verunreinigt erwiesen sich aufgrund der chemischen Ergebnisse der Steinbrunner- und der Burger See. Beim Vergleich dieser Reihung mit jener durch die biologischen Untersuchungen sowie die Phosphoranalysen zustandgekommenen Beurteilung des Trophiezustandes werden Differenzen deutlich, die allerdings erst anhand periodischer Untersuchungen zufriedenstellend erklärt werden könnten.

Abschließend wird bemerkt, daß mit Ausnahme der Phosphorkonzentrationen im Forchtensteiner-, Ritzinger- und Burger See keine, der in ÖNORM M 6230 genannten Parametergrenzen für chemische Wasserinhaltsstoffe in irgendeinem der untersuchten Seen zum Untersuchungszeitpunkt überschritten worden war.

In den Restgewässern des Braunkohlentagbaues wurden durchwegs gute Sichttiefen festgestellt, (6 m, 5m und 3,5 m) bei den Badestauseen war lediglich der Rechnitzer See als zufriedenstellend zu bezeichnen. (3m). Forchtensteiner - und Burger See lagen mit 1,5 m Sichttiefe genau an der Grenze, die in ÖNORM M 6230 als gerade noch zulässig für den Badebetrieb empfohlen wird; die große Dichte des Phytoplanktons verursachte bei beiden Seen die hohe Lichtabsorption. Allein der Ritzinger See würde gemäß ÖNORM M 6230 infolge der 1,25 m - Sichttiefe nicht mehr zum Baden geeignet erscheinen; die Trübe des Wassers wurde hier nicht ausschließlich durch biologische Gegebenheiten verursacht.

Entsprechend der Jahreszeit traten in allen Seen Fucalgen (Ceratium, Peridinium, Rhodomonas und Cryptomonas) im Phytoplankton auf und dominierten fast überall im freien Wasser.

In eher geringen Abundanzen kamen ebenfalls in fast allen der untersuchten Gewässer protococcale Grünalgen vor, desgleichen wurde die

Grünalge *Scenedesmus quadricauda* mit Ausnahme von Ritzinger - und Burger See überall nachgewiesen. Blaualgen, Augenflagellaten, Gold-, Kiesel- und Jochalgen bestimmten vereinzelt das Bild der planktischen Biozönose.

Besonders erwähnenswert ist das Auftreten der Wasserblüte im Burger See, die von der Blaualge *Microcystis aeruginosa* verursacht worden war. Die Jochalge *Cosmarium bioculatum* dominierte im Forchtensteiner See und bildete dort das Hauptgewicht der Biomasse. Zooplankton trat bei keinem der Restgewässer des Braunkohlentagebaues mengenmäßig besonders hervor. Von den planktischen Protozoen muß die gehäusetragende Wimpertierart *Tintinnopsis lacustris* hervorgehoben werden, die im Ritzinger See in relativ großen Abundanzen beobachtet werden konnte. *Keratella cochlearis* und/oder *Keratella quadrata*, Rädertiere, waren in allen Badestauseen in mittlerer bis großer Häufigkeit nachgewiesen worden, kamen aber auch mit geringen Individuenzahlen im Neufelder See I vor. Copepoden besiedelten alle untersuchten Gewässer, Arten konnten wegen des Vorherrschens von Entwicklungsstadien jedoch nur selten bestimmt werden. Die Phyllopoden *Daphnia longispina* und *Ceriodaphnia quadrangula* bildeten im freien Wasser beider Neufelder Seen und im Burger See die Hauptmasse des Zooplanktons, die erstgenannte Art dominierte auch im Rechnitzer See. Ausschließlich in den Badestauseen wurde zum Untersuchungszeitpunkt *Bosmina longirostris* beobachtet.

Die quantitativen Parameter Biomasse und Chlorophyllgehalt bildeten zusammen mit der Artenzusammensetzung der jeweiligen Biozönose Grundlage für die limnologische Beurteilung des entsprechenden Gewässers. Quantitäten des Phytoplanktons wurden sowohl als Konzentration pro Liter wie auch als "standing mass" d.h. als Biomasse bzw. Chlorophyllgehalt der Euphotischen Zone unter einem Quadratmeter der Oberfläche berücksichtigt. Die Einstufung erfolgte gemäß VOLLENWEIDER's (1979) Vorschlag für Grenzwerte trophischer Kategorien - bzw. wurde die Wahrscheinlichkeitsverteilung der trophischen Kategorien VOLLENWEIDER & KERÉKES (1980) - für die Klassifikation herangezogen.

Die Restgewässer des Braunkohlentagbaues wiesen durchwegs sehr geringe bis geringe Biomasse - und Chlorophyllwerte auf und wurden dementsprechend als oligotroph bzw. oligo-bis mesotroph eingestuft. Hohe Chlorophyll-Konzentrationen und hohe "standing mass" charakterisierten hingegen die Badestauseen. Große Nährstoffeinträge bedingt durch den Badebetrieb und die zeitweiligen Dotierungen seitens der Bäche sowie zu kleine Regenerationszonen führten zu Eutrophierungserscheinungen, die sogar mit einer Wasserblüte zum Ausdruck kamen, wie es am Beispiel des Burger Sees ersichtlich war. Der Forchtensteiner-, Ritzinger- und Burger See wurden als eutroph, d.h. als mit hohem Nährstoffgehalt versehen klassifiziert. Obwohl beim Rechnitzer See Biomasse - und Chlorophyllwerte relativ niedrig waren wurde er doch als mesotroph eingestuft.

Ausschlaggebend dafür war einerseits die begonnene Vollzirkulation des Sees, die einen gewissen Verdünnungseffekt der Abundanzen der Planktonorganismen in der euphotischen Zone bewirkt haben dürfte und andererseits die im Sedimentbereich gefundene Anaerobie (Auftreten von Schwefelwasserstoff).

Bei der Beurteilung der Eignung von Gewässern für Badezwecke fanden zwei Gesichtspunkte Berücksichtigung: Einerseits wurde das Infektionsrisiko mit pathogenen Organismen und andererseits der Erholungswert des Gewässers, der bereits durch organoleptisch feststellbare Mängel beeinträchtigt sein kann, festgestellt. Als Beurteilungsgrundlage für die Badeeignung diente vor allem die ÖNORM M 6230, das Schwergewicht wurde auf hygienisch - bakteriologische Parameter gelegt.

Die Koloniezahlen der aeroben, saprophytischen Bakterien sowie die Koloniezahlen von *Escherichia coli* und Enterokokken entsprachen in den drei untersuchten Restgewässern des Braunkohlentagbaues (Neufelder See I und Neufelder See II - sowie Steinbrunner See) den Anforderungen gemäß ÖNORM M 6230. Auch die biologischen (Phytoplanktonbiomasse) und physikalisch-chemischen Parameter (Sichttiefe, Sauerstoffsättigung in 3 m Tiefe, Gesamtphosphor und Ammoniumgehalt) gaben kaum Anlaß zur Beanstandung aus hygienischer Sicht.

Wie aus der Tabelle 7 ersichtlich ist, wiesen die Badestauseen mit Ausnahme des Rechnitzer Sees eine durchwegs schlechtere Qualität auf als die Restgewässer des Braunkohlentagbaues.

Alle bakteriologischen Parameter entsprachen jedoch im großen und ganzen den einschlägigen Normbestimmungen. Die Coli- und Enterokokkenzahlen zeigten eine nur geringe fäkale Belastung der Badestauseen an. Im Forchtensteiner-, Burger- und Rechnitzer See überstiegen in einer von jeweils 5 Stichproben die Koloniezahlen der aeroben, saprophytischen Keime den Grenzwert von 1000/ml Wasser. In 20 % der Proben kann jedoch dieser, in der ÖNORM M 6230 festgelegte Richtwert etwas überschritten werden. Aus hygienischer Sicht waren im Ritzinger Badestausee die Sichttiefe (1,25 m) und im Burger Badestausee die Blaualgenwasserblüte als beeinträchtigend für den Badebetrieb anzusehen.

Als Verunreinigungsquellen spielen für die Badestauseen neben den Badegästen selbst und den oberflächlichen Einschwemmungen besonders die qualitative Beschaffenheit der Zubringer eine entsprechende Rolle. Die für die Dotation der Badestauseen vorgesehenen Bäche des Forchtensteiner-, Ritzinger- und Rechnitzer Sees waren zum Untersuchungszeitpunkt organisch und fäkal belastet.

Die bakteriologisch - hygienischen Parameter entsprechen zwar den Anforderungen gemäß ÖNORM M 6230, in Anbetracht der oft zu geringen Oberflächen - und Tiefenerstreckung der Badestauseen muß längerfristig eine vollständige Sanierung der Zubringerbäche angestrebt werden. Die geringe Größe der Seen macht auch verstärkte Kontroll- und Reinhaltemaßnahmen erforderlich. Insbesondere ist die Einleitung von Vorflutwasser während starker Regenfälle zu vermeiden. Eine Limitierung der Besucherfrequenzen ist empfehlenswert (siehe Tabelle 9) um die anthropogene Belastung der Badestauseen in Grenzen halten zu können.

In ÖNORM M 6230 wird weiters für Badeseen eine Mindesttiefe von 3 m und eine Mindestoberfläche von 3 ha empfohlen um den hygienischen und limnologischen Anforderungen gerecht werden zu können. Desgleichen werden ein Regenerationsareal von bis zu 2/3 der Gewässeroberfläche sowie eine Wasserfläche von mindestens 20 m² pro Badegast als Richtwerte im Sinne des Gleichgewichtes zwischen Nutzung und Belastbarkeit des Gewässers angeregt. Nach HAMM (1975) werden vorübergehend allerdings auch höhere Badefrequenzen vertragen.

Die Neufelder Seen, der Steinbrunner See und der Rechnitzer See werden mit ihrer Form diesen topographischen Anforderungen vollauf gerecht. Forchtensteiner- wie auch Ritzinger See entsprechen von der Oberflächen- ausdehnung her, der Burger See von der Tiefe her nicht den Empfehlungen für die Gestaltung von Badeseen. Eine Vergrößerung des genutzten Areals gegenüber der Regenerationsfläche wirkt sich ungünstig auf die qualitative Beschaffenheit aus.

In nachstehender Tabelle wird die theoretische Mächtigkeit des für Badezwecke verwertbaren Uferstreifens für jeden der untersuchten Seen dargestellt (2/3 des Gewässers dienen dabei als Regenerationsfläche) und auch die gemäß ÖNORM M 6230 empfohlene theoretische Höchstzahl der Badegäste (bei 20 m² Wasserfläche pro Person) angegeben.

| See | Gesamt- fläche ha | Regenerations- fläche ha | Bade- fläche | Mächtigkeit des theoret. Badestreifens in m | Höchst- anzahl der Bade- gäste |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------|--|--|
| Neufelder See I | 60,86 | 40,57 | 20,29 | 81 | 10 145 |
| Neufelder See II | 10,69 | 7,13 | 3,56 | 34 | 1 780 |
| Steinbrunner See | 4,4 | 2,93 | 1,47 | 21 | 735 |
| Forchtensteiner S. | 1,7 | 1,13 | 0,57 | 14 | 285 |
| Ritzinger See | 1,44 | 0,96 | 0,48 | 13 | 240 |
| Burger See | 4,62 | 3,08 | 1,54 | 22 | 770 |
| Rechnitzer See | 3,88 | 2,599 | 1,29 | 20 | 645 |

Aus dieser Aufstellung ist erkennbar, daß die Restgewässer des Braunkohlen- tagbaues ideale Form der Seewannen bezüglich der Nutzung als Badegewässer besitzen. Die eingetragenen Nährstoffe waren, wie die limnologischen Untersuchungen im Spätsommer 1979 zeigten von den Biozoenosen gut verkraftet worden und hatten somit bei beiden Neufelder Seen keinerlei Eutrophierungs- erscheinungen hervorgerufen. Beim Steinbrunner See, der als Badewasser

in jeder Hinsicht gut geeignet ist, war jedoch bereits der anthropogene Einfluß auf das Gewässer anhand des Oligo-bis mesotrophen Zustandes erkennbar.

Beim Rechnitzer See, dessen Oberflächenausdehnung und Maximaltiefe die Anforderungen gemäß ÖNORM M 6230 übertreffen entspricht die Breite des Badestreifens etwa dem des Steinbrunner Sees und ähnlich diesem wurde auch eine mesotrophe Gewässergüte klassifiziert. Der allochthone Stoffeintrag würde dort - wie bereits gesagt - nicht nur auf dem Badebetrieb sondern vor allem auch auf den Zufluß zurückgeführt.

Die Badeseen in Forchtenstein und Ritzing weisen sehr kleine Oberflächen auf und trotz der relativ großen Tiefen schien der zivilisationsbedingte Eintrag von Nährstoffen durch die Biozönose nicht ganz verkraftet werden zu können. Der Burger See wiederum würde in puncto Seeoberfläche wohl der ÖNORM M 6230 entsprechen, besitzt aber eine zu geringe Tiefe; auch hier reagierte die Biozönose mit übermäßigen Zuwachs auf die Nährstoffzufuhr.

Unter der Annahme, daß alle untersuchten Seen proportional etwa gleichstark durch den Badebetrieb belastet worden waren wird deutlich, daß bei Seen mit ungünstigen Oberflächen- und Tiefenrelationen die limnischen Biozönosen die eingetragenen Stoffe schlechter verwerten bzw. die auch durch etwaige Zubringer eingebrachten Nährstoffe eliminieren als dies bei idealen Seewannen der Fall ist.

Die optische Tiefe eines Sees ist eine Funktion von Oberflächenausdehnung und Windexposition. Seen ertragen allgemein gesehen allochthone Belastungen umso besser, je tiefer sie sind (HAMM 1975).

Die Möglichkeit die stehenden Gewässer zu durchströmen und Wasser abzulassen ist bei allen untersuchten Badeseen gegeben. Eine gute Qualität der Zuflüßbäche vorausgesetzt kann mit dieser Maßnahme nicht nur der Verdunstungsverlust ergänzt sondern auch die Gewässergüte des jeweiligen Sees verbessert werden. Entsprechend der ungünstigen topographischen Situation der zuletzt erwähnten Badeseen erscheint diese Maßnahme nach erfolgter Sanierung der Zuflüsse bei Überdüngung mit Nährstoffen (organoleptisch kenntlich an der abnehmenden Sichttiefe bzw. an der intensiveren Grünfärbung des Wassers) durchaus notwendig, um zumindest eine mesotrophe Situation, zu gewährleisten. HAMM (1975) führt in

seiner Veröffentlichung "Chemisch - biologische Gewässeruntersuchungen an Kleinseen und Baggerseen im Großraum München im Hinblick auf die Bade- und Erholungsfunktion" an , daß auch schnellwachsende Planktonpopulationen schon bei einer mittleren hydraulischen Verweilzeit von weniger als einem Tag ausgewaschen werden.

Bei nährstoffärmeren Baggerseen aber kann nach HAMM die Verweilzeit länger - ca. 5 Tage - sein. Diese Verlängerung ändert aber, wie weiter ausgeführt wird, nichts daran, daß solche kurze Verweilzeiten bei den Seen, denen meist kühles Grund- oder Oberflächenwasser zufließt, eine solche Abkühlung mit sich bringen würden, daß sie als Badeseen unbrauchbar werden. Aus dem Vergleich der warmen mit besonders kühlen Seen des Gebietes Großraum München ergibt sich, daß die Grenze von rund 20°C Sommertemperatur bei den entsprechenden klimatischen Verhältnissen bei einer Verweilzeit zwischen 10 und 20 Tagen liegen dürfte.

Ferner gibt HAMM zu bedenken, daß eine Zuflußvergrößerung, wie gelegentlich bei eutrophierten Badeseen als Gegenmaßnahme diskutiert eine potentielle Erhöhung der Nährstoffbelastung bedeutet. Einige der im Großraum München untersuchten Badeseen entsprechen in ihrer Größe den burgenländischen Badeseen. Die für die Durchstörung bzw. Verweilzeit gewonnenen und in der Literatur angeführten Erkenntnisse könnten nach vollständiger Sanierung der Zuflüsse auch auf die heimischen Badeseen angewandt werden. Das dadurch verursachte Problem der Abkühlung des Badewassers müßte aber empirisch für jeden See gesondert gelöst werden.

Zusammenfassung

Im Spätsommer 1979 wurden drei Restgewässer von Braunkohlentagebauen (Neufelder See I, Neufelder See II und Steinbrunner See) sowie vier Badestauseen (Forchtensteiner See, Ritzinger See, Burger See und Rechnitzer See) untersucht. Während sich die zustandsbezogene limnologische Einstufung an den physikalischen, chemischen und biologischen Gegebenheiten orientierte, wurde mit der nutzungsbezogenen - bakteriologisch hygienischen Beurteilung die Eignung der Seen als Badegewässer überprüft und

die vorgefundene Situation mit den Anforderungen gemäß ÖNORM M 6230 verglichen.

Der Neufelder See I und der Neufelder See II wurden oligotroph, der Steinbrunner See als oligo- bis mesotroph eingestuft. Alle drei Seen wurden zum Untersuchungszeitpunkt als geeignet für Badezwecke beurteilt. Der Forchtensteiner See und der Burger See wiesen Kennzeichen der Eutrophie auf, der Ritzinger See wurde als meso- bis eutroph bezeichnet und der Rechnitzer See zeigte mesotrophe Verhältnisse an. Aufgrund ihrer bakteriologischen Eigenschaften wurden die Badestauseen als noch geeignet für Badezwecke eingestuft.

L i t e r a t u r

- GILCREAS, F. W., EDWARDS, G.P. and TARAS, M.J. ed.: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th edition
APHA - AWWA - WPCF, American Public Association
1015 Eighteenth Street NW, Washington DC 20036
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung 1981
Verlag Chemie Weinheim
- HAMM, A., 1975: Chemisch biologische Gewässeruntersuchungen an Kleinseen und Baggerseen im Großraum von München im Hinblick auf die Bade- und Erholungsfunktion
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 26
- HAVEMEISTER, G., 1981: Gütekriterien für Badegewässer (Erfahrungen mit der Anwendung der EG-Richtlinien über die Qualität der Badegewässer)
Kongressvorträge, Wasser Berlin,
Colloquium-Verlag Otto H.Hess
- HUTCHINSON, G.,E., 1957: A treatise on limnology 1:1 - 1015
Geography, Physics and Chemistry
John Wiley an Son Inc. New York; Chapman an Hall Ltd. London
- KOHL, W., 1975: Badegewässer, Ursachen ihrer Beeinträchtigung - Maßnahmen zu ihrer Erhaltung
Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, Bericht über das 114. und 115. Vereinsjahr 1973/74 und 1974/75
- ÖNORM M 6230: "Anforderungen an die Beschaffenheit von Badegewässern"
Österr. Normungsinstitut
- QUENTIN, K.,E., 1981: Nutzungsbedingter Wasserkreislauf und nutzungsbezogene Wassergüte - Zusammenhänge und Folgerungen.
Kongressvorträge, Wasser Berlin 1981 Colloquium-Verlag Otto H. Hess Berlin 1981
Richtlinien des Rates für die Qualität der Badegewässer
Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L 31 1976

- RUTTNER, F., 1962: Grundriß der Limnologie
Walter de Guyter, Berlin
- SAMPL, H., 1978: Zur Morphometrie des Hafner Sees
Carinthia II 168/88 : 431 - 433
- SCHAFÉ, J., 1952: Über die Form und Größe des Wirkbereiches bei
Echolotungen Fischereiwelt 2 : 3 pp
- " 1964: Besonderheiten bei Echolotungen über unebenen
Grund
Fischereiwelt 7 : 4pp
- SCHRÖDER, R. u. H. SCHRÖDER, 1964: On the use of the echo sounder in
lake investigations
Mem.Ist.Ital.Idrobiol. 17: 164 - 188
- SCHULZ, N., 1975: Eine verbesserte Tiefenkarte des Ossiacher Sees
Carinthia II 165/88 159 - 163
- " 1978: Das Einzugsgebiet des Keutschacher Sees (Kärnten -
Österreich) mit Hilfe eines Echographen
Carinthia II 166/ 86 463 - 466
- SCHULZ, L., 1976: Neuauslotung des Wörthersees (Kärnten - Österreich)
mit Hilfe eines Echographen
Carinthia II 166/86 463 - 466
- STUNDL, K., 1937: Chemisch - biologische Untersuchungen des neu ent-
standenen Sees bei Neufeld an der Leitha im Burgen-
land
Int.Revue ges.Hydrobiologie 34: 24-42
- VOLLENWEIDER, R.A., 1979: OECD Cooperative Programme on Eutrophication
Condensed Summary Report
- VOLLENWEIDER R.A. u. J.J. KERKES: OECD Cooperative Programme on Monitoring
of Inland Waters (Eutrophication Control)
Synthesis Report

Wasserwirtschaftskataster: Bundesanstalt für Wassergüte:
"Empfehlungen für die Basisuntersuchungen österreichischer
Seen".