

Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege

Laufen/Salzach

**Beiheft 6**  
zu den  
Berichten

**ANL**

---

**Ökologische  
Untersuchungen an  
südbayerischen Seen**





## **Beiheft 6**

**zu den Berichten der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege**

---

### **Ökologische Untersuchungen an südbayerischen Seen**

**Arnulf Melzer  
Raimund Harlacher  
Elise Vogt**

**Verbreitung und Ökologie  
makrophytischer Wasserpflanzen  
in 50 bayerischen Seen**

**Günther Michler**

**Temperatur- und Sauerstoffmessungen  
an 32 südbayerischen Seen zur Zeit  
der Homothermiephase im Frühjahr  
1984 und zur Sommerstagnation im  
August 1984**

---

**Herausgeber:**

**Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege  
D - 8229 Laufen/Salzach · Postfach 1261 · Telefon 0 86 82/70 97**

**1987**

Beiheft 6

zu den Berichten der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 1987

ISSN 0720 – 9436

ISBN 3 – 924374 – 30 – 9

---

Schifftleitung: Dr. Notker Mallach

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen – auch auszugsweise – aus den Veröffentlichungen der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

**Inhalt**

Seite

---

Verbreitung und Ökologie makrophytischer Wasserpflanzen in 50 bayerischen Seen	A. Melzer, R. Harlacher und E. Vogt	5-144
Temperatur- und Sauerstoff- messungen an 32 südbayerischen Seen zur Zeit der Homothermie- phase im Frühjahr 1984 und zur Sommerstagnation im August 1984	G. Michler	145-166
Glossar	A. Melzer, R. Harlacher und E. Vogt	167-171

---

# Verbreitung und Ökologie makrophytischer Wasserpflanzen in 50 bayerischen Seen

Arnulf Melzer, Raimund Harlacher und Elise Vogt

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>Einleitung</b>	5
<b>Kartierungsmethode</b>	6
<b>Die untersuchten Seen:</b>	
1. Der Alatsee	6
2. Der Alpsee	11
3. Der Attlesee	15
4. Der Badersee	17
5. Der Bannwaldsee	18
6. Der Brunnensee	26
7. Die Eggstätt - Hemhofer - Seenplatte	29
Der Langbürgner See	45
Der Schloßsee	46
Der Kautsee	47
Der Hartsee	47
Der Pelhamer See	48
Der Kesselsee	49
Der Einbessee	50
8. Der Eibsee	51
9. Der Elb- oder Aitranger See	52
10. Der Eschacher Weiher	56
11. Der Ferchensee	60
12. Der Griessee	64
13. Der Hofstätter See	64
14. Der Klosterseeoner See	68
15. Der Lautersee	73
16. Der Luttensee	76
17. Der Notzenweiher	77
18. Der Öschle- oder Sulzberger See	81
19. Die Osterseen	86
(Ameisensee, Bräuhaussee, Eishaussee, Fischkaltersee, Fohnsee, Forchensee, Gartensee, Gröbensee, Großer Ostersee, Herrensee, Lustsee, Östl. Breitenauersee, Schiffhüttensee, Sengsee, Stechsee, Ursee, Waschsee, Westl. Breitenauersee, Wolfelsee)	
20. Der Rießersee	121
21. Der Schwaigsee	121
22. Der Schwansee	126
23. Der Soierer- oder Bayersoierer See	129
24. Der Spitzingsee	132
25. Der Thumsee	135
26. Der Wildensee	138
<b>Zusammenfassung</b>	141
Abstract	142
<b>Danksagung</b>	143
<b>Literaturverzeichnis</b>	143

## Einleitung

Obwohl Bayern für seinen Seenreichtum bekannt ist, und gerade die Seen seit langem ein beliebtes Erholungsziel darstellen, wurde erst in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten mit intensiven wissenschaftlichen Untersuchungen zur Limnologie dieser Gewässer begonnen. So liegen heute z. B. detaillierte Ergebnisse über den Waginger-Tachinger See (NÄHER et al. 1974), den Schlier- und Tegernsee (HAMM 1976) den Alat-, Alp-, Bannwald-, Hopfen-, Schwan- und Weissensee (FRÖBRICH et al. 1977), den Ammersee (STEINBERG 1978), den Starnberger See (STEINBERG u. LENHART 1982) und den Kochelsee (HAMM 1982) vor.

Anlaß für solche Erhebungen war häufig eine stark zunehmende Gewässerbelastung. Aber sie sollten z. T. auch dazu dienen, die Auswirkungen bereits durchgeführter Sanierungsmaßnahmen zu belegen. Bei einigen der erwähnten Arbeiten hat man auch die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen erfaßt. Das ist insofern von Bedeutung, als man weiß, daß sich bestimmte Wasserpflanzen als sog. Bioindikatoren sehr gut eignen, d. h. ihr Vorkommen korreliert eng mit bestimmten chemisch-physikalischen Eigenschaften des Wassers und man kann daher aus dem Verbreitungsbild der Arten auf den Gewässerzustand rückschließen. In Bayern wurden diese Zusammenhänge, auf die man zuerst in Skandinavien hinwies (vgl. z. B. FORSBERG 1964, SUOMINEN 1968, UOTILA 1971), anfänglich an Fließgewässern überprüft und belegt (KOHLER et al. 1973). Mit der Untersuchung der Osterseen und Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte (MELZER 1976) erfolgte dann eine Ausweitung dieser Arbeitsrichtung auf bayerische Seen. In der Folge setzte MELZER mit seinen Mitarbeitern entsprechende Erhebungen an weiteren Fließ- vor allem aber Stillgewässern fort. So liegen heute z. B. für den Starnberger See (MELZER u. HERRMANN 1980, MELZER 1981) den Königssee (MELZER et al. 1981), 13 Seen und Weiher im Landkreis Ebersberg (MELZER u. REDSLOB 1981) und die beiden Arberseen im Bayerischen Wald (MELZER u. ROTHMEYER 1983) genaue Kenntnisse über Verbreitung und Ökologie der jeweils vorkommenden Wasserpflanzen vor.

Intensiviert wurden diese Untersuchungen durch ein vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gefördertes Forschungsprogramm, das u. a. die Kartierung der Makrophytenvegetation von 17 bayerischen Seen beinhaltete. In den hier vorliegenden Bericht wurden dabei die Kartierungsergebnisse von 15 dieser Seen mit aufgenommen. Da wir an allen 50 Seen, die im folgenden abgehandelt werden, nicht ausschließlich die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen ermittelten, sondern auch noch chemisch-physikalische Untersuchungen der Gewässer durchführten, konnten wir wichtige ökologische Zusammenhänge aufdecken. Dieser Bericht liefert daher verschiedene Informationen. Er dokumentiert, welches Arteninventar die einzelnen Seen im Untersuchungszeitraum aufwiesen und in welcher Häufigkeit die einzelnen Arten dabei vorkamen. Außerdem gibt er Auskunft über die Vergesellschaftung von Arten, deren Tiefenpräferenz, ihre Gefährdung durch den Bade- und Erholungsverkehr und ihre Bedeutung als Indika-

torpflanzen. Auch wenn unsere chemisch-physikalischen Analysen nur als Stichprobenuntersuchungen anzusehen sind, vermittelt der Bericht nach unserer Meinung zusätzlich wichtige Hinweise zum Gütezustand der jeweiligen Seen. Von vielen Gewässern, über die hier berichtet wird, fehlt nämlich nicht nur eine hydrobotanische Bestandsaufnahme, sondern es wurden auch noch keine entsprechenden wasserchemischen Untersuchungen durchgeführt. Überraschungen ergaben sich dabei sowohl im Fall der Pflanzenkartierung als auch bei den von uns durchgeführten Wasseranalysen. Im Text wird darauf hingewiesen, welche Seen sich durch auffällige Ergebnisse von den anderen deutlich unterscheiden, und an welchen sich lohnende Zusatzuntersuchungen anbieten würden.

Mit dem hier vorliegenden Bericht wollen wir verschiedene Personenkreise ansprechen. Neben Wissenschaftlern und Fachleuten der Wasserwirtschaftsverwaltung und der Naturschutzbehörden richtet er sich auch an Kommunalpolitiker sowie alle diejenigen, die sich für unsere Gewässer interessieren und denen ihr Schutz und ihre Erhaltung am Herzen liegen. Wie groß dieses Interesse an wissenschaftlichen Informationen ist, konnten wir während unserer Geländearbeiten immer wieder feststellen, und wir wollen hervorheben, wie sehr unsere Arbeit dabei durch die Unterstützung interessierter Personen erleichtert wurde.

Bei der Erläuterung unserer Kartierungs- und Analyseergebnisse sind wir nach einem festen, sich wiederholenden Schema vorgegangen, um einen Leitfaden an die Hand zu geben, der das Zurechtfinden im Text erleichtern und ein einfaches Vergleichen der Seen ermöglichen soll. Allgemeinen Angaben über die Seen folgen dabei solche zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen. Danach wird eine Erläuterung der Vegetationsverhältnisse vorgenommen, wobei eine Gliederung in Artenliste, Beschreibung und Verbreitungskarten erfolgte. In den Fällen, in denen uns ältere Angaben zur Verbreitung von makrophytischen Wasserpflanzen zur Verfügung standen, schließt sich ein Vergleich mit unseren Ergebnissen an.

Lediglich an den Osterseen wichen wir von diesem Schema geringfügig ab. Dort wurden nicht die Vegetationsverhältnisse für jeden See einzeln, sondern für die gesamte Seengruppe vergleichend erläutert. In diese Erläuterungen schlossen wir auch gleichzeitig die Gegenüberstellung zu den Kartierungsergebnissen von MELZER (1976) ein.

Eine statistische Analyse möglicherweise bestehender Korrelationen zwischen verschiedenen chemisch-physikalischen Parametern sowie zwischen diesen und dem Vorkommen bestimmter Wasserpflanzen werden wir an anderer Stelle veröffentlichen.

Bei der Fülle des vorliegenden Materials und der darin enthaltenen Informationen war es unumgänglich, eine ganze Reihe von Fachausdrücken zu verwenden. Um den Bericht für Laien trotzdem verständlich zu machen, sind wir dem Vorschlag des Herausgebers gerne gefolgt, die wichtigsten Fachausdrücke in Form eines Glossars näher zu erläutern. Dieses befindet sich am Ende dieser Broschüre. Wir haben diese Erläuterungen besonders ausführlich vorgenommen, um den Zugang zum Inhalt tatsächlich jedem zu ermöglichen.

## Kartierungsmethode

Bei Untersuchungen der Makrophytenvegetation von Seen hängt die Vollständigkeit und Genauigkeit der Ergebnisse in besonderem Maße von der Kartierungsmethode ab. Man muß bedenken, daß es z. B. schon große Schwierigkeiten bereitet, an die Wasserpflanzen überhaupt heranzukommen. Bei Bestandsaufnahmen der Landvegetation spielt dieser Umstand dagegen nur an Extremstandorten eine Rolle. Zur genauen Erfassung der submersen Vegetation ist es daher unumgänglich zu tauchen. Eine Kartierung mit mechanischen Entnahmegewerken kann nie vollständige Ergebnisse liefern. Dabei werden seltene Arten leicht übersehen und vor allem kann über die Häufigkeit der vorkommenden Arten keine sichere Aussage getroffen werden. Luftbilder können zwar eine wertvolle Hilfe beim Auffinden und Abgrenzen von Pflanzenbeständen darstellen, aber wie eigene Erfahrungen gezeigt haben, werden seltene Arten und solche Arten, die unterhalb der auf Luftbildern kenntlichen Tiefenzone der Uferbank vorkommen, nicht erfaßt. Das Tauchen ist unserer Meinung nach die einzige Methode, die die Gewähr dafür bietet, alle Arten in einem Gewässer zu finden und die Häufigkeit dieser Arten auch richtig einzuschätzen. Wegen der beschränkten Sichtverhältnisse unter Wasser ist das Auffinden von Arten dabei mit einem ungleich höheren Aufwand verbunden als an Land. Besonders transparente Seen bieten dabei zwar Vorteile, man muß aber bedenken, daß die Arten (vor allem Characeen und Wassermoose) dann auch bis in sehr große Tiefen vordringen können und sich dadurch die zu untersuchende Fläche wesentlich vergrößert. In trüben Gewässern beschränkt sich der Makrophytenbewuchs nämlich häufig auf die obersten 2-3 Tiefenmeter.

Was bei der Unterwasserkartierung im Vergleich zu entsprechenden Arbeiten an Land auch noch hinderlich ist, sind Aufwirbelungen des Sedimentes, die man beim Tauchen hervorrufft, und die die Sichtverhältnisse über längere Zeit stark herabsetzen. Es ist daher unter Wasser nahezu unmöglich, die an Land üblichen Vegetationsaufnahmen auf einer abgesteckten Probefläche durchzuführen. Daraus ergibt sich, daß eine genaue Schätzung des anteiligen Deckungsgrades der Arten in Seen nicht vorgenommen werden kann. Wir gingen daher so vor, daß wir die zu untersuchenden Gewässer in einzelne Kartierungsabschnitte unterteilten und in diesen eine kombinierte Schätzung der Häufigkeit und des Deckungsgrades vornahmen. Diese Bewertungsmethode schlugen TÜXEN u. PREISING (1942) für die Untersuchung von Sumpf- und Wasserpflanzengesellschaften vor (vgl. dazu auch MELZER 1976). Bei dieser kombinierten Schätzung wird die sog. „Pflanzenmenge“ ermittelt. Während unserer Kartierungsarbeit teilten wir uns zumeist in Dreiergruppen auf. Eine Person kartierte die Röhrichtpflanzen und die Flachwasserzone, was entweder schnorchelnd oder vom Boot aus erfolgte, und zwei Taucher untersuchten die sich anschließenden Tiefenzonen. An den meisten Seen konnten wir dadurch parallel zum Ufer arbeiten, ohne die Uferbank in Zick-Zack-Linien überschwimmen zu müssen. Das war nur bei extrem breiten Uferbänken und dort notwendig, wo die Pflanzen bis in große Gewässertiefen hinabreichten.

Die Pflanzenmenge wird in fünf Schätzstufen wiedergegeben, für die auf den Verbreitungskarten zur optischen Verdeutlichung verschiedene graphische Symbole verwendet werden. Dabei bedeuten:

- 1 = sehr selten
- 2 = selten
- 3 = verbreitet
- 4 = häufig
- 5 = sehr häufig, massenhaft

Für alle häufiger vertretenen makrophytischen Wasserpflanzen wurden Verbreitungskarten angefertigt, aus welchen sich ein recht genaues Bild von der quantitativen Bedeutung der einzelnen Arten und deren räumlicher Verteilung im Uferbereich der untersuchten Seen ablesen läßt. Für die selteneren Arten haben wir in der Artenliste vermerkt, in welchen Abschnitten (erste Zahl) und in welcher Menge (zweite Zahl) sie vorkamen. Von diesem Vorgehen wichen wir nur im Fall der Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte und der Osterseen ab, wo bei selteneren Arten nicht die Abschnittsnummer, sondern lediglich der See vermerkt wurde, in denen diese gefunden wurden.

In den Artenlisten haben wir eine Aufteilung in Röhricht-, Schwimmblatt- und untergetauchte Arten vorgenommen. Innerhalb dieser Gruppen erfolgte eine alphabetische Anordnung der Arten. Die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) wurde als sog. Wasserschweber gesondert aufgeführt. In die Artenliste haben wir auch die deutschen Namen der Pflanzen mit aufgenommen, soweit es welche gibt, für die Armleuchteralgen (*Characeae*) trifft das z. B. nicht zu.

## Die untersuchten Seen

Während der Vegetationsperioden der Jahre 1981 und 1983 wurden von uns 50 bayerische Seen kartiert, die nachfolgend alphabetisch aufgelistet werden. Die von uns bearbeiteten Seen der Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte werden dabei einzeln aufgeführt, ihre Zugehörigkeit zu dieser Seengruppe jedoch in Klammern erwähnt. Ebenfalls in Klammern werden in Abkürzungen Angaben zur Lage der Seen im entsprechenden Regierungsbezirk und Landkreis wiedergegeben.

### 1. Der Alatsee

#### 1.1 Allgemeine Angaben

Etwa 4 km westlich von Füssen liegt in 868 m über NN der 12 ha große Alatsee. Trotz dieser geringen Fläche und seines relativ kleinen Umfangs von 1,4 km erreicht der See eine Maximaltiefe von 32,1 m (BAYER. LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Die steilen Flanken der den See umgebenden Berge setzen sich unter Wasser fort, so daß schroffe Steilufer vorherrschen. Im Osten dagegen, wo der Alatsee in einer langgezogenen Bucht endet, trifft man auf einen breiteren Flachwasserbereich. Nur hier hat sich als Sediment eine weiche Kalkschlammauflage gebildet, ansonsten dominieren Uferbänke felsigen Ursprungs.

Wie die anderen Seen bei Füssen ist auch der Alatsee durch die Tätigkeit des würmeiszeitlichen Lechvorlandgletschers entstanden und wie diese stellt auch er ein Relikt des ehemaligen großen Füssener Sees dar, der im Spät- und Postglazial das gesamte Gebiet um Füssen bedeckte.



## Liste der untersuchten Seen

Name des Sees	Reg. Bez.	Landkreis
Alatsee	Schwaben	Ostallgäu
Alpsee	Schwaben	Ostallgäu
Attelsee	Schwaben	Ostallgäu
Ameisensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Badersee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Bannwaldsee	Schwaben	Ostallgäu
Bräuhäusersee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Brunnensee	Oberbayern	Traunstein
Eibsee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Einbessee (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Eishäusersee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Elb- oder Aitranger See	Schwaben	Ostallgäu
Eschacher Weiher	Schwaben	Oberallgäu
Ferchensee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Fischkaltersee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Fohnsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Forchensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Gartensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Griessee	Oberbayern	Traunstein
Gröbensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Großer Ostersee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Hartsee (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Herrensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Hofstätter See	Oberbayern	Rosenheim
Kautsee (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Kesselsee (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Klosterseeoner See	Oberbayern	Traunstein
Langbürgner See (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Lautersee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Lustsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Luttensee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Notzenweiher	Schwaben	Oberallgäu
Öschle- od. Sulzberger See	Schwaben	Oberallgäu
Östlicher Breitenauer See (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Pelhamer See (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Rießensee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Schiffhüttensee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Schloßsee (Eggstätt-Hemhofer-Seen)	Oberbayern	Rosenheim
Schwaigsee	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Schwansee	Schwaben	Ostallgäu
Sengsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Soiener- od. Bayersoiener See	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Spitzingsee	Oberbayern	Miesbach
Stechsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Thumsee	Oberbayern	Berchtesg.-Land
Ursee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Waschsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Westlicher Breitenauersee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau
Wildensee	Oberbayern	Garmisch-Partenk.
Wolfelsee (Osterseen)	Oberbayern	Weilheim-Schongau

Der Alatsee wird überwiegend durch Grundwasser gespeist. Permanent zuströmende Oberflächenzuflüsse gibt es nicht. Mit einer durchschnittlichen Schüttung von 15 l/s entwässert der Faulenbach im Osten den See. Daraus läßt sich eine theoretische Wassererneuerungszeit von drei Jahren errechnen, wenn man das von einem Austausch ausgeschlosse-

ne Tiefenwasser dieses meromiktischen (= teilzirkulierenden) Sees unberücksichtigt läßt (FRÖB-RICH et al. 1977).

Am Alatsee herrscht ein reger Sportfischereibetrieb. Durch den Erholungsverkehr bedingte Vegetationsschäden halten sich auf Grund der extremen Ufermorphologie in Grenzen.

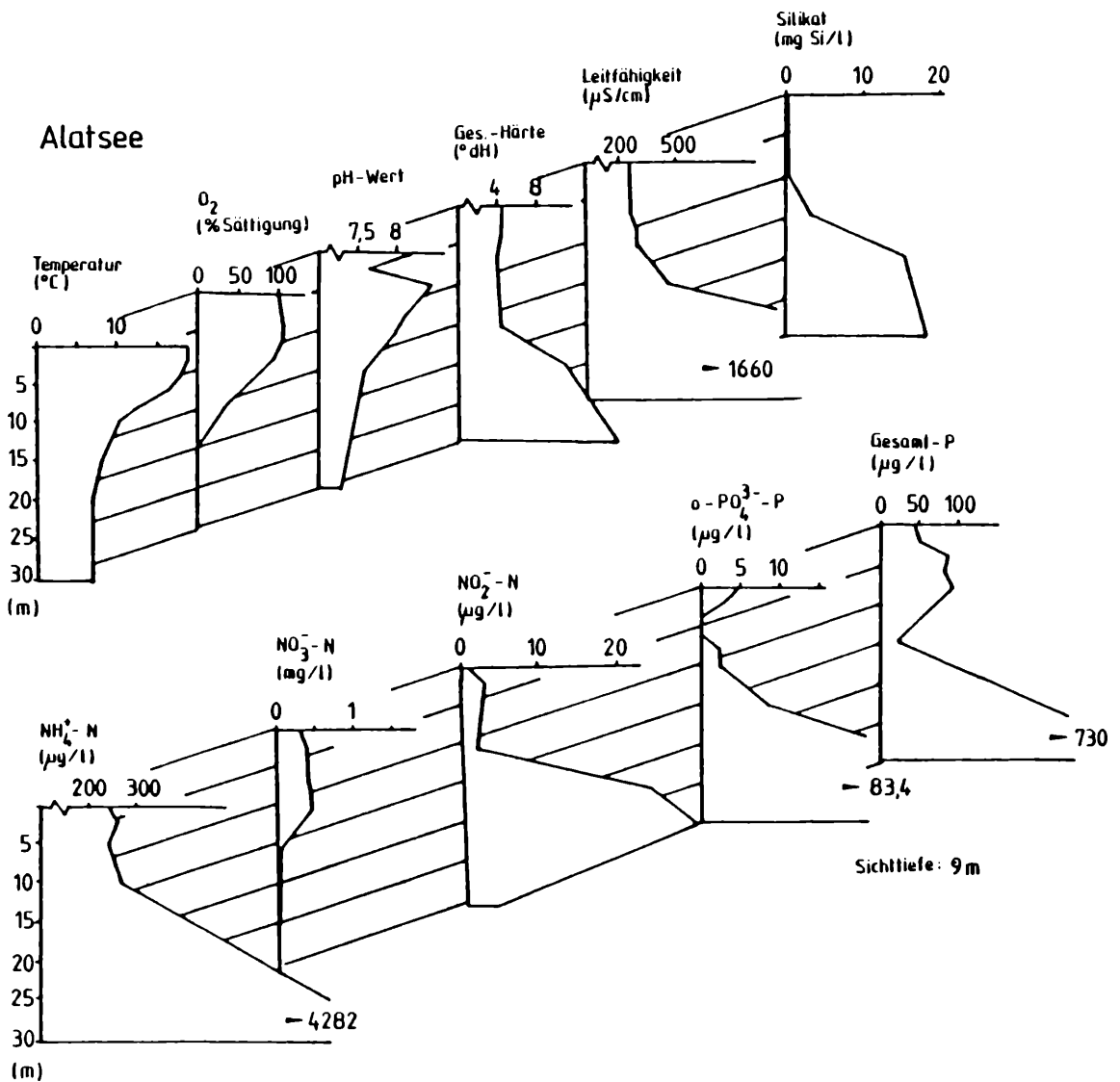


Abbildung 1

ALATSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 12.8.1981

## 1.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 1)

Der Alatsee ist ein Beispiel für einen teildurchmischten, sog. meromiktischen See. Da der bei kleiner Oberfläche sehr tiefe See von Bergen eingrahmt ist, kann bei Homothermie des Seewassers im Frühjahr und Herbst keine vollständige, windinduzierte Zirkulation stattfinden. Das von der Durchmischung ausgeschlossene Tiefenwasser (sog. Monimolimnion) weicht im Chemismus dabei deutlich vom zirkulierenden Oberflächenwasser ab. Neben einem völligen Fehlen von Sauerstoff und bakteriell reduzierbarer Ionen wie Nitrat und Sulfat, kam es im Laufe der Zeit zu einer starken Konzentrierung gelöster Gase und reduzierter Verbindungen im Tiefenwasser. Gekennzeichnet wird der Übergang zwischen durchmischtem und undurchmischtem Wasser dabei u. a. durch einen sprunghaften Anstieg der Leitfähigkeitswerte. Das ist etwa ab 15 bis 16 m Tiefe der Fall.

Gegenüber einer Frühjahrmessung im April 1981, bei der wir eine Wasserhärte von 12,5 °dGH ermittelten, lagen die Werte im Oberflächenwasser des

Sees im Sommer fast um zwei Drittel niedriger. Dafür dürften vor allem biogene Entkalkungsprozesse verantwortlich zu machen sein. Im Tiefenwasser stieg die Wasserhärte deutlich an, ebenso die Gehalte an Silikat und Ammonium.

Die im Vergleich zum Gesamt-Phosphor nur relativ niedrigen Konzentrationen an gelöstem Phosphat im Monimolimnion deuten darauf hin, daß aller Phosphor partikulär, vermutlich bakteriell gebunden, vorliegt. Auffällig hoch und abweichend von den Verhältnissen, die wir in den anderen Seen um Füßen vorfanden, sind die Ammonium- und Gesamt-P-Konzentrationen im Oberflächenwasser des Sees zu bezeichnen. Wir ermittelten im August 1981 in den obersten 10 m Konzentrationen zwischen 48 und 95 µg Gesamt-P. Eine zur Kontrolle von uns kurzfristig danach durchgeführte zweite Probenahme erbrachte vergleichbare Werte. Die hohe Wassertransparenz (im August 1981: 9,0 m) sowie das Vorkommen oligotropher, d. h. nährstoffmeider Wasserpflanzen, stehen mit diesen Ergebnissen offensichtlich im Widerspruch. Zu vermuten ist, daß die hohen Ammonium- und Gesamt-P-Ge-

halte des Oberflächenwassers vom Monimolimnion ausgehen. Zur genauen Klärung dieses Sachverhaltes müßten jedoch detaillierte Zusatzuntersuchungen durchgeführt werden.

### 1.3 Artenliste (Alatsee)

#### Röhrichtarten

<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	
Gemeiner Froschlöffel	(02:1)
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	
Tannenwedel	
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	(02:2)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	(01:1; 02:3)
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechtsimse	(01:1; 02:2)
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(02:1)
<i>Sparganium emersum</i> REHMANN	
Einfacher Igelkolben	(01:1; 02:2; 03:1)

#### Schwimblattarten

<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	(01:1; 02:2; 03:1)
<i>Polygonum amphibium</i> L.	
Wasser-Knöterich	(01:1; 02:1)
<i>Potamogeton natans</i>	
Schwimmendes Laichkraut	

#### Untergetauchte Arten

<i>Chara contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	
<i>Ch. hispida</i> L.	
<i>Ch. intermedia</i> A. BR.	(02:2)
<i>Ch. strigosa</i> A. BR.	
<i>Ch. tomentosa</i> L.	
<i>Potamogeton filiformis</i> PERS.	
Faden-Laichkraut	(01:2; 02:3)
<i>Utricularia australis</i> R. BR.	
Südlicher Wasserschlauch	(01:2; 02:2)

Die zweistellige Ziffer in der Klammer bedeutet die Nummer des Uferabschnitts, innerhalb dessen die Art vorgefunden wurde. Die einstellige Ziffer 1-5 nach dem Doppelpunkt bedeutet die Mengenschätzung von 1 = sehr selten, 2 = selten, 3 = verbreitet, 4 = häufig bis 5 = sehr häufig oder massenhaft. Näheres hierzu im Kapitel „Kartierungsmethode“

### 1.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 1)

Das Röhricht des Alatsees ist zwar relativ artenreich (siehe Artenliste), größere Häufigkeiten erreicht jedoch nur der Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*). Dabei konnten wir die Art sowohl in der submersen als auch in der emersen Form antreffen. Das Schilfrohr (*Phragmites communis*) gedeiht nur in Abschnitt 2 etwas häufiger (Schätzstufe 3 = verbreitet). Unter den Schwimblattpflanzen dominiert das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) eindeutig. Die üppigsten Vorkommen liegen dabei im Abschnitt 2, der auch das artenreichste Röhricht aufweist. Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) und der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) treten dagegen nur ganz sporadisch auf.

Die größte Artenvielfalt unter den submersen Pflanzen erreichen im Alatsee die Characeen (Armleuchteralgen). Sie sind mit fünf verschiedenen Arten vertreten. Untergetauchte Gefäßpflanzen werden dagegen nur durch das Fadenblättrige Laichkraut (*Potamogeton filiformis*) und den Südlichen Wasserschlauch (*Utricularia australis*) repräsentiert. Während diese beiden Arten in den Abschnitten 1 und 2 von uns mit den Schätzstufen 2 und 3 bewertet wurden, gedeihen die Chara-Arten z. T. massenhaft (Schätzstufe 5). Die häufigsten Arten sind dabei *Chara tomentosa*, die in Tiefen zwischen 0,3 und 3 m dominiert und *Chara contraria*, die ihren Verbreitungsschwerpunkt zwischen 3 und 7 m Tiefe hat. In noch größeren Tiefen schließt sich *Chara hispida* an, wobei die Art in Abschnitt 2, wo *Chara contraria* nicht gedeiht, auch die für diese Art typischen Tiefenbereiche besiedelt. *Chara strigosa* ist eine Art, die im Alatsee nie ausgedehnte Rasen bildet, sondern in Tiefen zwischen 3 und 15 m Tiefe fleckweise in die großflächigen Bestände der übrigen Arten eingestreut ist. Die Art *Chara intermedia* ist die mit Abstand seltenste Characee im Alatsee; wir konnten sie lediglich im Abschnitt 2 mit einigen verstreut wachsenden Exemplaren (Schätzstufe 2 = selten) finden.

### 1.5 Vergleich mit älteren Florenangaben

Im Jahr 1975 wurde von SCHAUER (in: FRÖBRICH et al. 1977) die Makrophytenvegetation des Alatsees erfaßt.

Von den Röhrichtarten, die wir fanden, erwähnt SCHAUER *Alisma plantago-aquatica*, *Mentha aquatica*, *Scirpus lacustris*, *Solanum dulcamara* und *Sparganium emersum* nicht. Zu den Röhrichtarten zählten wir dabei diejenigen Pflanzen, von denen zumindest der Wurzelbereich ganzjährig vom Seewasser überflutet ist.

Bei den Schwimblattpflanzen fällt auf, daß die von SCHAUER angegebene Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) im Jahr 1981 nicht mehr vorkam. Überraschenderweise wird von SCHAUER *Potamogeton natans* nicht erwähnt, eine Art, die im Jahr 1981, nach unseren Beobachtungen im Bereich des Südwestufers des Sees z. T. dichte Bestände ausbildete. Auch *Polygonum amphibium* nennt SCHAUER nicht.

Bei den submersen Arten konnten wir *Potamogeton x Zizii* nicht mehr finden, die Laichkrautart *Potamogeton filiformis* scheint dagegen neu eingewandert zu sein. Die im Alatsee vorkommende Wasserschlauchart gibt SCHAUER als *Utricularia vulgaris* an, wir bestimmten sie als *Utricularia australis*.

Auch hinsichtlich des Characeenbestandes bestehen abweichende Angaben zwischen den beiden Erhebungen. SCHAUER erwähnt nur drei Arten, nämlich *Chara tomentosa*, *Chara aspera* und *Chara fragilis*. Die beiden zuletzt erwähnten Arten waren bei unseren Untersuchungen nicht anzutreffen, dafür in z. T. massenhaften Beständen *Chara contraria*, *Chara hispida* und seltener *Chara strigosa* und *Chara intermedia* (vgl. Verbreitungskarte). Eine auf drastisch veränderten Standortbedingungen beruhende Vegetationsverschiebung bietet sich als Erklärung für die z. T. erheblichen Unterschiede im Arteninventar zwischen den Erhebungen von SCHAUER und uns nicht an.

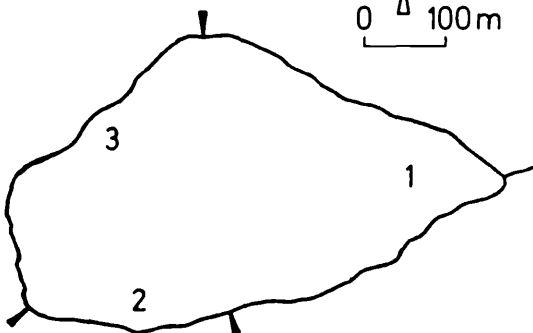
# ALATSEE

Einteilung in Kartierungsabschnitte

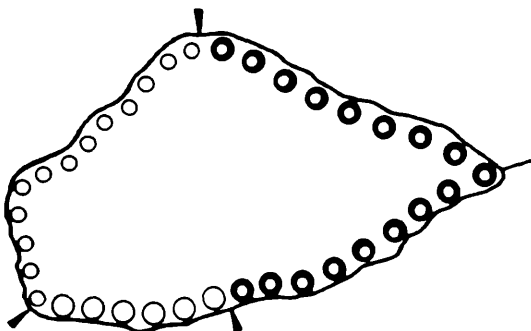
Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes

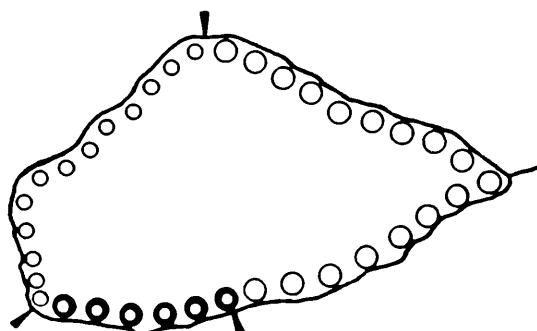
N  
0 100m



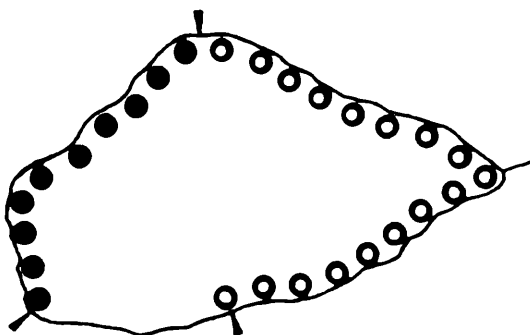
*Hippuris vulgaris*



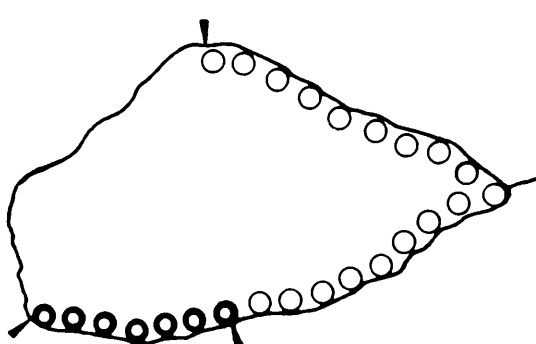
*Potamogeton natans*



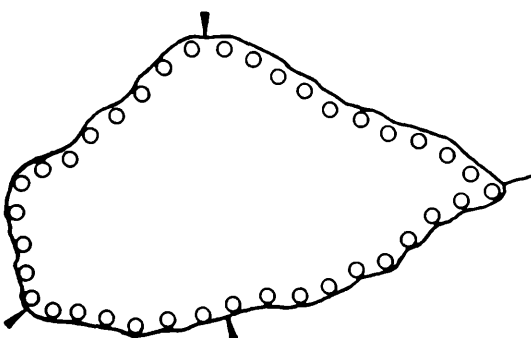
*Chara contraria*



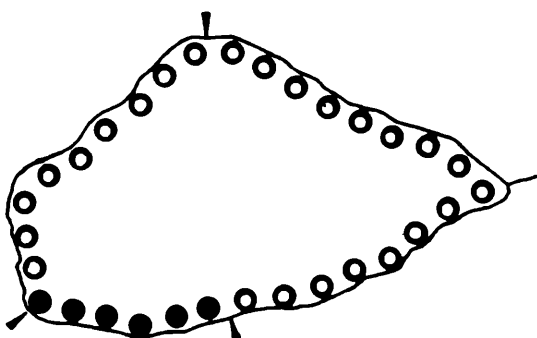
*Chara hispida*



*Chara strigosa*



*Chara tomentosa*



Karte 1: ALATSEE – Verbreitung wichtiger Arten

## 2. Der Alpsee

### 2.1 Allgemeine Angaben

Der Alpsee liegt in unmittelbarer Nähe der beiden bayerischen Königsschlösser Hohenschwangau und Neuschwanstein etwa 2,5 km südöstlich von Füssen. Die größte Tiefe des 88 ha großen Sees beträgt 62,0 m, die mittlere 27,8 m und der Umfang 5,0 km (BAYER. LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Die tiefste Stelle des in West-Ost-Richtung ausgerichteten Sees liegt im westlichen Teil des Seebeckens. Der gesamte mittlere und östliche Teil weist dagegen nur eine Tiefe zwischen 30 und 40 m auf. Die Ufer des Alpsees sind überwiegend bewaldet und sie gehen in weiten Teilen unmittelbar in die steilen Abhänge der den See umgebenden Berge über. Lediglich im Westen und Süden findet sich ein schmaler Flachwassersaum. Gespeist wird der Alpsee von zahlreichen unterseeischen Quellen und Wildbächen, wobei letztere aber nur bei Schneeschmelze und Starkregen Wasser führen. Man schätzt den mittleren Seeabfluß auf 150 l/s, woraus sich eine theoretische Wassererneuerungszeit von über 5 Jahren ergibt (FRÖBRICH et al. 1977).

Der Alpsee ist Ziel für zahlreiche Besucher. Für sie wurde ein Rundwanderweg um den See ausgebaut. Im Bereich des Südufers liegen ein Bad und Bootsverleih, in der Nordostecke des Sees ein Hotel.

### 2.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 2)

Im Sommer weist der Alpsee die für Seen unserer geographischen Breite typische Temperaturschichtung mit drei unterschiedlich temperierten Wasserkörpern auf. Das am 19.8.1981 mit 17 Grad C homotherme Epilimnion reichte bis 8 m Tiefe hinab, darunter schloß sich bis 20 m Tiefe die Sprungschicht an. Bis zur tiefsten von uns erfaßten Stelle in 40 m Tiefe sank die Temperatur dann nur noch geringfügig auf 4,6 Grad C ab. Die hohe Wassertransparenz weist den Alpsee als oligotrophes Gewässer aus. Wir ermittelten am 19. August 1981 eine Sichttiefe von 13,5 m. Die geringe Produktivität des Sees äußert sich in einer nur geringfügigen Sauerstoffüber-sättigung von 12 % in 11 m Tiefe und vor allem darin, daß durch die geringe Menge absedimentierenden organischen Materials der Sauerstoffvorrat des

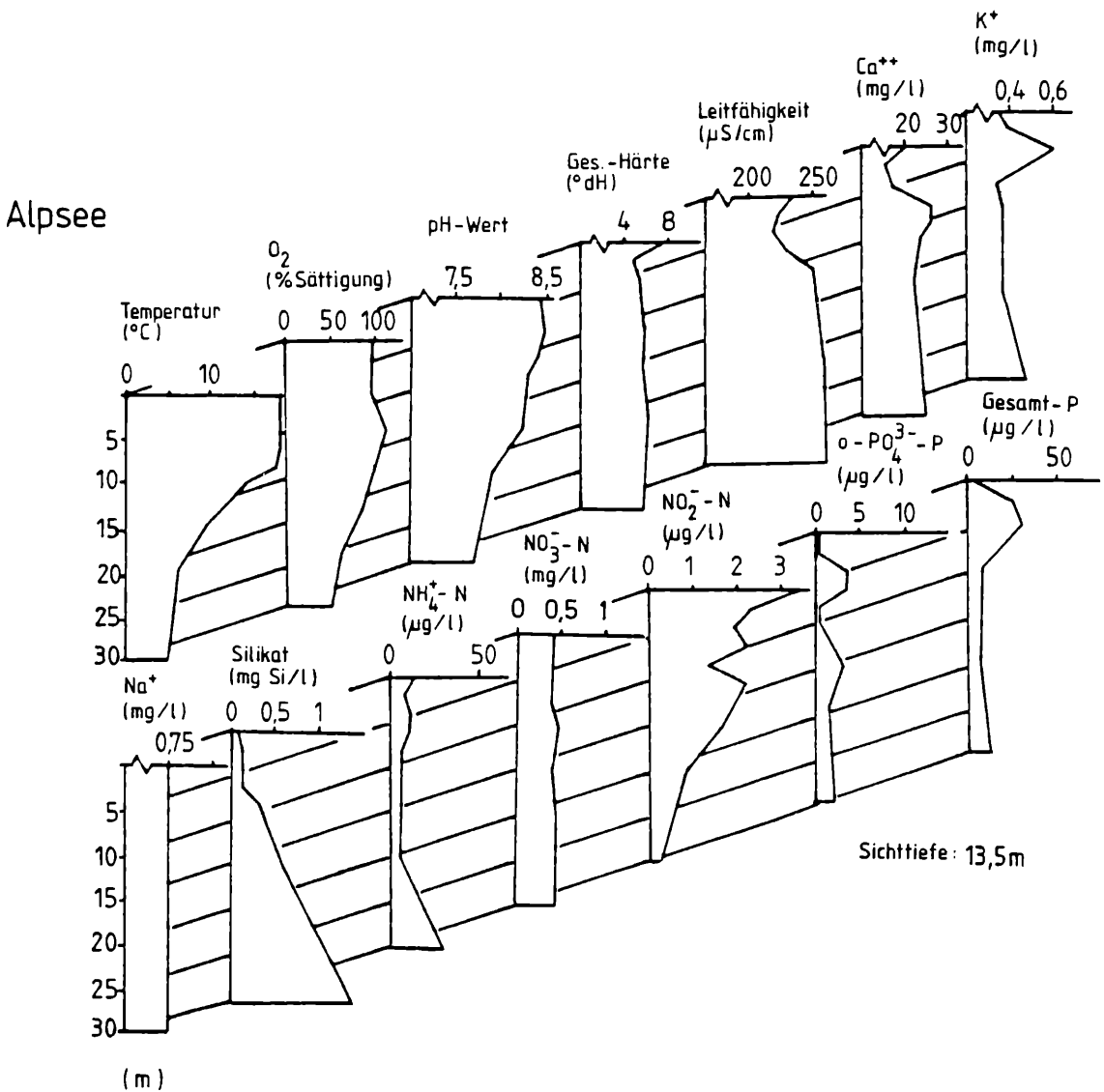


Abbildung 2

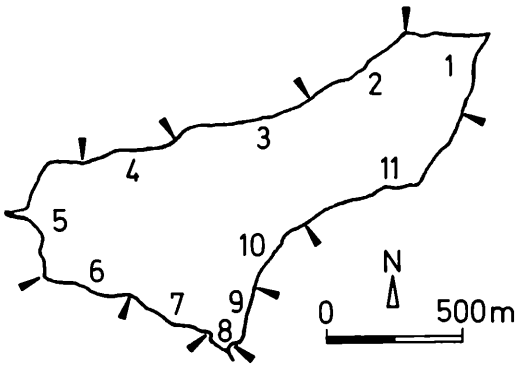
ALPSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 19.8.1981

# ALPSEE

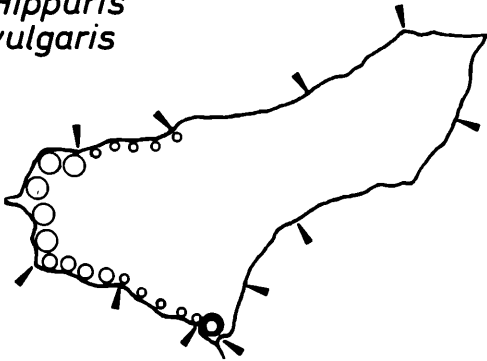
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

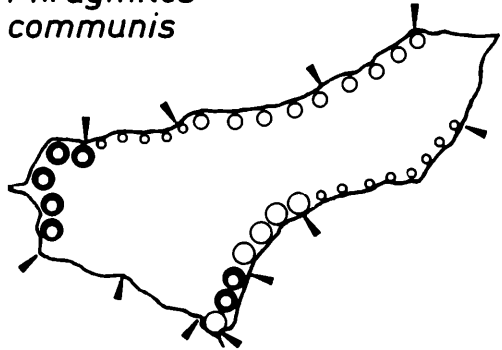
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



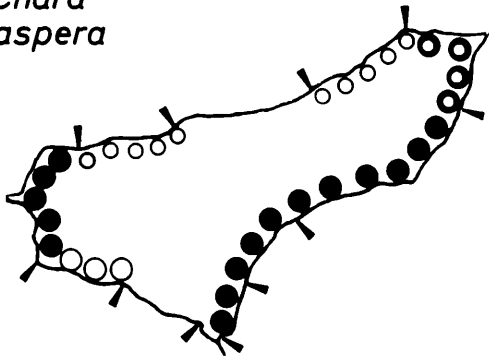
*Hippuris vulgaris*



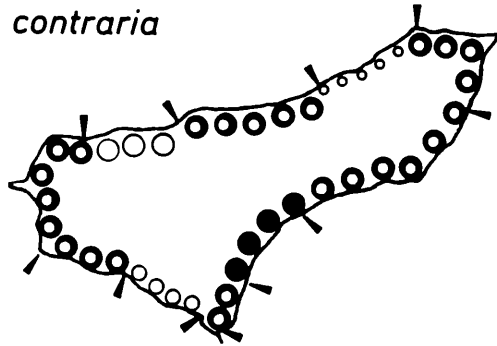
*Phragmites communis*



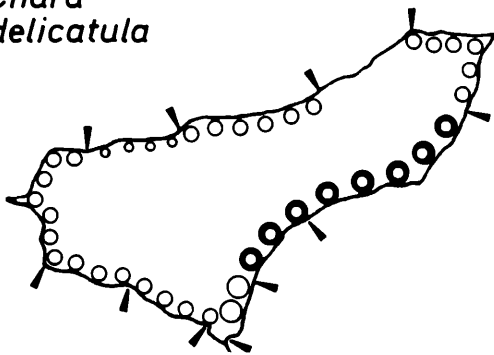
*Chara aspera*



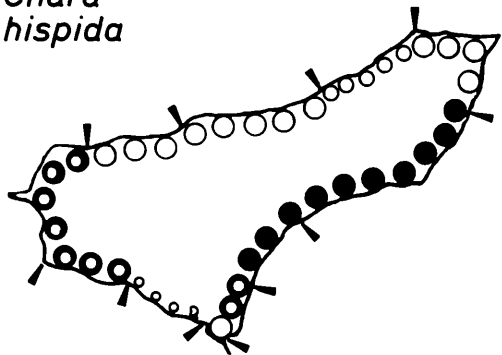
*Chara contraria*



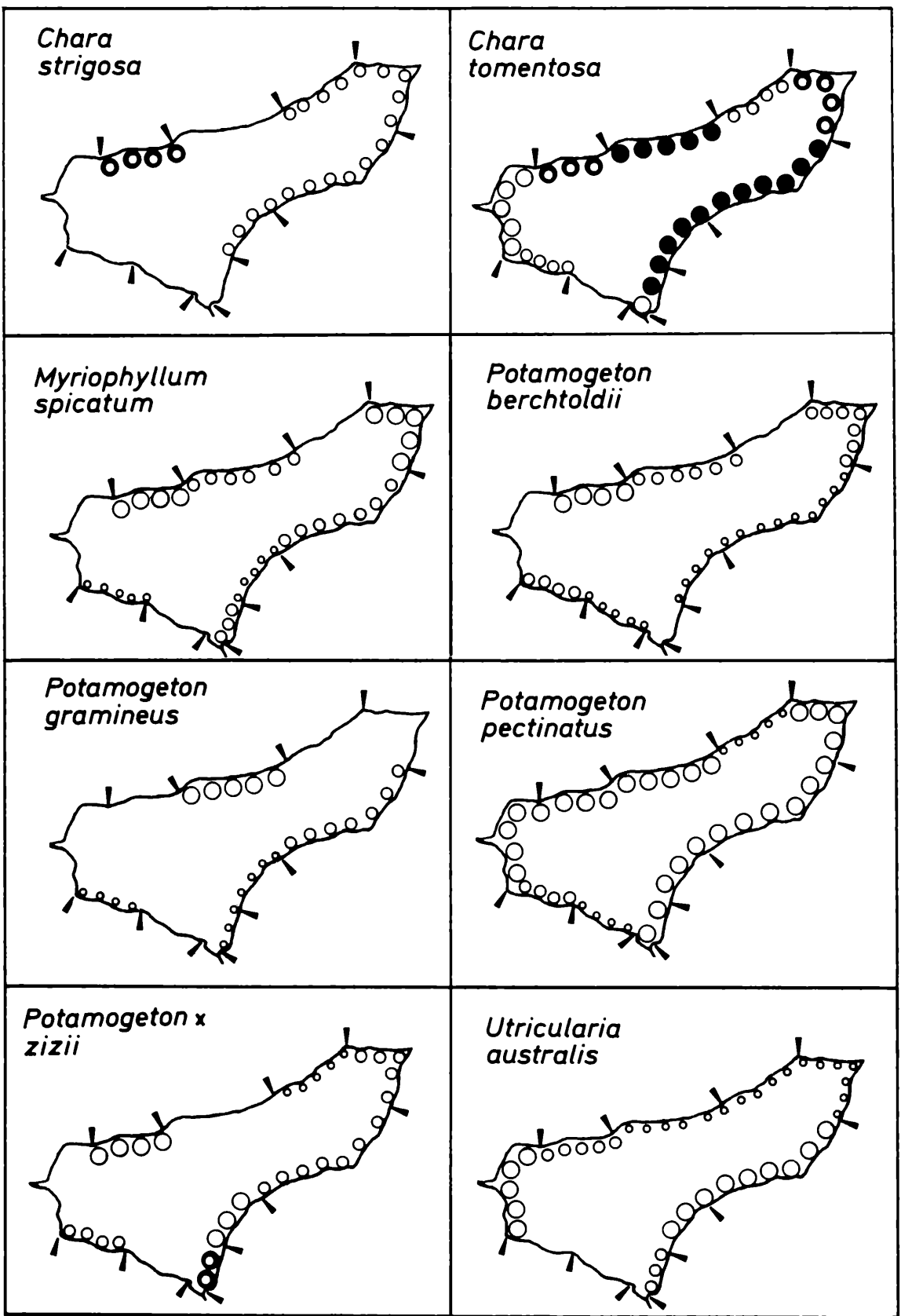
*Chara delicatula*



*Chara hispida*



Karte 2a: ALPSEE – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 2b: ALPSEE – Verbreitung wichtiger Arten

Tiefenwassers nicht aufgezehrt wird. Über dem Sediment in 40 m Tiefe ermittelten wir noch knapp 20 % Sauerstoffsättigung. Die Wasserhärte, die durchschnittlich bei 9,5°dGH liegt und auch die Leitfähigkeitswerte zeigten im Sommer in den obersten Metern einen Rückgang. Ob wegen der geringen Produktivität des Sees dabei biogene Entkalkungsvorgänge eine Rolle spielen, oder ob vielmehr die Einschichtung kalkärmeren Zufließwassers dafür verantwortlich zu machen ist, müßte durch gezielte Messungen geklärt werden. Die Kieselsäuregehalte nehmen zum Grund hin fast kontinuierlich zu, was mit der Kieselsäureassimilation durch Diatomeen zusammenhängt, die auf die oberen Wasserschichten begrenzt ist.

Den nährstoffarmen Charakter des Sees belegen u. a. die sehr niedrigen Ammoniumkonzentrationen. Von der Oberfläche bis zum Grund des Sees konn-

ten wir nur Spuren dieses Nährstoffs nachweisen. Auch die orthograde Kurve der Nitratgehalte deuten auf das Fehlen dichter Phytoplanktonpopulationen hin. Mit durchschnittlich 0,4 mg NO<sub>3</sub>-N sind die Gehalte des Sees gering.

Erwartungsgemäß enthält das Wasser des Alpsees auch sehr niedrige Gehalte an gelöstem- und Gesamt-Phosphat. Im Gegensatz zu fast allen übrigen von uns untersuchten Seen, konnten wir über dem Grund des Sees keinen Phosphatanstieg feststellen. Eine Rücklösung aus absedimentiertem Material verhindert der im Tiefenwasser noch ausreichend vorhandene Sauerstoff. Ein geringfügiges Gesamt-P-Maximum zwischen 2 und 6 m Tiefe weist auf höhere Planktondichten in diesem Bereich hin. Ansonsten liegen die Gesamt-P-Konzentrationen durchschnittlich bei 10 µg P/l.

### 2.3 Artenliste (Alpsee)

#### Röhrichtarten

*Hippuris vulgaris* L.

Tannenwedel

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse (03:1; 04:1; 05:2; 06:1; 09:1; 11:1)\*

#### Schwimblattarten

*Polygonum amphibium* L.

Wasser-Knöterich (01:2)

#### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.

*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. delicatula* AG.

*Ch. hispida* L.

*Ch. strigosa* A. BR.

*Ch. tomentosa* L.

*Eurhynchium rusciforme* MILDE (03:2; 04:2)

*Myriophyllum spicatum* L.

Ähren-Tausendblatt

*Nitella opaca* AGARDH (06:2)

*Potamogeton berchtoldii* FIEBER

Berchtolds-Laichkraut

*P. filiformis* PERS.

Faden-Laichkraut (06:2; 09:1)

*P. gramineus* L.

Gras-L.

*P. lucens* L.

Spiegelndes-L. (06:1; 09:1; 10:2; 11:2)

*P. pectinatus* L.

Kamm-L.

*P. x zizii* M. et K.

Schmalblättriges L.

*Utricularia australis* R. BR.

Südlicher Wasserschlauch

\* Zweistellige Zahl vor dem Doppelpunkt = Nummer des Uferabschnitts

Einstellige Zahl nach dem Doppelpunkt = Mengenschätzung von selten (1) bis massenhaft (5)

### 2.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 2a, b)

Das Schilfrohr (*Phragmites communis*), häufigste Röhrichtart am Alpsee, besiedelt ausschließlich die

Abschnitte mit etwas breiterer Uferbank, also den Süden, den Westen und die Bereiche um das Freibad. Die felsigen Uferzonen zeigen keinen Bewuchs. Die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) kommt nur sehr sporadisch und dann immer nur mit untergetauchten Blättern vor, was typisch für oligotrophe Gewässer ist. Auch den Gemeinen Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), eine weitere Röhrichtart konnten wir im Alpsee nur in seiner submersen Form finden. Auffällig war dabei, daß wir ihn immer nur in den Abschnitten, die Zuflüsse ausweisen, besonders häufig nachweisen konnten. Der üppigste Bestand (Abschnitt 8) im Bereich des Südufers war von Grünalgen völlig überwachsen. Wegen der Vorliebe des Gemeinen Tannenwedels für nährstoffreichere (und zumeist kühle) Gewässer, findet man allgemein sehr häufig eine starke Aufwuchsbildung durch Algen.

Nach unseren Kartierungsergebnissen ist der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) heute der einzige Vertreter der Schwimblattpflanzen im Alpsee. Wir stellten ein seltenes (Schätzstufe 2) Vorkommen im Abschnitt 1 fest.

Alle untergetauchten Gefäßpflanzen stehen unter einem starken Konkurrenzdruck durch die in sehr großer Häufigkeit gedeihenden Characeen. In keinem Fall konnten wir von den acht verschiedenen submersen Vertretern der Gefäßpflanzen abgegrenzte Einartbestände ausmachen, sondern die Pflanzen waren stets den Characeenrasen beige-mischt. Für alle acht Arten trifft außerdem zu, daß sie ihren Verbreitungsschwerpunkt überwiegend in den Bereichen von Zuflüssen oder anthropogen stärker beeinflussten Uferabschnitten haben.

Was Artenvielfalt und Häufigkeit der einzelnen Arten angeht, muß man den Alpsee als typischen „Chara-See“ bezeichnen. Bis auf die Art *Nitella opaca*, die nur in einem Abschnitt (6) und dabei mit geringer Häufigkeit (Schätzstufe 2 = selten) vorkommt, werden von den übrigen Arten oft ausgedehnte Flächen in sehr großer Dichte besiedelt. *Chara aspera* tritt vor allem an den breiteren Uferbänken massenhaft auf, die Tiefenpräferenz lag bei nur 1 m, unterhalb dieser Tiefe war sie nur noch selten anzutreffen. Die Hauptverbreitung von *Chara contraria* liegt zwischen 5-7 m Tiefe, aber wir konnten auch einzelne Exemplare bis in 26 m Tiefe nachweisen. In 5-6 m Tiefe beginnen im Alpsee die Be-



stände von *Chara hispida*, die dann überwiegend bis 10 m Tiefe vordringen. Nach KOHLER et al. (1973), MELZER (1976) und KRAUSE (1981) ist diese großwüchsige Armleuchteralgenart eine gegenüber hohen Nährstoffgehalten des Wassers besonders empfindliche Art, weswegen sie häufig im Bereich oligotropher Grundwasseraustritte zu finden ist. Das z. T. massenhafte Vorkommen im Al্পsee indiziert dessen unbelasteten und nährstoffarmen Zustand. Eine oligotrophente Art ist auch *Chara strigosa*, die ihren Verbreitungsschwerpunkt sonst mehr in alpinen Gewässern besitzt. In Abschnitt 3, wo die Art ihre größte Verbreitung aufweist, dominiert sie gegenüber den anderen Arten deutlich.

Schon vom Ufer aus fallen die braunrot gefärbten Rasen von *Chara tomentosa* auf. Die Art gedeiht im Al্পsee bevorzugt im Tiefenbereich bis 3 m und sie ist die einzige Art, die im von Nährstoffen etwas stärker belasteten Bereich des Zuflusses im Abschnitt 8 gedeiht. Auf Grund ihrer Vorliebe für weiche Schlamm- und Sandböden kommt *Chara delicatula* nur im Bereich des Südufers häufiger vor, da dort im Gegensatz zu den anderen Abschnitten nicht überwiegend kiesiges und felsiges Substrat vorherrscht.

## 2.5 Vergleich mit älteren Florenangaben

Im Jahr 1975 wurde von SCHAUER (in: FRÖBRICH et al. 1977) die Makrophytenvegetation des Al্পsees untersucht. Das Arteninventar zeigt zwischen seiner und unserer Erhebung eine recht gute Übereinstimmung. Die Zusammensetzung der submersen Vegetation hat sich nur unwesentlich verändert, wobei die Dominanz der Characeen früher wie heute bestand. SCHAUER erwähnt für das Jahr 1975 den Fund von *Chara fragilis*, den wir nicht mehr bestätigen konnten. Dafür nennt SCHAUER nicht die von uns belegte Art *Chara delicatula*. Wegen der großen Ähnlichkeit der beiden Arten vermuten wir möglicherweise eine Verwechslung.

Besonders auffällig sind jedoch folgende Vegetationsveränderungen: die Wassermoose im Bereich zwischen 0 und 15 m sind von 1973/74 bis 1981 fast völlig verschwunden. *Eurhynchium ruscifforme* fanden wir nur noch in wenigen Exemplaren und dabei zumeist in großer Tiefe (30 m). Aus dem See verschwunden sind zwei Schwimmblattpflanzen (*Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*), die früher noch in kleineren Buchten anzutreffen waren. Offensichtlich hat sich auch die Tiefenverbreitung der untergetauchten Gefäßpflanzen verändert. Während SCHAUER von 7m als unterer Grenze spricht, konnten wir sie nur bis 5 m Tiefe nachweisen. Eine im Al্পsee vorkommende Wasserschlauchart spricht SCHAUER als *Utricularia vulgaris* an, während wir sie als *Utricularia australis* bestimmten. Von SCHAUER nicht erwähnt werden die Laichkrautarten *Potamogeton filiformis* und *P. lucens* sowie die zu den Armleuchteralgen gehörende *Nitella opaca*. Diese drei Arten kamen nach unseren Beobachtungen alle nur sehr selten vor.

Trotz einiger negativ zu bewertender Veränderungen im Verbreitungsbild der makrophytischen Wasserpflanzen, weisen diese immer noch den oligotrophen Zustand des Al্পsees aus.

## 3. Der Attlesee

### 3.1 Allgemeine Angaben

In einem Naturschutzgebiet bei Nesselwang liegt auf 874,3 m NN der 10 ha große Attlesee. Das Becken des Sees, dessen tiefste Stelle etwas westlich der Seemitte mit 9 m angegeben wird (Angaben WWA KEMPTEN), entstand als kleine Hohlform unter der Zunge einer Abzweigung des Lechvorlandgletschers. Möglicherweise beteiligte sich Toteis an seiner Entstehung (SCHOLZ, pers. Mitt.).

Das topographische Einzugsgebiet des Attlesees beträgt 1,6 qkm. Davon entfällt ein Viertel auf den Spitalmoosgraben, seinen Hauptzufluß. Für die Entwässerung sorgt am Ostufer der Mühlbach. Hier läßt sich über eine betonierte Überlaufschwelle der Wasserstand des Sees künstlich regeln.

Die Uferbank wird großflächig von einer lockeren organischen Auflage bedeckt, wogegen am bebäderten Nordufer Kies angeschüttet wurde.

### 3.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Vom produktiven Attlesee, dessen Sichttiefe am Untersuchungstag im August 1981 bei nur 1,0 m lag, entnahmen wir lediglich eine Oberflächenprobe. Ergänzt werden die dabei gewonnenen Analysendaten durch eine im April 1981 durchgeführte Untersuchung. Die Leitfähigkeit (260 µS), die Wasserhärte (7,8° dGH) und der pH-Wert (8,9), die wir im Sommer ermittelten, wichen nur geringfügig von den Frühjahrswerten ab. Dagegen konnten im Som-

### 3.3 Artenliste (Attlesee)

#### Röhrichtarten

*Menyanthes trifoliata* L.

Fiebertee

(02:2)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Potentilla palustris* (L.) SCOP.

Sumpffingerkraut

(02:2)

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

*Typha latifolia* L.

Breitblättriger Rohrkolben

(01:2)

#### Untergetauchte Arten

*Chara contraria* var. *hispidula* A. BR.

*Ch. fragilis* DESV

*Ch. intermedia* A. BR.

*Elodea canadensis* MICHX.

Kanadische Wasserpest

*Fontinalis antipyretica* L.

Gemeines Quellmoos

(01:2)

*Myriophyllum spicatum* L.

Ähren-Tausendblatt

*Potamogeton crispus* L.

Krauses Laichkraut

*P. pusillus* L.

Zwerg-Laichkraut

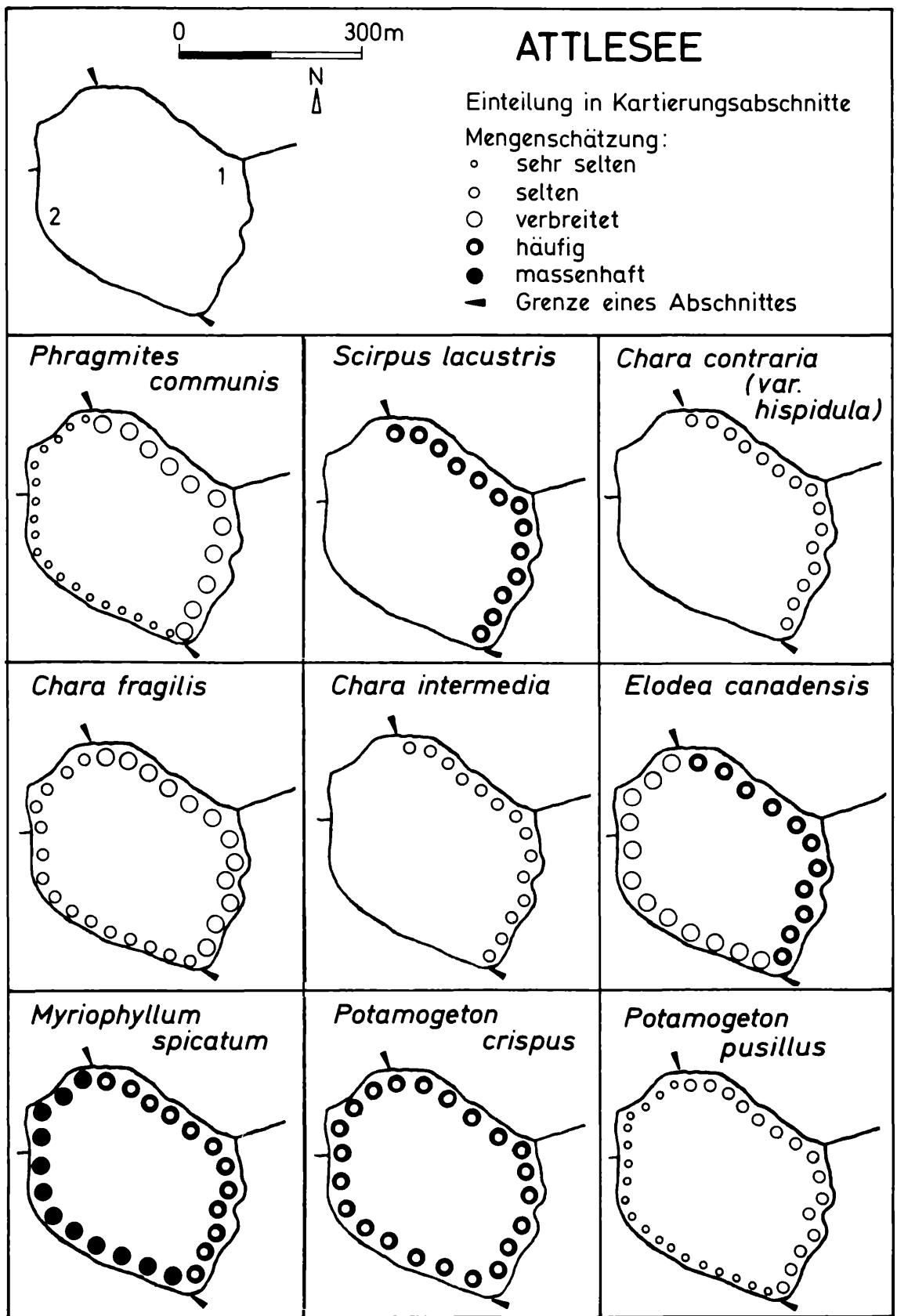
*Ranunculus circinatus* SIBTH.

Spreizender Wasserhahnenfuß

(01:2)

\* Zweistellige Zahl vor dem Doppelpunkt = Nummer des Uferabschnitts

Einstellige Zahl nach dem Doppelpunkt = Mengenschätzung von selten (1) bis massenhaft (5)



Karte 3: ATTLESEE – Verbreitung wichtiger Arten

mer wesentlich höhere Kieselsäuregehalte (0,64 mg Si/l) als im Frühjahr (0,007 mg Si/l) nachgewiesen werden. Ein Zusammenhang mit einem Diatomeenmaximum im Frühjahr ist offensichtlich. Im Gegensatz zum Silikat nehmen im Verlauf der Vegetationsperiode die Nitratgehalte deutlich ab. Die Werte sanken von 0,49 mg N/l im Frühjahr auf 0,012 mg N/l im Sommer. Gelöstes Phosphat war zu beiden Untersuchungszeitpunkten nur in Spuren nachweisbar, während die Gesamt-P-Gehalte (Frühjahr: 71 µg P/l; Sommer: 103 µg P/l) des Sees beträchtlich waren und den eutrophen Charakter des Attleesee belegen.

### 3.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 3)

Das Röhricht des Attleesee setzt sich hauptsächlich aus dem Schilfrohr (*Phragmites communis*) und der Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) zusammen. Ausgedehnte Bestände wachsen allerdings ausschließlich am Ostufer, wo dann nur im Badebereich Lücken auftreten. Im Westen grenzt ein Moorgebiet an den Gewässerrand. Hier fanden wir in geringer Häufigkeit den Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*), das Blutauge (*Potentilla palustris*) und den Breitblättrigen Rohrkolben (*Typha latifolia*).

Der Attleesee besitzt keine Schwimmblattpflanzen. Unter den submersen Pflanzen dominieren eutraphente Arten. Mengenmäßig an erster Stelle steht dabei das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*). Es bildet eindrucksvolle, bis an die Wasseroberfläche reichende Bestände, wodurch die Tauchkartierung ungemein erschwert wurde. Die Kanadische Wasserpest (*Eloдея canadensis*) tritt besonders häufig im Badebereich und am Abfluß des Sees auf. Verbreitet wächst das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*), etwas seltener das Kleine Laichkraut (*Potamogeton pusillus*). *Chara fragilis* ist die einzige häufiger anzutreffende Armeuchteralgart am Attleesee. Zwei weitere Vertreter, *Chara intermedia* und *Chara contraria* kamen selten im Nordostteil des Sees vor und fehlten im übrigen Bereich. Ihren Lebensraum beschränken die Characeen im Attleesee ausnahmslos auf das Flachwasser, wenige Zentimeter unterhalb der Wasseroberfläche. Wegen der geringen Sichttiefe können Characeen nicht in größere Tiefen vordringen, obwohl sie als Schwachlichtalgen mit geringsten Lichtintensitäten auskommen.

## 4. Der Badersee

### 4.1 Allgemeine Angaben

Der Badersee liegt etwa einen halben Kilometer westlich von Grainau. Nicht nur die Wassertransparenz, die eine Sicht bis zum Grund des 7,2 m tiefen Sees zuläßt, sondern auch die sehr tiefen sommerlichen Temperaturen weisen ihn als Quellsee aus. SIMON (1921) zählt ihn zusammen mit dem benachbarten Rosensee zum Typus der Quellbecken, die in Bergsturzgebieten entstanden. Die Oberflächentemperatur lag im August 1983 bei nur 9,8° C. Zur tiefsten Stelle hin nahm sie dann geringfügig auf 8,5° C ab. Diese Temperatur dürfte in etwa der des Grundwassers entsprechen, das dem See aus zahlreichen unterseeischen Quellen zuströmt. Die größten davon befinden sich am West- und Nordufer des Sees. Kleinere Quelltrichter sind rund um die kleine

Insel im Nordostbereich des Sees verteilt. In zahlreichen dieser trichterförmigen Vertiefungen fiel ein Bewuchs von Blaualgen oder Schwefelbakterien auf. Das Wasser in den Trichtern war im Gegensatz zum freien Wasser des Sees auch nicht klar, sondern von Schwebstoffen getrübt. Ob diese Trichter echte Quellaustritte sind, aus denen zumindest gelegentlich Grundwasser aufstößt, konnten wir nicht ermitteln. Im niederschlagsarmen Sommer 1983 waren sie offensichtlich versiegt.

Das Sediment des Sees besteht zum größten Teil aus Kalkschlamm. Vor allem im Bereich des Süd- und Westufers weist es einen höheren organischen Anteil auf. Bei mechanischer Belastung des Sedimentes tritt schwefelwasserstoffhaltiges Gas aus. Den Gewässerrand säumen über große Strecken Felsbrocken, zwischen denen sich unter Wasser organisches Material angesammelt hat.

### 4.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 3)

Wie bereits erwähnt, gehört der Badersee zum Typus der Quellseen. Der intensive Grundwasserzutritt verhindert selbst im Hochsommer die Herausbildung einer thermischen Schichtung. Es verwundert daher nicht, daß sich im See auch keine wesentlichen chemischen Vertikalgradienten herausgebildet haben. Das aus den Quelltrichtern aufstoßende Grundwasser sinkt wegen seiner niedrigen Temperatur zu den tiefsten Stellen des Sees ab und füllt diesen daher von unten immer wieder mit frischem Wasser auf. Im Gegensatz zu anderen Seen ist daher eine Sauerstoffabnahme über Grund nicht zu beobachten. Das bedeutet nicht, daß an der Sedimentoberfläche keine sauerstoffverbrauchenden Zehrvorgänge ablaufen, aber sie setzen sich wegen des ständigen Grundwassernachschubs nicht ins Tiefenwasser fort. Die auf die Tiefe von 6 m beschränkte Zunahme der Sauerstoffsättigung um 10 % hängt nach unserer Vermutung mit dem Maximum der Characeenentwicklung in dieser Zone zusammen. Auch im Lustsee, einem Grundwassersee der Osterseengruppe, konnten durch Characeen bedingte Sauerstoffmaxima in größeren Tiefen ermittelt werden. (vgl. MELZER 1976).

Gelöstes ortho-Phosphat fehlt nicht etwa völlig, sondern es ist in geringen Spuren nachweisbar. Dies dürfte zwei Gründe haben: der eine ist im ständigen Nachtransport von Spuren an Phosphat durch das Grundwasser zu suchen, der andere darin, daß das Phytoplankton durch den raschen Wasserumsatz ausgespült wird und somit nicht genügend Biomasse vorhanden ist, um das Phosphat zu assimilieren. Die Gesamt-P-Gehalte erscheinen für einen Quellsee relativ hoch. Erst Daueruntersuchungen könnten zeigen, ob die von uns ermittelten 20-30 µg P/l dem allgemeinen Durchschnitt entsprechen.

### 4.3 Artenliste (Badersee)

#### Untergetauchte Arten

*Chara contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. delicatula* AG.

*Ch. intermedia* A. BR.

*Ch. tomentosa* L.

*Potamogeton pectinatus* L.

*Ranunculus trichophyllus* CHAIX

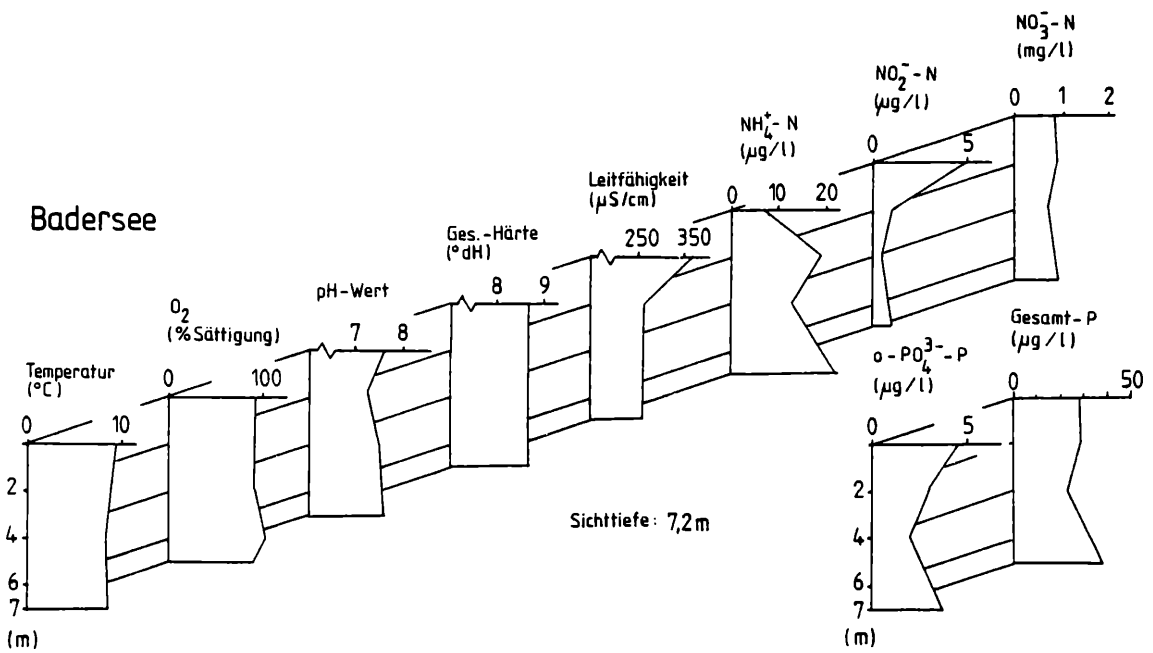


Abbildung 3

BADERSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 25.8.1983

#### 4.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 4)

Eine Röhrichtzone fehlt am Badersee wegen der felsigen Beschaffenheit des Ufers. Für das Fehlen eines Schwimmblattgürtels dürften dagegen die tiefen Temperaturen des Wassers verantwortlich sein. Eine Zerstörung der Schwimmblattpflanzen durch Badende ist auszuschließen. Durch den Bootsverkehr werden die Wasserpflanzen des Sees auch nicht wesentlich beeinträchtigt.

Die speziellen Standortsfaktoren des Sees begünstigen das Aufkommen von Armleuchteralgen (Characeen). Vor allem im Nordteil des Sees bedecken sie den Gewässergrund bis zur tiefsten Stelle in z. T. dichten unterseeischen Rasen. Lediglich den trichterförmigen Vertiefungen, auf die weiter oben hingewiesen wurde, fehlt jeglicher Bewuchs. In den übrigen Abschnitten des Sees kamen die vier verschiedenen Arten im Vergleich dazu wesentlich seltener vor. Im Bereich des Hotels, an dem die zahlreichen, eingesetzten Forellen angefüttert werden, überziehen die Characeen häufig fädige Grünalgen. Eine mögliche Nährstoffanreicherung in diesem Abschnitt wird auch durch das, wenn auch spärliche Vorkommen zweier eutraphenter (nährstoffliebender) Arten angedeutet. Es sind dies das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und der Haarblättrige Hahnenfuß (*Ranunculus trichophyllus*).

### 5. Der Bannwaldsee

#### 5.1 Allgemeine Angaben

Der Bannwaldsee liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum künstlich aufgestauten Forggensee, ca. 5 km nordöstlich von Füssen. Die Höhenlage des 228 ha großen Sees beträgt 785,9 m über NN. Die Tiefe des Sees ist mit maximal 12 m relativ gering, sie wird jedoch von einem größeren Bereich des zentralen Seebeckens erreicht, so daß sich eine mittlere Tiefe

von immerhin 6,2 m ergibt. Der Umfang des wenig gebuchteten Sees wird mit 6,7 km angegeben (BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982).

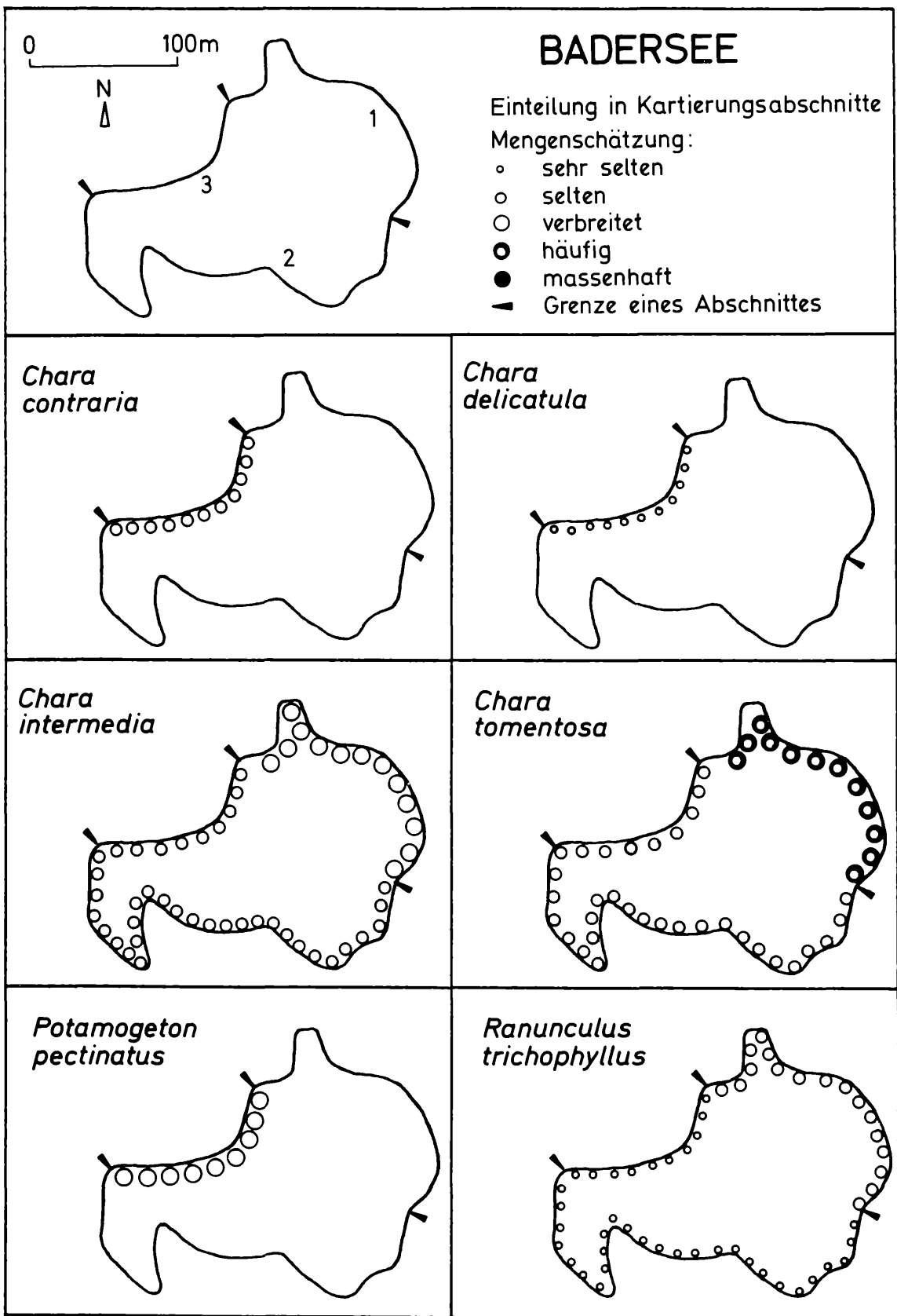
Seine Entstehung verdankt der in der ostalpinen Flyschzone gelegene Bannwaldsee der Tätigkeit des würmeiszeitlichen Lechvorlandgletschers. Der See stellt dabei ein Relikt des spätglazialen Füssener Sees dar, der durch die Eintiefung des Seeablaufes (Urlech) sowie durch Sedimentationsvorgänge z. T. wieder trocken fiel (siehe FRÖBRICH et al. 1977 und die dort zit. Literatur). Bestandteile des ehemaligen Füssener Sees waren auch noch der Alp- und Schwamsee.

Am Bannwaldsee bieten nur die Süd- und Südostufer Zugang zum See, denn in den übrigen Bereichen wird er von Moorflächen umgrenzt. Am Südufer befinden sich ein Campingplatz sowie eine Liegewiese für Erholungssuchende. Die von hier ausgehenden mechanischen Belastungen schlagen sich im Verbreitungsbild der Wasservegetation deutlich nieder.

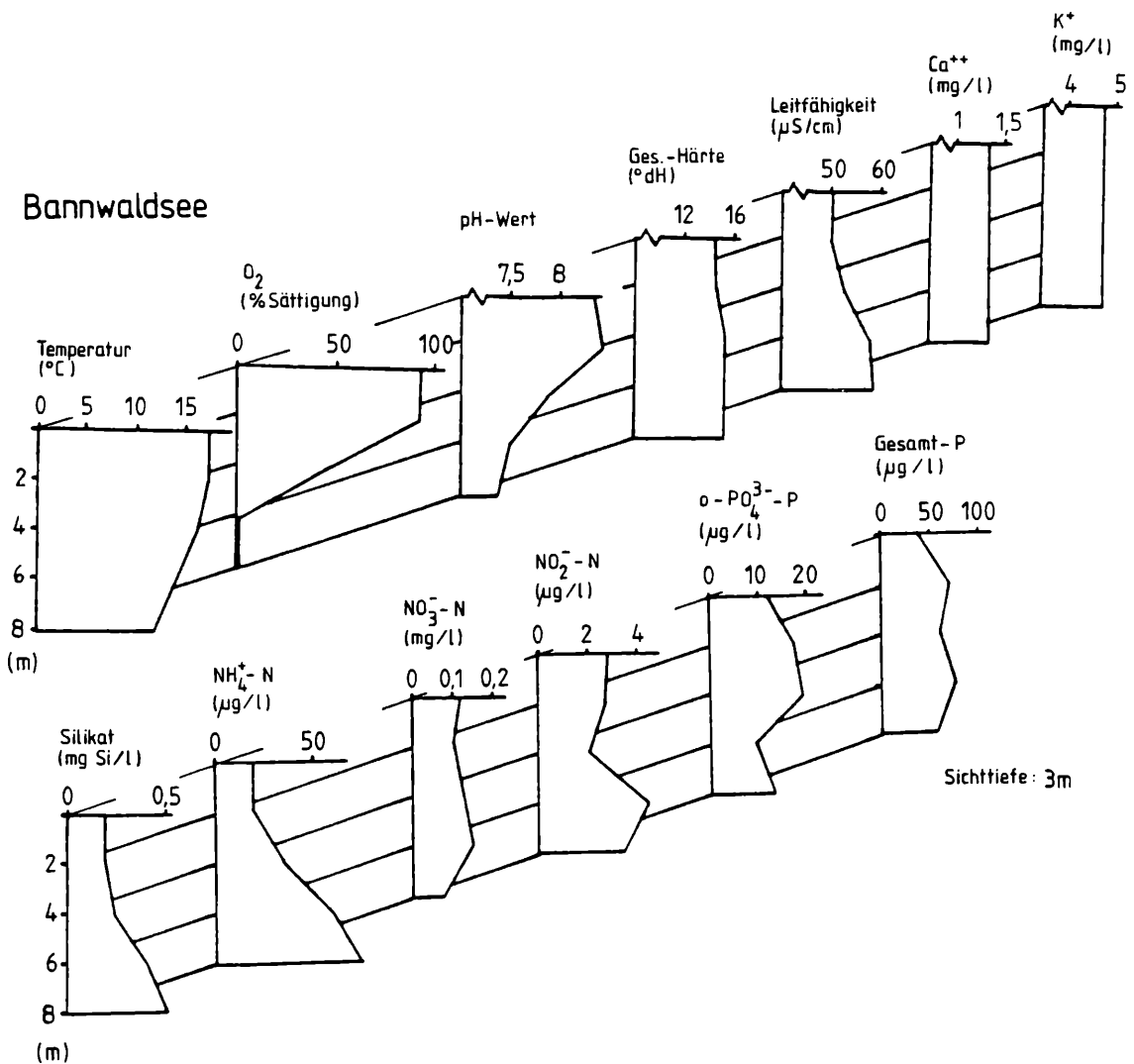
In den erwähnten, durch den Menschen zu Erholungszwecken genutzten Uferbereichen herrscht kiesiges Sediment vor, wobei vermutlich Aufschüttungen vorgenommen wurden. In den übrigen Zonen setzt es sich dagegen aus einem weichen, braungefärbten organischen Schlamm zusammen, wobei zur Tiefe hin der Kalkgehalt des Sedimentes offensichtlich zunimmt. Hier überziehen den Untergrund in weiten Teilen großflächige Blaualgenteppiche.

#### 5.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 4)

Wegen seiner geringen Wassertiefe bei gleichzeitig sehr großer Oberfläche weist der Bannwaldsee keine ausgeprägte vertikale Temperaturschichtung auf. Diese ist aber immer noch stabil genug, um eine Zirkulation des Sees im Sommer zu unterbinden.



Karte 4: BADERSEE – Verbreitung wichtiger Arten



**Abbildung 4**

BANNWALDSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 12.8.1981

Das belegen die Sauerstoffsättigungswerte. Schon unterhalb einer Tiefe von 6 m ist der Bannwaldsee sauerstofffrei. Auf eine starke organische Belastung weist dabei die starke Gasblasenbildung hin, die vom Sediment ausgeht und schon in Tiefen ab 2 m deutlich wurde. Wegen der Anreicherung von Kohlensäure im Tiefenwasser sinkt der pH-Wert gegenüber der Oberfläche um eine Einheit, außerdem steigen der Silikat- und Ammoniumgehalt leicht an. Nitrat war bei den Messungen in der gesamten Wassersäule nur in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar. Ungewöhnlich ist der relativ hohe Gehalt an gelöstem Phosphat, den wir in den obersten 5 m des Bannwaldsees im Sommer nachweisen konnten. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 12 und 19  $\mu\text{g P/l}$ . Die Gesamt-P-Gehalte, die einen wichtigen Hinweis auf den Trophiezustand eines Gewässers liefern, lagen bei der Sommermessung im Bereich von 40-72  $\mu\text{g P/l}$ . Bei einer Untersuchung im April 1981, zum Zeitpunkt der Frühjahrszirkulation, ermittelten wir 40  $\mu\text{g}$  Gesamt-P/l, gelöstes Phosphat war damals nicht nachweisbar. Die sommerliche Sichttiefe lag bei 3,0 m.

Auf Grund dieser Daten sowie der im folgenden erläuterten Vorkommen makrophytischer Wasserpflanzen kann der Bannwaldsee als meso-eutrophes Gewässer eingestuft werden, wobei die Entwicklungstendenz auf eine Zunahme der Trophie hindeutet.

### 5.3 Artenliste (Bannwaldsee)

#### Röhrichtarten

<i>Hippuris vulgaris</i> L.	
Tannenwedel	
<i>Iris pseudacorus</i> L.	
Wasserschwertlilie	(05:1)
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	
Fieberschmalz	(05:2)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Potentilla palustris</i> (L.) SCOP	
Sumpffingerkraut	(05:2)
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechtsimse	

Schwimtblattarten  
*Nuphar lutea* (L.) SM.  
 Gelbe Teichrose  
*Nymphaea alba* L.  
 Weiße Seerose  
*Potamogeton natans* L.  
 Schwimmendes Laichkraut

Untergetauchte Arten

<i>Chara aspera</i> DETH.	(08:2)
<i>Ch. contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	
<i>Ch. hispida</i> L.	(01:1)
<i>Ch. intermedia</i> A. BR.	(04:1)
<i>Ch. tomentosa</i> L.	
<i>Elodea canadensis</i> MICHX.	
Kanadische Wasserpest	
<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	
Gemeines Quellmoos	
<i>Lagarosiphon major</i> RIDLEY	(01:2; 04:1; 08:1)
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	
Ähren-Tausendblatt	(01:1; 04:1; 08:1)
<i>Nitella syncarpa</i> (THUILL.) CHEV	(04:2)
<i>Potamogeton berchtoldii</i> FIEBER	
Berchtolds-Laichkraut	
<i>P. crispus</i> L.	
Krauses Laichkraut	
<i>P. lucens</i> L.	
Spiegelndes Laichkraut	
<i>P. pectinatus</i> L.	
Kamm-Laichkraut	
<i>P. perfoliatus</i> L.	
Durchwachsenes Laichkraut	
<i>Ranunculus circinatus</i> SIBTH.	
Spreizender Wasserhahnenfuß	
<i>R. trichophyllus</i> CHAIX.	
Haarblättriger Wasserhahnenfuß	(04:1)
<i>Utricularia australis</i> R. BR.	
Südlicher Wasserschlauch	(04:1; 06:1; 07:1; 08:2)

\* Zweistellige Zahl vor dem Doppelpunkt = Nummer des Uferabschnitts

Einstellige Zahl nach dem Doppelpunkt = Mengenschätzung von selten (1) bis massenhaft (5)

**5.4 Die Vegetationsverhältnisse**

(vgl. Karten 5a, b, c)

Die beiden häufigsten Röhrichtarten am Bannwaldsee sind das Schilfrohr (*Phragmites communis*) und die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*). Im Vergleich zu anderen Seen weist vor allem die zuletzt genannte Art eine außerordentlich starke Verbreitung auf. Dabei konnten wir eine massenhafte Verbreitung (Schätzstufe 5) in den Uferbereichen belegen, wo Moorflächen an den See grenzen. Die Art kann sowohl emers als auch submers mit ihren bandförmigen Unterwasserblättern gedeihen, wobei in den mechanisch stark belasteten Uferbereichen am Bad und Campingplatz nur noch die Unterwasserform anzutreffen ist. In der erwähnten vegetativen Unterwasserform kann die Art jahrelang gedeihen, ohne jemals blütentragende Halme über die Oberfläche zu schieben. Diesen untergetauchten Restbeständen kommt eine wichtige ökologische Funktion zu, denn bei einem Nachlassen der mechanischen Belastung können sich aus ihnen sehr rasch wieder Röhrichtbestände bilden. Das Schilfrohr dagegen stirbt bei einer Zerstörung der Halme sehr rasch und end-

gültig ab (vgl. SUKOPP et al. 1975) und eine natürliche Wiederbesiedlung benötigt sehr viel Zeit, wenn sie überhaupt noch einmal einsetzt. Im Vergleich zu den übrigen Bereichen des Bannwaldsees bewerteten wir die Vorkommen im Bereich des Bades und Campingplatzes nur mit der Häufigkeitsstufe 2 (= selten). Die übrigen Röhrichtpflanzen (siehe Artenliste) sind von untergeordneter quantitativer Bedeutung.

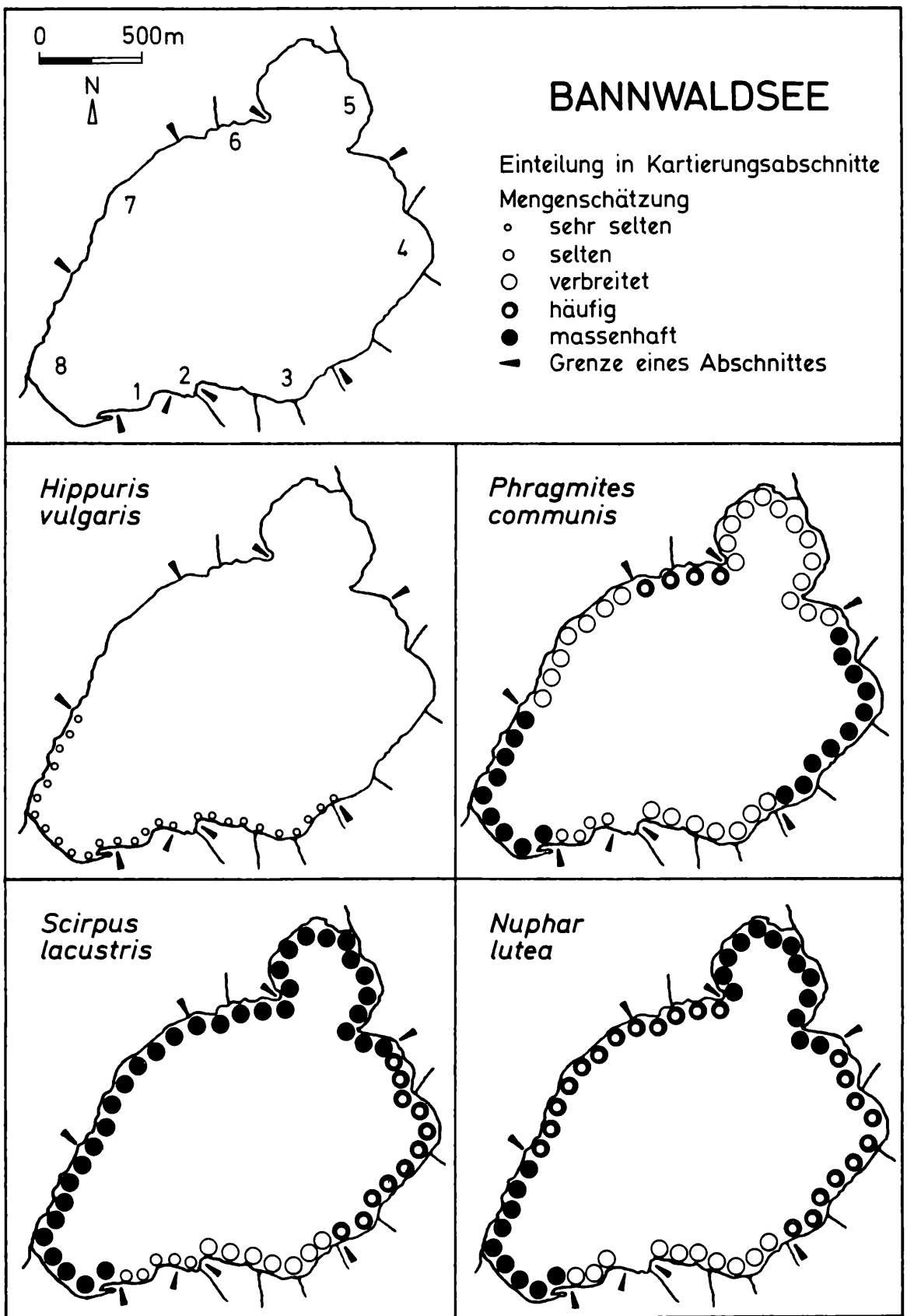
Was bei den Röhrichtpflanzen für die Flecht-Simse zutrifft, gilt bei den Schwimtblattpflanzen entsprechend für die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*): Sie kann mit ihren Unterwasserblättern in mechanisch stark belasteten Bereichen vorkommen, in denen dann keine Schwimtblätter mehr ausgebildet werden. Im Bannwaldsee gilt das für die erwähnten Abschnitte im Süden.

Um bei einem Vergleich der mechanischen Belastbarkeit von Röhricht- und Schwimtblattpflanzen zu bleiben: die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) ist auf Ausbildung von Schwimtblättern angewiesen, so wie das Schilfrohr auf die von Überwasserhalten. Wenn Beschädigungen zu stark werden, sterben beide Arten ab. Auf dieser Ursache beruht das Fehlen der Weißen Seerose am Südufer des Sees. Als dritte Schwimtblattart trat das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) immer nur selten oder sogar nur sehr selten auf.

Von den untergetauchten Gefäßpflanzen erreicht das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) die größten Häufigkeiten und dabei vor allem in geschützten Bereichen des Sees. Weitgehend die gleichen Abschnitte besiedelt das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*) jedoch insgesamt wesentlich seltener. Diese beiden großblättrigen Laichkrautarten werden durch eine zunehmende Gewässereutrophierung weniger stark gefördert als etwa kleinblättrige Arten dieser Gattung (LANG 1973). Die nährstoffliebende Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) und das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) sind im Süd- und Südostbereich am häufigsten vertreten. Bei einer zunehmenden Nährstoffbelastung wird sich ihr Vorkommen noch erheblich verstärken. Das dürfte auch für den Spreizenden Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) und die Laichkrautart *Potamogeton berchtoldii* zutreffen, wobei von letzterer aber noch keine einheitliche Beurteilung der Nährstoffansprüche vorliegt. Die übrigen Gefäßpflanzen und die Wassermoosart *Fontinalis antipyretica* (siehe Artenliste) spielen hinsichtlich ihrer Häufigkeit keine bedeutende Rolle.

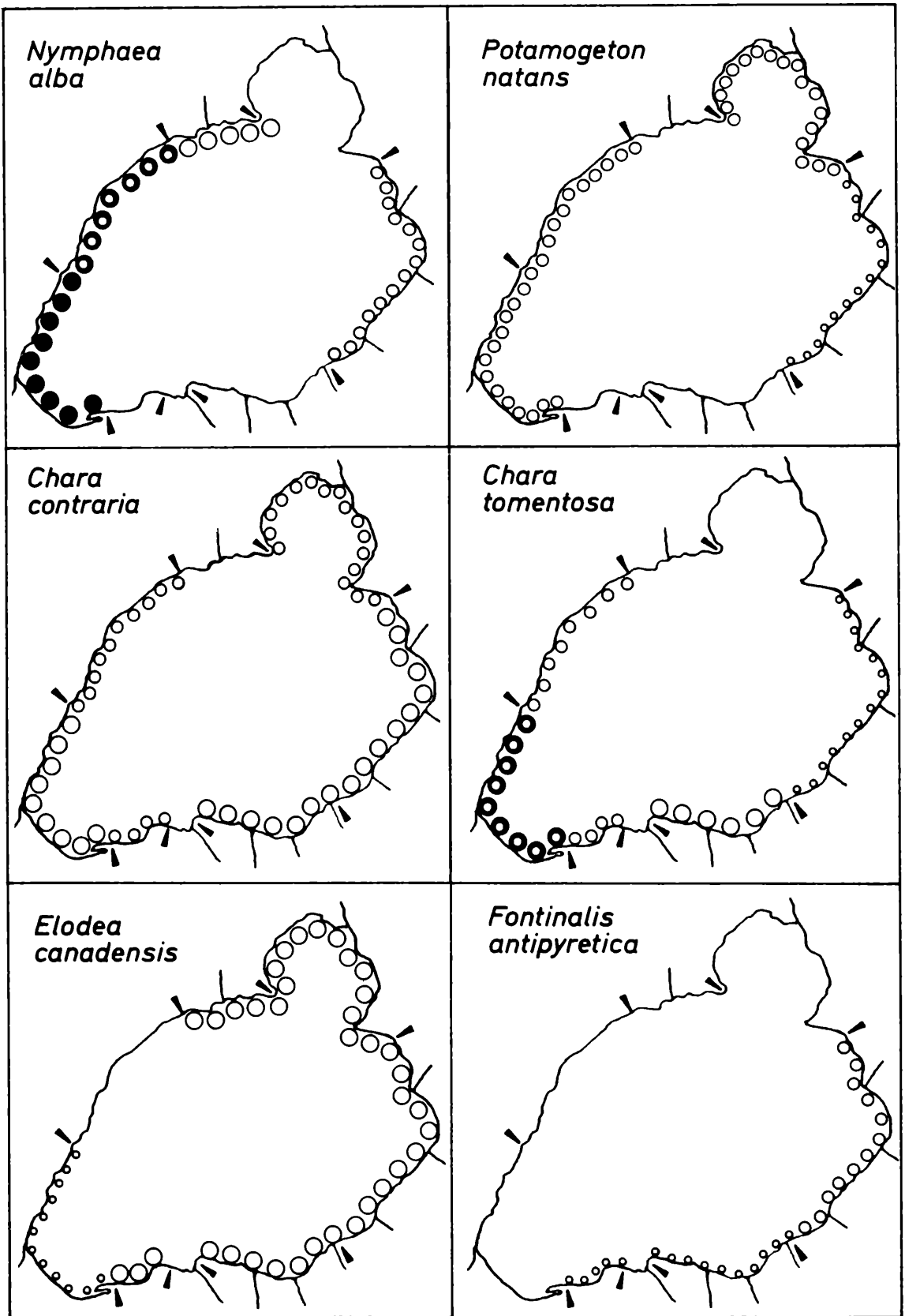
Von den sechs verschiedenen Armleuchteralgen, die im Bannwaldsee vorkommen, besiedeln *Chara contraria* und *Chara tomentosa* weite Teile des Ufers. Nach KRAUSE (1981) gehören beide zur typischen Flora mesotropher kalkreicher Gewässer und ihre Vergesellschaftung ist dabei häufig zu beobachten. Die übrigen Charaarten waren so selten zu finden, daß aus ihrem Vorkommen kein Indikatorwert abzuleiten ist.

Allerdings kann man aus dem extrem spärlichen Vorkommen oligotropher Arten, wie etwa dem von *Chara hispida*, ableiten, daß die Nährstoffgehalte für ein Aufkommen solcher Arten bereits zu hoch sind.

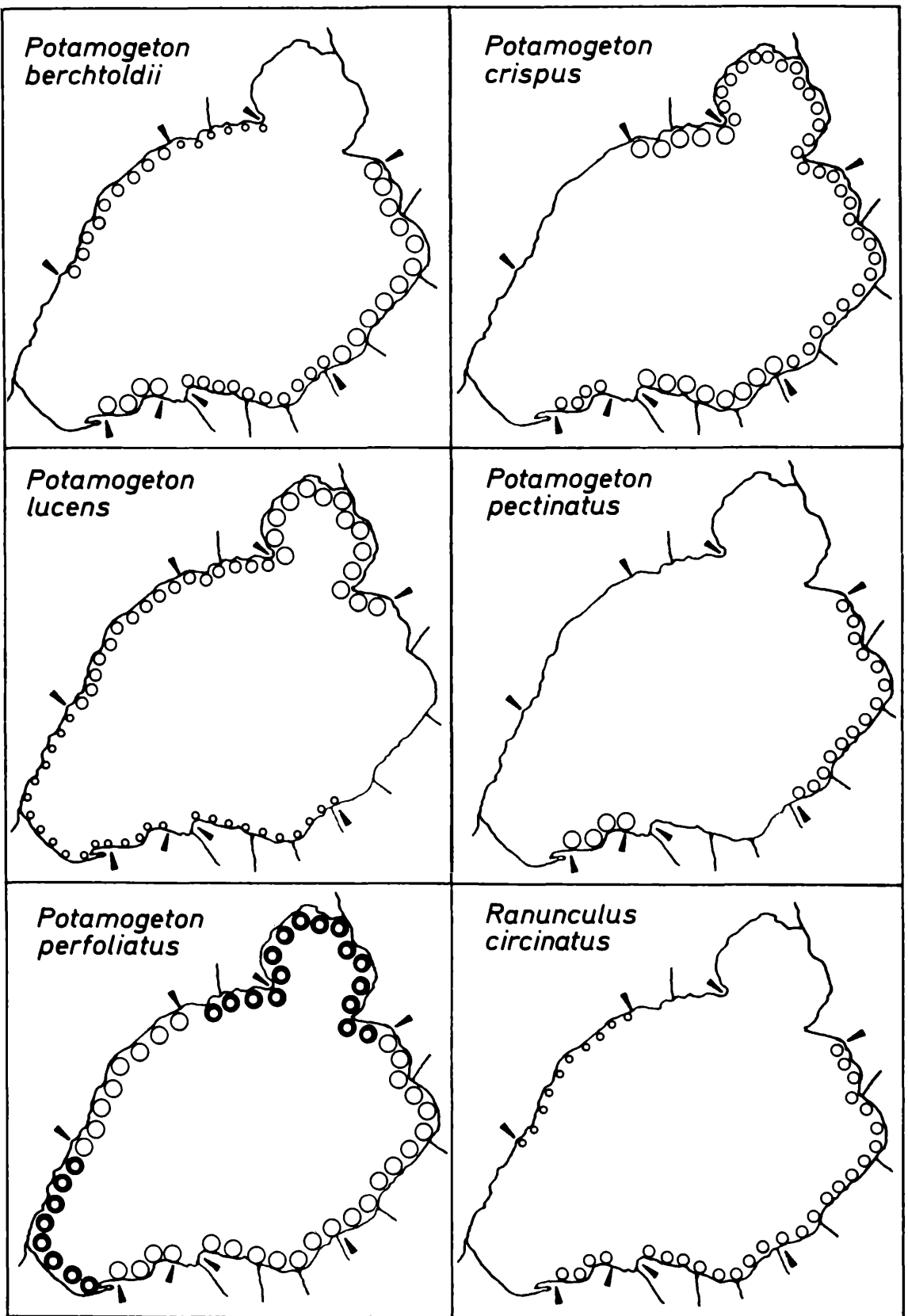


Karte 5a: BANNWALDSEE – Verbreitung wichtiger Arten





Karte 5b: BANNWALDSEE – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 5c: BANNWALDSEE – Verbreitung wichtiger Arten

### 5.5 Vergleich mit älteren Florenangaben

Im Jahr 1975 wurde von SCHAUER (in: FRÖBRICH et al. 1977) die Makrophytenvegetation des Bannwaldsees untersucht. Bei den Pflanzen der Röhrlicht- und Schwimmblattzone bestehen zwischen den von SCHAUER und uns durchgeführten Erhebungen gute Übereinstimmungen, wobei dieser aber nicht die von uns gefundenen Arten *Iris pseudacorus*, *Potentilla palustris* und *Menyanthes trifoliata* erwähnt.

Für die untergetauchte Vegetation trifft diese Übereinstimmung dagegen in keiner Weise zu. Während wir nicht weniger als sechs verschiedene Armleuchteralgenarten nachweisen konnten, fehlen entsprechende Fundangaben bei SCHAUER völlig.

1981 war z. B. *Chara contraria* nur in einem von acht Uferabschnitten nicht nachzuweisen und *Chara tomentosa* bildete in der Westbucht z. T. beachtliche Bestände aus (Schätzstufe 4 = häufig). Die übrigen

Arten waren selten oder sehr selten anzutreffen. Erwähnenswert ist, daß alle Arten ausschließlich im Flachwasserbereich vorkamen. Bei unserer Kartierungsaktion nahmen sechs Personen teil und es waren immer die das Röhrlicht und den Flachwasserbereich untersuchenden die, die Characeenfunde machten. Grundlegende Veränderungen im Wasserchemismus sind nach unserer Meinung für diese starken Abweichungen im Characeenbestand nicht verantwortlich zu machen.

Von SCHAUER nicht erwähnt wird außerdem das Vorkommen von *Fontinalis antipyretica*, *Potamogeton berchtoldii*, *Ranunculus trichophyllos* und *Utricularia australis*, wobei die beiden zuletzt genannten Arten nur in wenigen Abschnitten gesehen und von uns mit der Schätzstufe „sehr selten“ oder höchstens „selten“ bewertet wurden.

SCHAUER gibt für den Bannwaldsee das Vorkommen von *Elodea densa* an. Wir fanden die Art nicht,

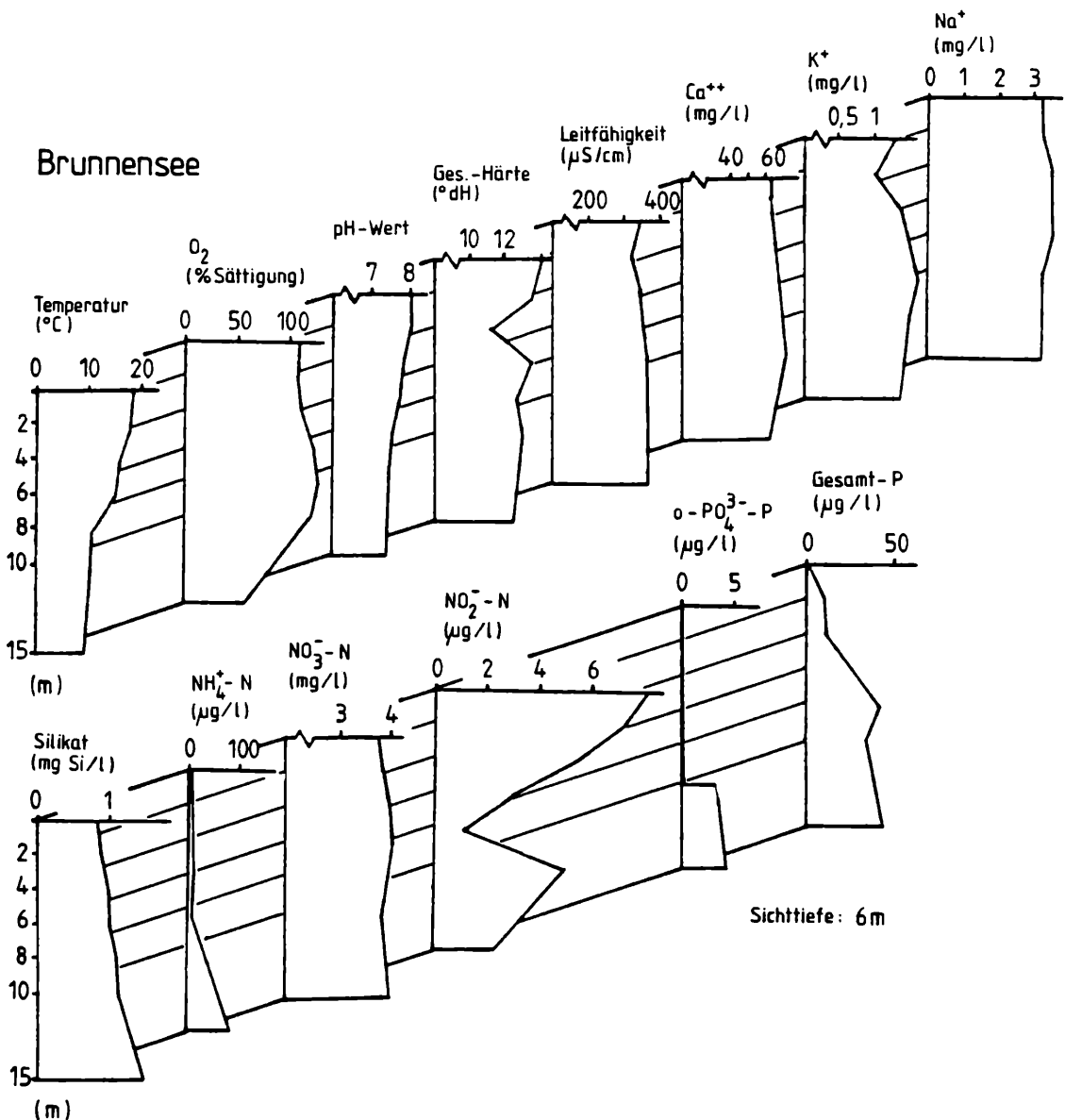


Abbildung 5

BRUNNENSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 26.8.1981

dafür aber *Lagarosiphon major* und vermuten, daß SCHAUER die Arten verwechselt hat. Die Bestimmung unseres Fundes nahm Herr DÖRR (Kempfen) vor, dem an dieser Stelle für seine Hilfe noch einmal gedankt sei.

## 6. Der Brunnensee

### 6.1 Allgemeine Angaben

In enger räumlicher Nachbarschaft zur Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte liegt im Norden des Chiemsees die Gruppe der Seener Seen. Kartiert wurden dabei von uns im Sommer 1981 der Brunnensee, Griessee und Klosterseeoner See, wogegen Seeleiten-, Esterpointer- und Jägersee unberücksichtigt blieben.

Die einzelnen Wasserflächen repräsentieren Relikte des „Seener Ursees“ (GESSNER 1953), der nach Rückzug des Chiemseegletschers am Ende der letzten Vereisungsphase als Toteiskessel entstanden war und dessen Oberfläche mit 1,86 qkm das gesamte Gebiet der heutigen Seen bedeckte. Kleine Wasserläufe verbinden die einzelnen Seen und der nur geringfügig niedrigere Wasserstand des Klosterseeoner Sees (532,60 m NN) im Vergleich zum Griessee (533,36 m NN) (WILHELM 1957) bedingt eine sehr träge Durchströmung der Seenkette von Norden nach Süden.

Westlich des Griessees führt ein schmaler Trampelpfad zum versteckt gelegenen Brunnensee. Wie bereits der Name vermuten läßt, wird dieser See hauptsächlich von Grundwasser gespeist und erhält nur eine geringe Wassermenge aus dem unwesentlich höher liegenden Griessee. Die Wasserversorgung erfolgt zum Einen über Quelltrichter, die außerhalb des Sees liegen und oberirdisch in den Brunnensee entwässern, andererseits aber auch über unterseeische Quellen, sog. Limnokrenen.

Die Morphologie des Seebeckens läßt im Gegensatz zum Griessee unschwer die typischen Kennzeichen eines Toteissees erkennen. Nur im Norden hat sich in einer Tiefe von 4-5 m eine Uferbank ausgebildet. In den übrigen Bereichen fehlt sie, oder sie leitet sehr rasch in eine steil abfallende, bis zur größten Tiefe von 18,6 m führende Halde über. Bei der Zusammensetzung des Sediments überwiegt heller Kalk. In der Nordbucht, wo Grundwasserzutritte fehlen, herrscht dagegen eine Auflage organischer Konsistenz vor.

Die starke Grundwasserversorgung läßt die Wassertemperatur am Brunnensee auch im Sommer nicht allzu hoch ansteigen und bedingt zusammen mit der verkehrsgünstigen Lage und den schlecht zugänglichen Ufern eine nur geringe Belastung durch Badegäste und Erholungssuchende. Anthropogen bedingte Schäden an der Wasservegetation blieben zur Zeit der Untersuchungen noch eng begrenzt.

### 6.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 5)

Auf Grund seiner chemisch-physikalischen Verhältnisse unterscheidet sich der Brunnensee grundsätzlich vom nur 200 m entfernt gelegenen Griessee, der dystrophen Charakter aufweist. Verantwortlich dafür ist der bereits erwähnte intensive Grundwasserzutritt in den See.

Die Wassertemperatur sank gleichmäßig von 17,5° C an der Oberfläche auf 9,2° C in 15 m Tiefe. Eine

deutliche thermische Schichtung fehlte. Auf Grund der hohen Pufferkapazität bei einer Gesamtwasserhärte von maximal 14° dGH, bleiben die pH-Werte im Tiefenprofil sehr stabil. Eine geringe Sauerstoffzehrung äußerte sich in einer Sättigung von 81 % noch unmittelbar über dem Gewässergrund. Die Produktivität des Brunnensees wird offensichtlich durch gelöstes Phosphat limitiert. Innerhalb der obersten 10 m war dieser Nährstoff nicht nachweisbar. Der Gehalt an Gesamtphosphat betrug an der Oberfläche 2 µg P/l und nahm bis in 15 m Wassertiefe auf 42,5 µg P/l zu. Auffallend hoch lag der Nitratgehalt mit 3,7 mgN/l, was auf den starken Zustrom nitratreichen Grundwassers zurückzuführen sein dürfte.

### 6.3 Artenliste (Brunnensee)

#### Röhrichtarten

*Cladium mariscus* (L.) POHL

Schneide

*Mentha aquatica* L.

Wasser-Minze

(02:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Potentilla palustris* (L.) SCOP.

Sumpffingerkraut

(05:1)

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

*Thelypteris palustris* SCHOTT

Sumpffarn

(05:1)

#### Schwimtblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.

Gelbe Teichrose

*Polygonum amphibium* L.

Wasser-Knöterich

(05:2)

*Potamogeton natans* L.

Schwimmendes Laichkraut

#### Untergetauchte Arten

*Chara aculeolata* KÜTZ.

*Ch. aspera* DETH.

*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. hispida* L.

*Ch. intermedia* A. BR.

*Ch. tomentosa* L.

*Myriophyllum spicatum* L.

Ähren-Tausedblatt

*Potamogeton lucens* L.

Spiegelndes-Laichkraut

*P. pectinatus* L.

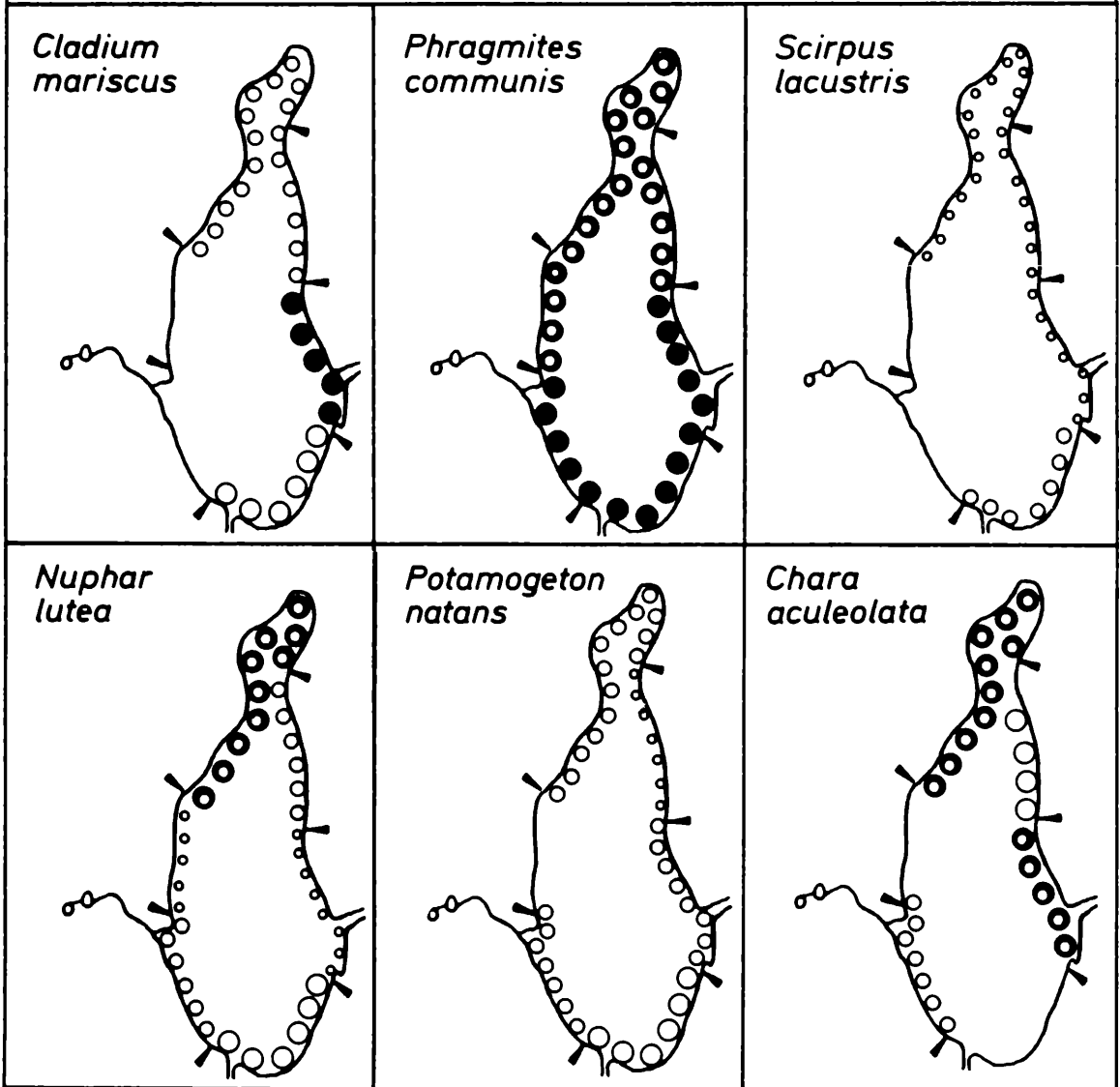
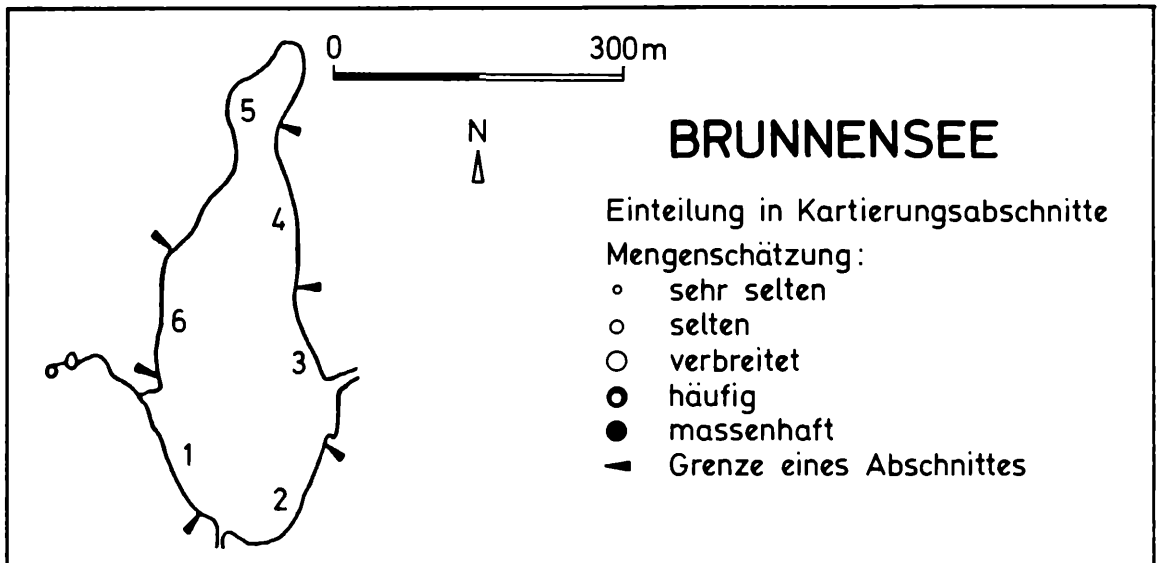
Kamm-Laichkraut

*Utricularia australis* L.

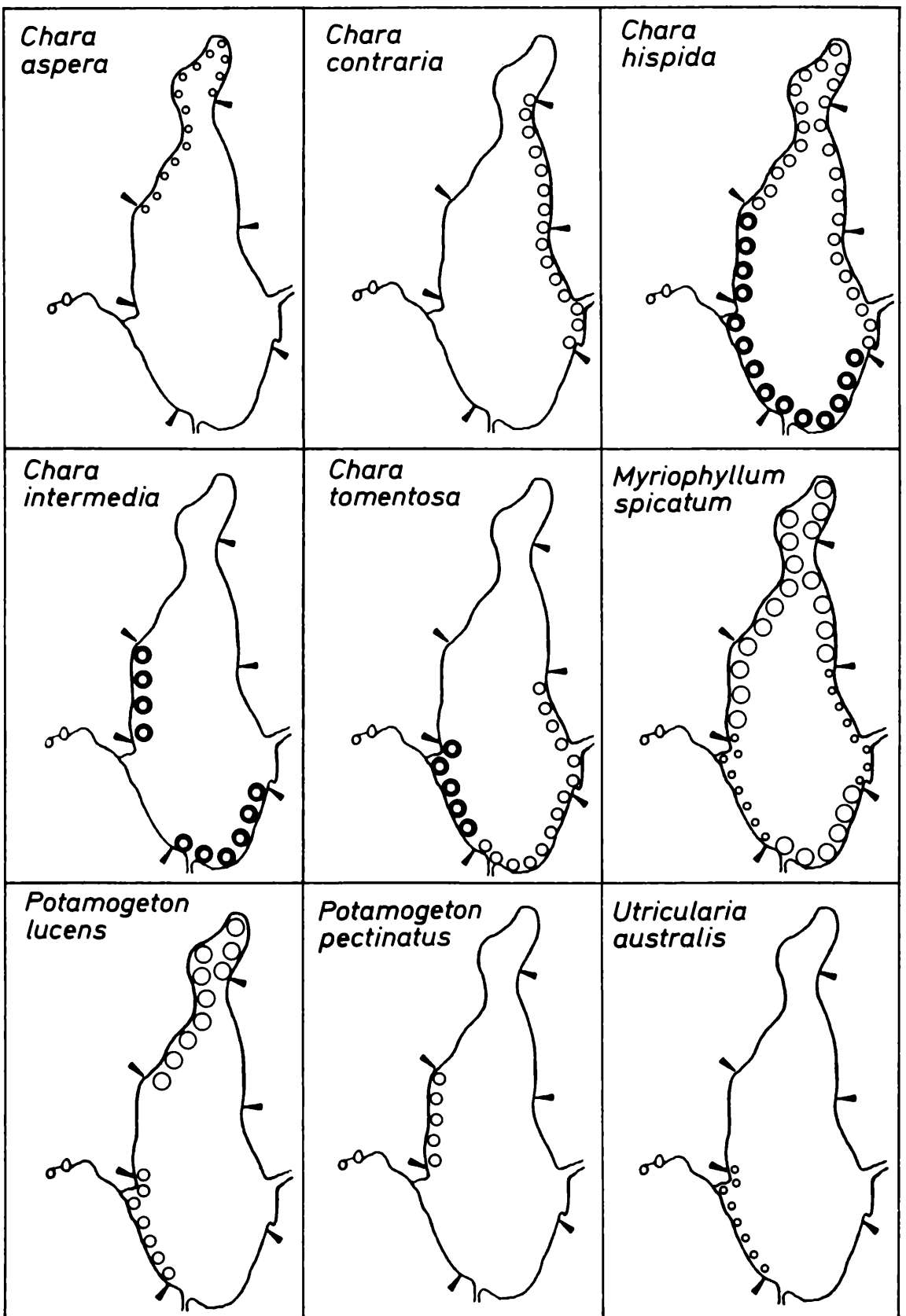
Südlicher Wasserschlauch

### 6.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 6a, b)

Den Röhrichtgürtel des Brunnensees prägen dichte Bestände des Schilfrohrs (*Phragmites communis*). Nur wenige zum Gewässerrand führende Trampelpfade unterbrechen den nahezu geschlossenen Saum, der das Ufer umgibt. Die Schneide (*Cladium mariscus*) wächst deutlich bevorzugt im Südosten des Sees, vor allem im Bereich des Zuflusses aus dem Griessee, wogegen sie am Westufer streckenweise völlig fehlt. Die gleichen Stellen meidet auch die Flechtsimse (*Scirpus lacustris*). In den übrigen Seeteilen ist sie dem Schilfgürtel wasserseitig vorge-



Karte 6a: BRUNNENSEE – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 6b: BRUNNENSEE – Verbreitung wichtiger Arten

lagert, gedeiht dabei allerdings nur in geringer Dichte. Das Vorkommen des Schwimmenden Laichkrauts (*Potamogeton natans*) beschränkt sich am Brunnensee streng auf den Tiefenbereich von 2-3 m. Die Art tritt nicht sehr häufig auf und bildet zumeist nur ihre Unterwasserblätter aus. Die Hauptverbreitung der zweiten Schwimmblattpflanze, der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*), liegt im Nordteil des Sees. Hier, in der etwas flacheren Bucht, findet sie günstigere Wachstumsvoraussetzungen als auf den steil abfallenden Uferhalden der übrigen Seeteile. Auch die beiden einzigen submersen Gefäßpflanzen des Brunnensees, das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*) bevorzugen diesen, von einer organischen Auflage bedeckten Bereich. Auf die Nährstoffarmut des Sees deutet der dichte Bewuchs mit Armleuchteralgen hin. Vor allem *Chara aculeolata* bildet streckenweise eindrucksvolle Polster zwischen 3 und 10 m Wassertiefe. Mit regelmäßiger Häufigkeit trifft man unterhalb von 3 bis 4 m auch auf die oligotraphente Art *Chara hispida*. Seltener wachsen *Chara aspera*, *Chara contraria*, *Chara intermedia* und *Chara tomentosa*. Die große Artenvielfalt und der z. T. sehr dichte Bewuchs mit Armleuchteralgen erlauben es, den Brun-

nensee zur Zeit der Untersuchung als typischen „Charasee“ zu bezeichnen. Es bleibt zu hoffen, daß die Ausweisung des Seengebietes um Klosterseeon als Naturschutzgebiet dazu beitragen wird, diesen selten gewordenen Seentypus zu erhalten.

## 7. Die Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte

### 7.1 Allgemeine Beschreibung

Ausgehend vom Aiterbacher Winkel, dem Nordwestende des Chiemsees, verläuft über Eggstätt und Seeon das Rimsting-Seeoner Tal. Seinen südwestlichen Abschnitt bildet die landschaftlich reizvolle Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte mit insgesamt 17 offenen Wasserflächen, die größtenteils über Gräben und Kanäle miteinander in Verbindung stehen. Einige der Seen werden von regellos angeordneten Hügelketten in verwinkelte Formen gezwängt, andere füllen kreisrunde, von der Umgebung abgeschlossene Kessel.

Nach KILIAN (1949) verdankt die Landschaft ihre eigenwillige Oberflächenform der letzten Phase der Würmeiszeit. Bereits während der vorangegangenen Interglazialzeit war ein längliches Becken angelegt worden, das in der Lage war, große Eismassen der vorstoßenden Chiemsee- und Inngletscher auf-

### 7.2 Artenliste (Eggstätt-Hemhofer-Seen)

Nachfolgend werden die makrophytischen Wasserpflanzen aufgelistet, die wir in den von uns untersuchten Seen der Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte nachweisen konnten. Für seltene Arten wurden dabei keine Verbreitungskarten angefertigt, jedoch wird in der Artenliste darauf hingewiesen, in welchen Seen sie gefunden wurden. Dabei bedeuten folgende Abkürzungen: L = Langbürgner See, S = Schloßsee, Ka = Kautsee, H = Hartsee, P = Pelhamersee, Ke = Kesselsee und E = Einbessee.

#### Röhrichtarten

*Cladium mariscus* (L.) Pohl  
Schneide (Karte 8)  
*Iris pseudacorus* L.  
Wasserschwertlilie K, L, S  
*Mentha aquatica* L.  
Wasser-Minze H, L, P, Ke  
*Menyanthes trifoliata* L.  
Fieberklee H, K, P, S, Ke  
*Phragmites communis* TRIN.  
Schilfrohr (Karte 9)  
*Scirpus lacustris* L.  
Flechtsimse (Karte 10)  
*Sparganium emersum* REHMANN  
Einfacher Igelkolben P  
*Solanum dulcamara* L.  
Bittersüßer Nachtschatten H, L, P  
*Veronica beccabunga* L.  
Bachbunze H

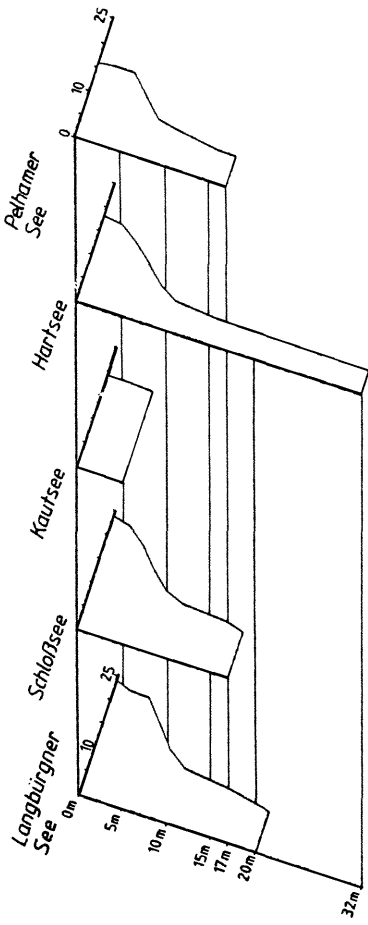
#### Schwimmblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.  
Gelbe Teichrose (Karte 11)  
*Nymphaea alba* L.  
Weiße Seerose (Karte 12)  
*Potamogeton natans* L.  
Schwimmendes Laichkraut (Karte 13)

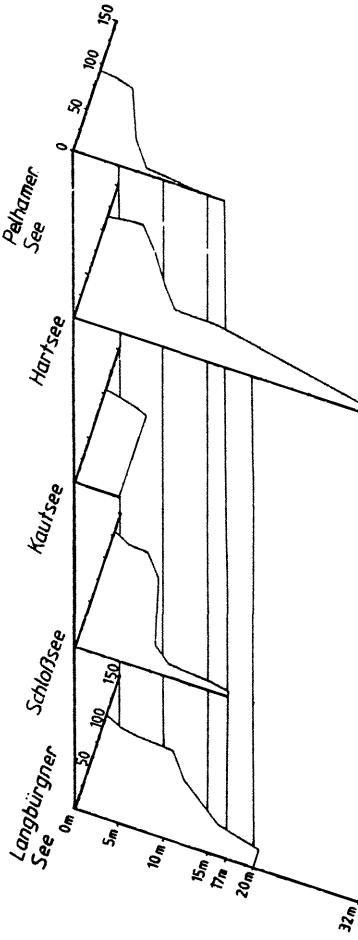
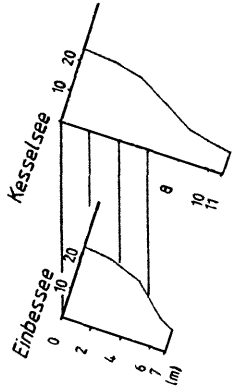
#### Untergetauchte Arten

*Ceratophyllum demersum* L.  
Gemeines Hornblatt (Karte 14)  
*Chara aspera* DETH. (Karte 15)  
*Ch. aspera* f. *brevifolia* A. BR. L  
*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ. (Karte 16)  
*Ch. delicatula* AG. L, S  
*Ch. fragilis* DESV L, S  
*Ch. hispida* L. (Karte 17)  
*Ch. intermedia* A. BR. (Karte 18)  
*Ch. tomentosa* L. (Karte 19)  
*Elodea canadensis* MICHX.  
Kanadische Wasserpest S  
*Fontinalis antipyretica* L.  
Gemeines Quellmoos L  
*Myriophyllum spicatum* L.  
Ähren-Tausendblatt (Karte 20)  
*M. verticillatum* L.  
Quirl-Tausendblatt S  
*Najas intermedia* WOLFGANG  
Mittleres Nixkraut (Karte 21)  
*Nitellopsis obtusa* (DESV.) J. GROVES  
(Karte 22)  
*Potamogeton berchtoldii* FIEBER  
Berchtolds-Laichkraut L  
*P. crispus* L.  
Krauses Laichkraut (Karte 23)  
*P. lucens* L.  
Spiegelndes Laichkraut (Karte 24)  
*P. pectinatus* L.  
Kamm Laichkraut (Karte 25)  
*P. perfoliatus* L.  
Durchwachsenes Laichkraut (Karte 26)  
*P. praelongus* WULFEN  
Gestrecktes Laichkraut (Karte 27)  
*Stratiotes aloides* L.  
Krebschere L  
*Utricularia australis* R. BR.  
Südlicher Wasserschlauch (Karte 28)

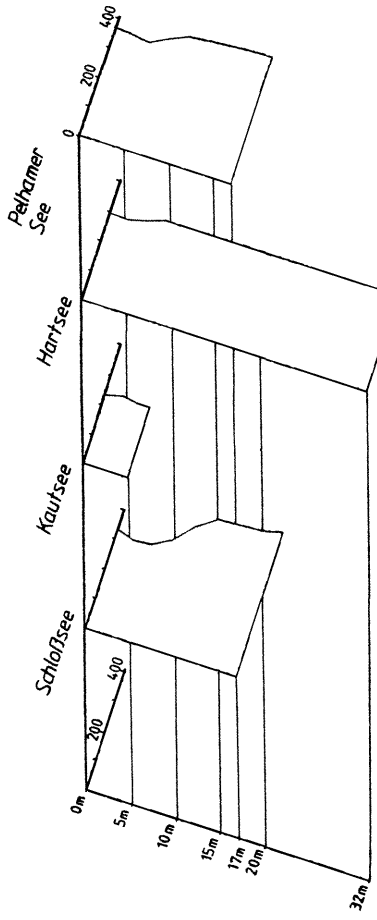
WASSEITEMPERATUR  
(°C)



SAUERSTOFFSÄTTIGUNG  
(in %)



LEITFÄHIGKEITSWERTE  
(µS)



pH - WERTE

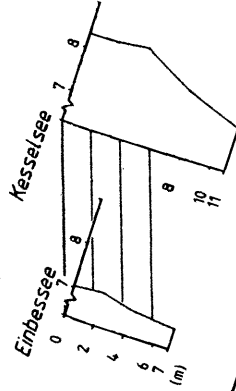
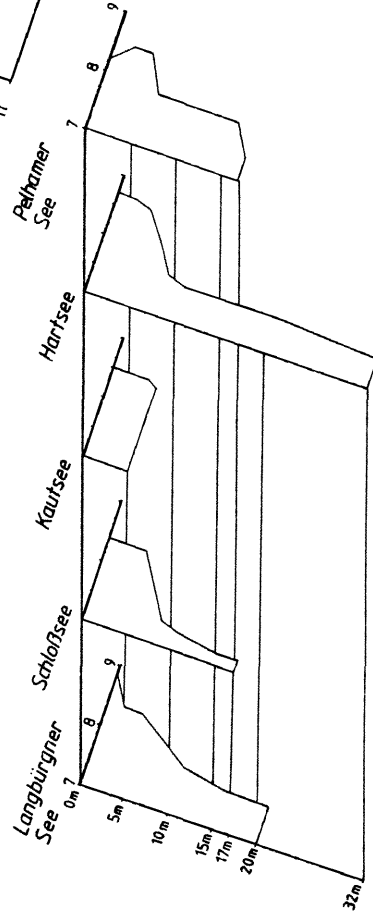
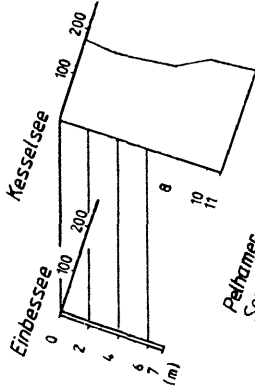
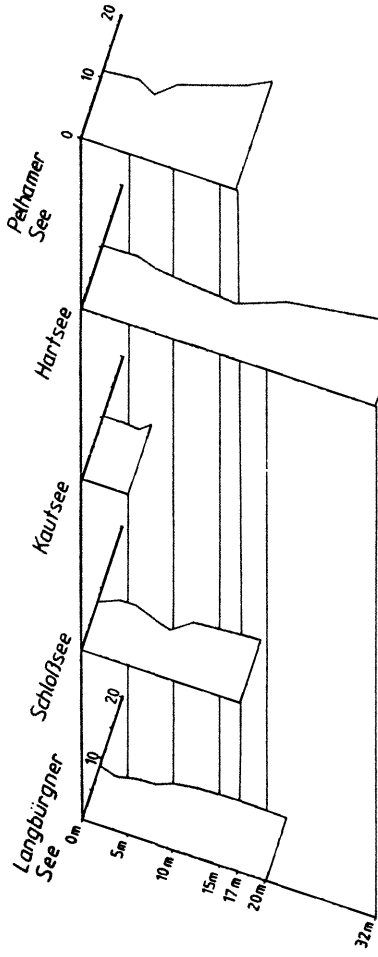


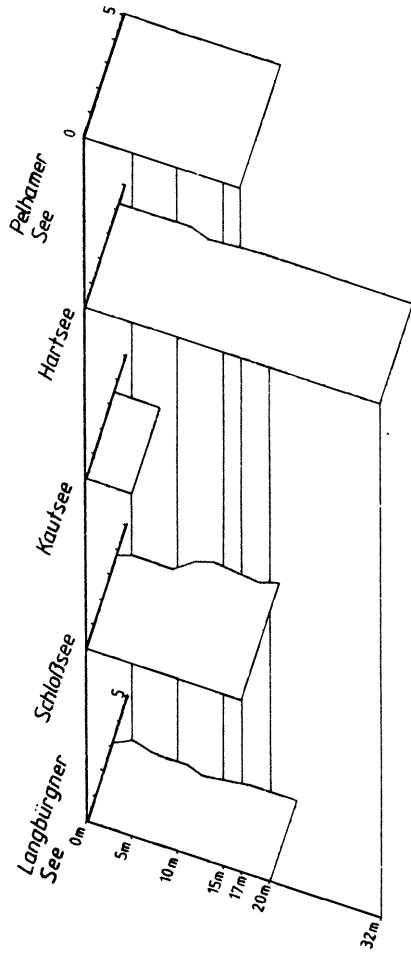
Abbildung 6a  
EGGSTÄTT-HEMHOFER-SEENPLATTE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom Juni 1981 und August 1983



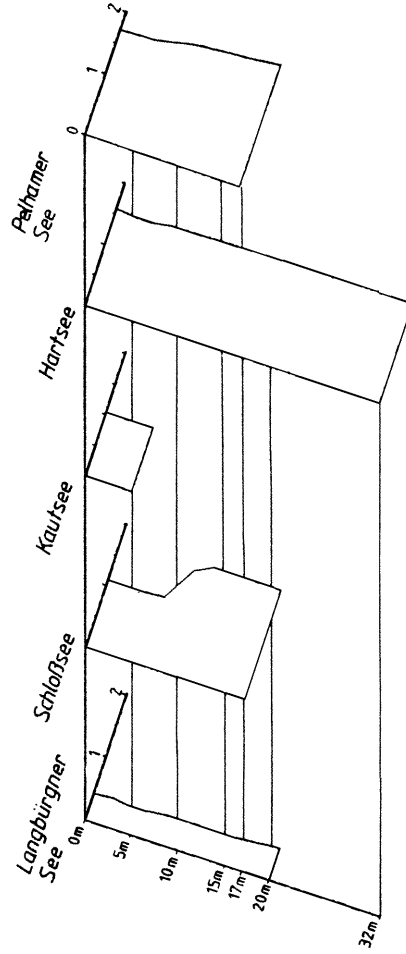
WASSERHÄRTEN  
(°dGH)



NATRIUMGEHALT  
(mg Na<sup>+</sup>/l)



KALIUMGEHALT  
(mg K<sup>+</sup>/l)



CALCIUMGEHALT  
(mg Ca<sup>2+</sup>/l)

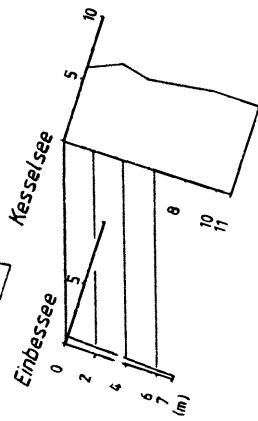
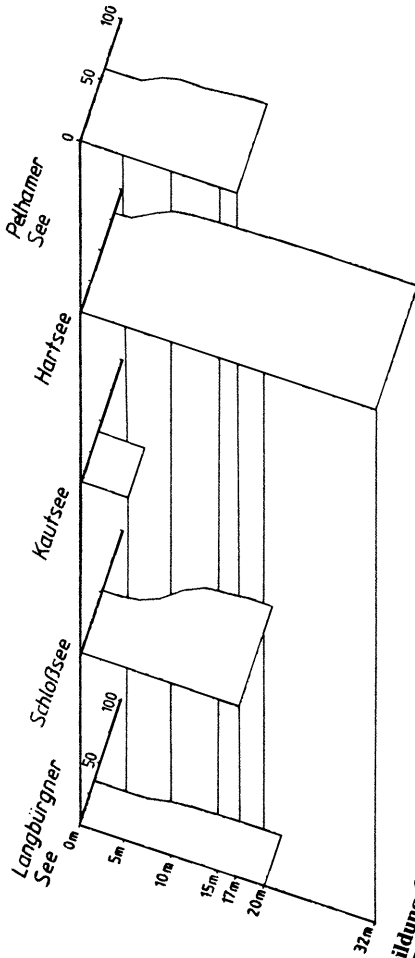
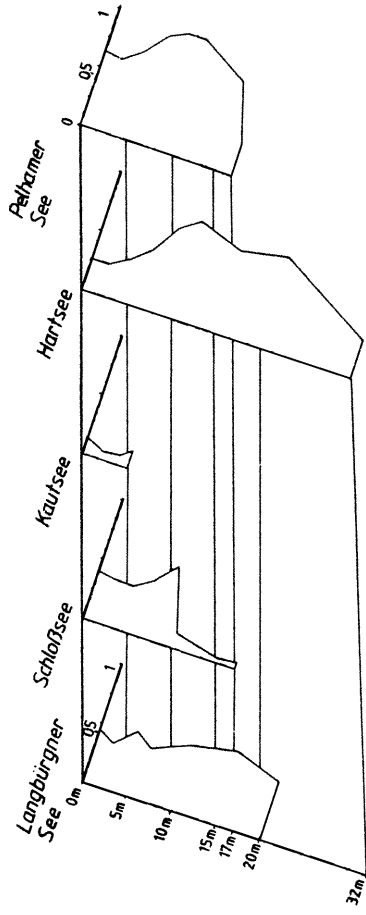
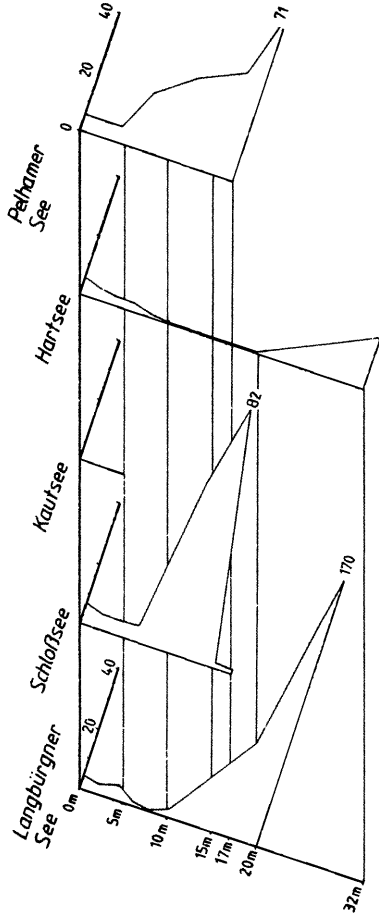


Abbildung 6b  
EGGSTÄTT-HEMHOFER-SEENPLATTE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom Juni 1981 und August 1983

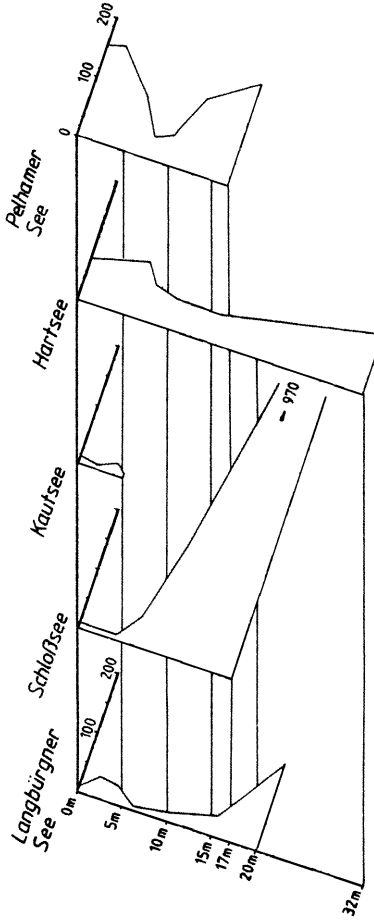
NITRAT-N-Gehalt  
(mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l)



NITRIT-N-Gehalt  
(µg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N/l)



AMMONIUM-N-Gehalt  
(µg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/l)



KIESELSÄUREGEHALT  
(mg SiO<sub>2</sub>/l)

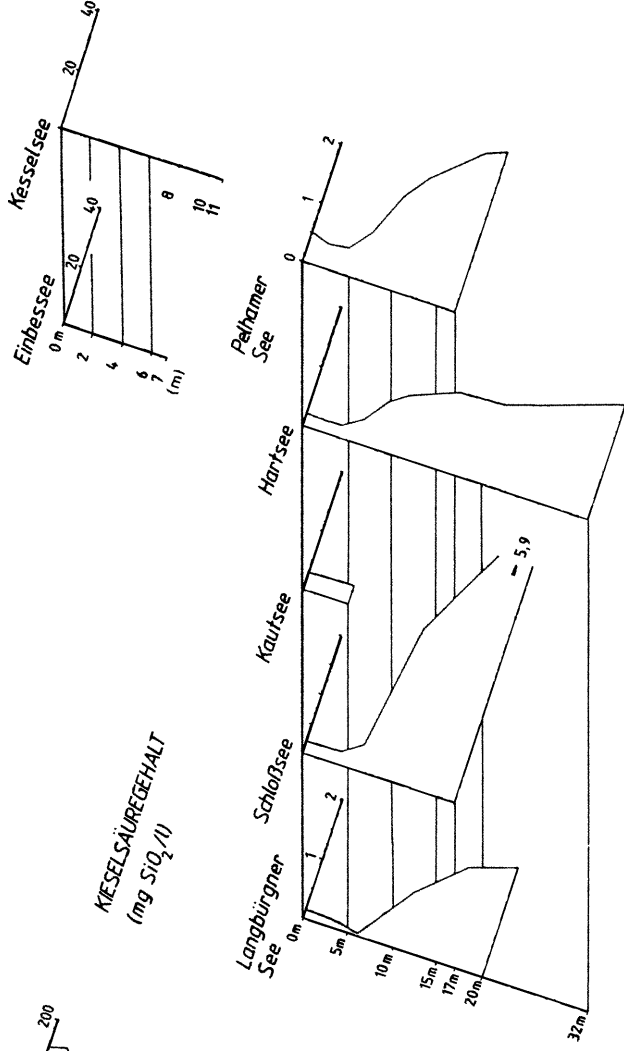
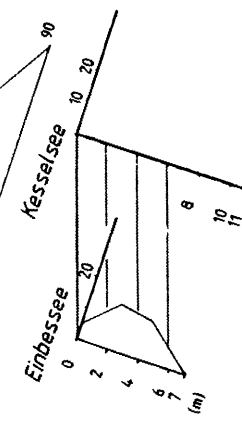
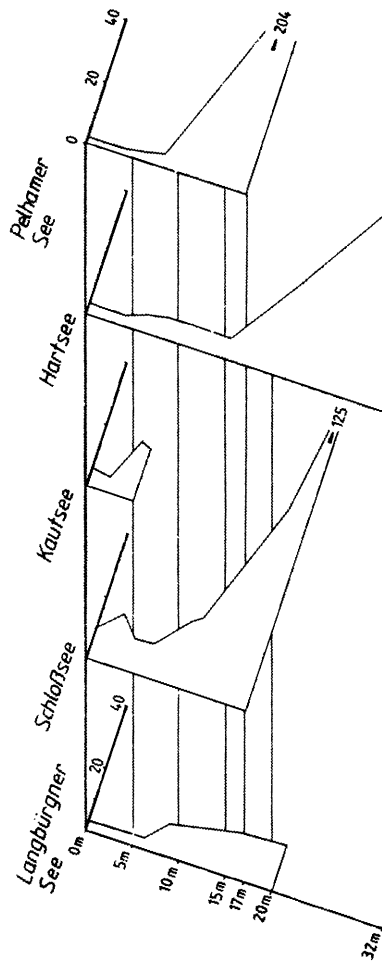
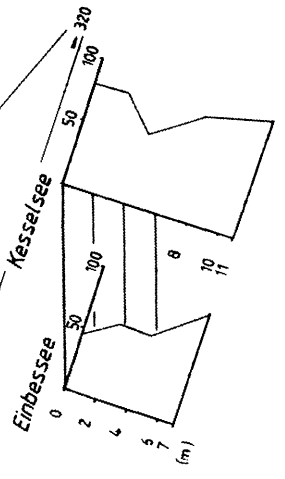
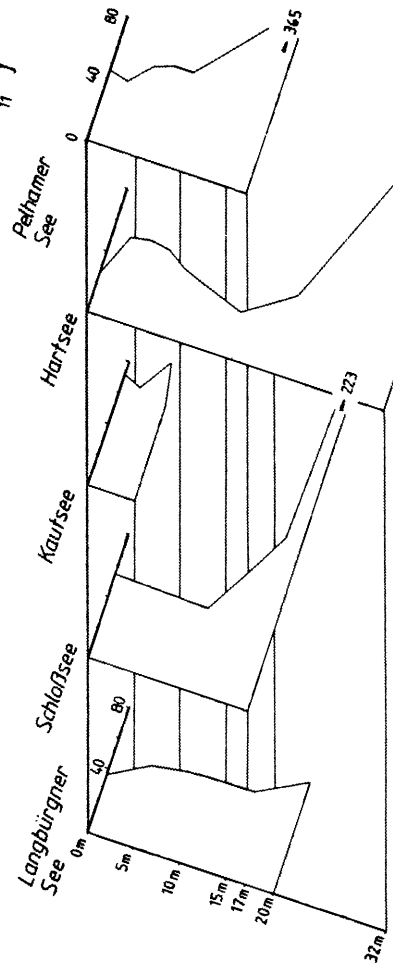


Abbildung 6c  
EGGSTÄTT-HEMHOFER-SEENPLATTE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom Juni 1981 und August 1983

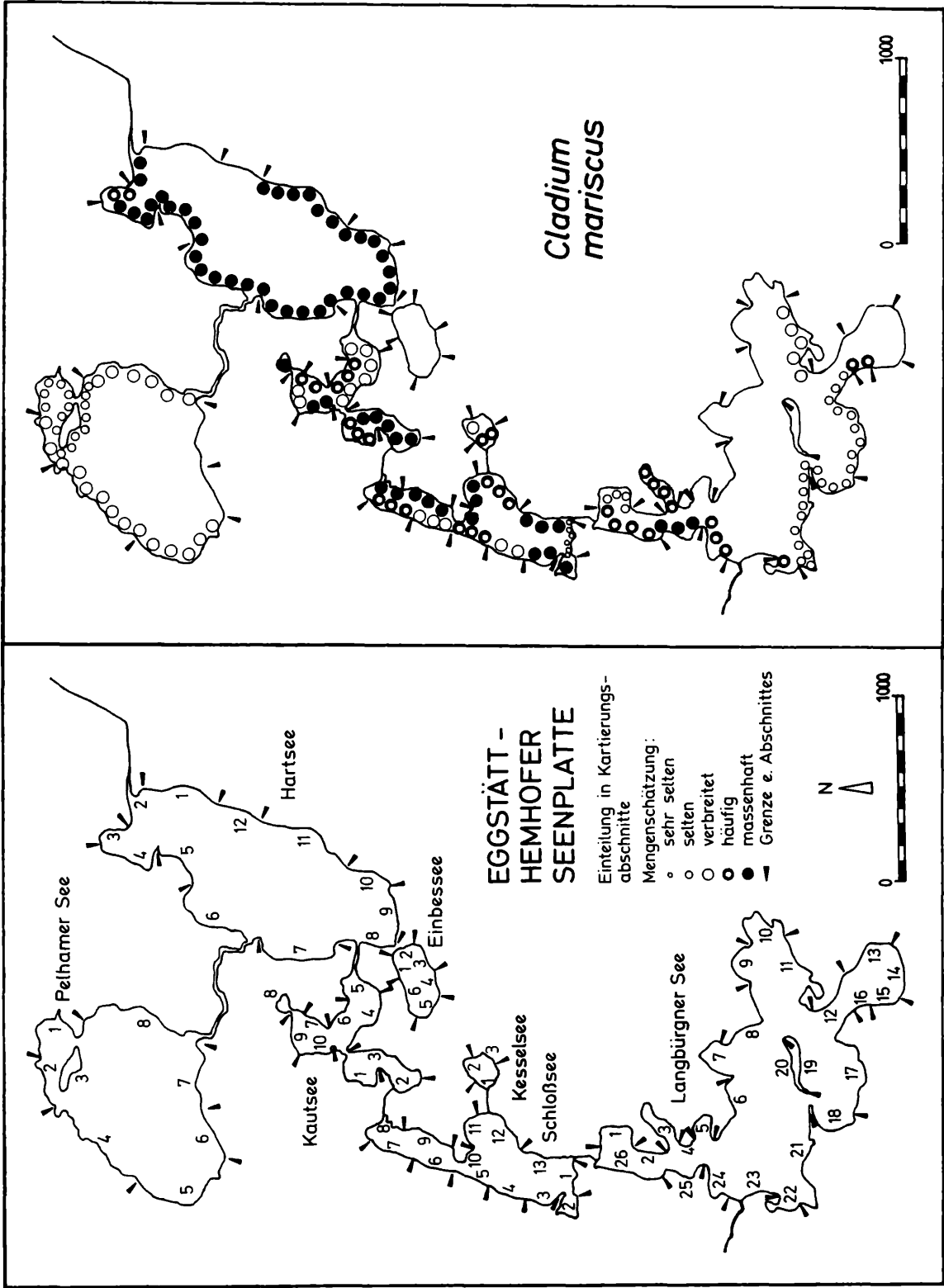
Gehalt an gel. o - PHOSPHAT  
( $\mu\text{g P/l}$ )



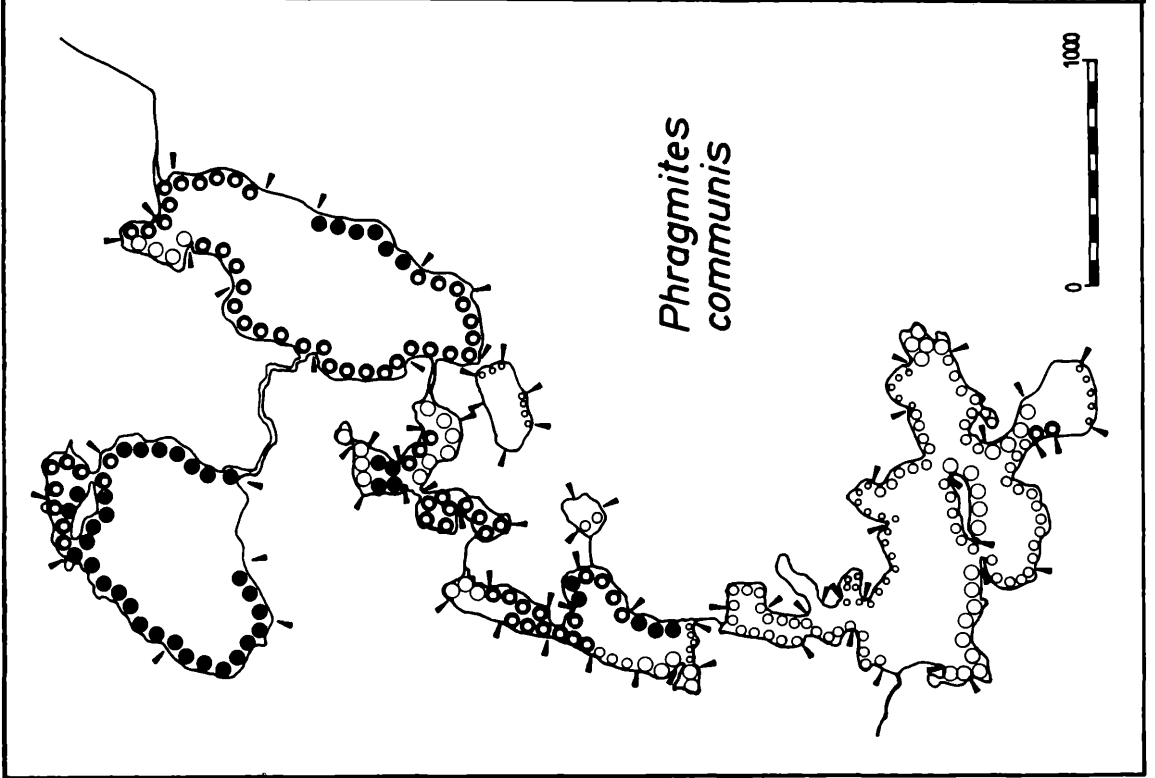
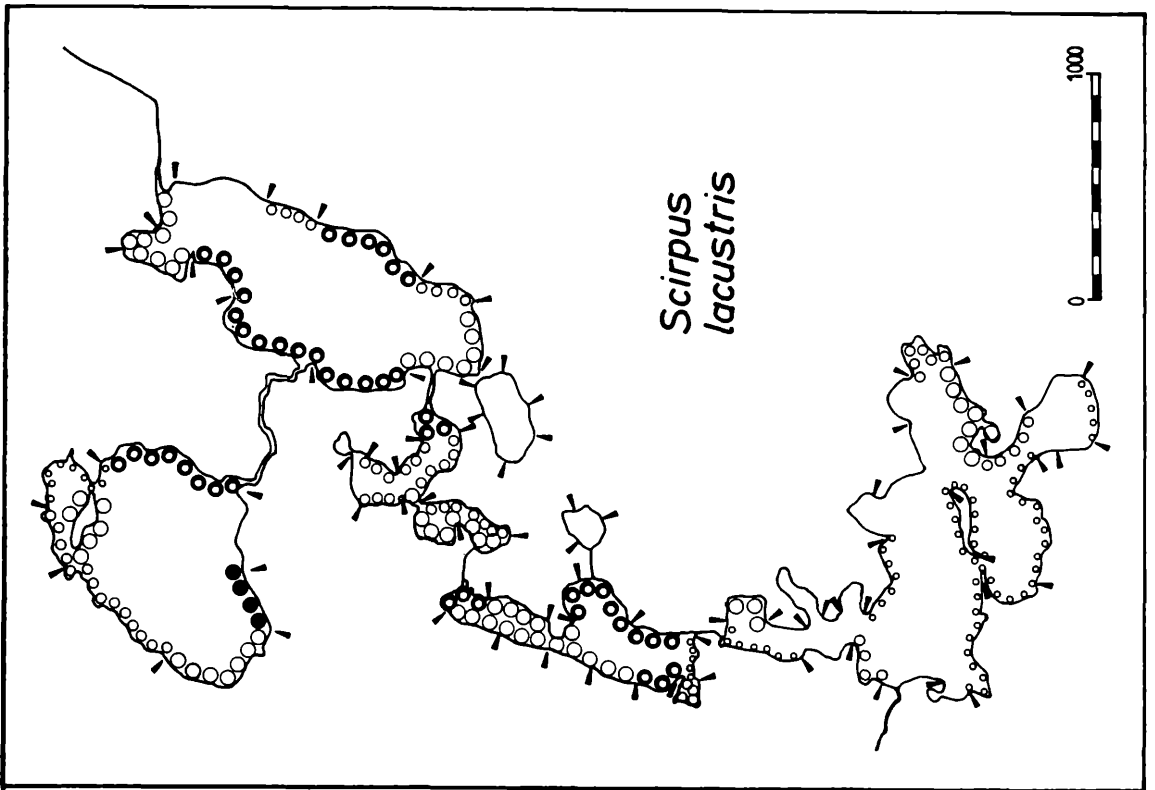
Gehalt an GESAMTPHOSPHAT  
( $\mu\text{g P/l}$ )

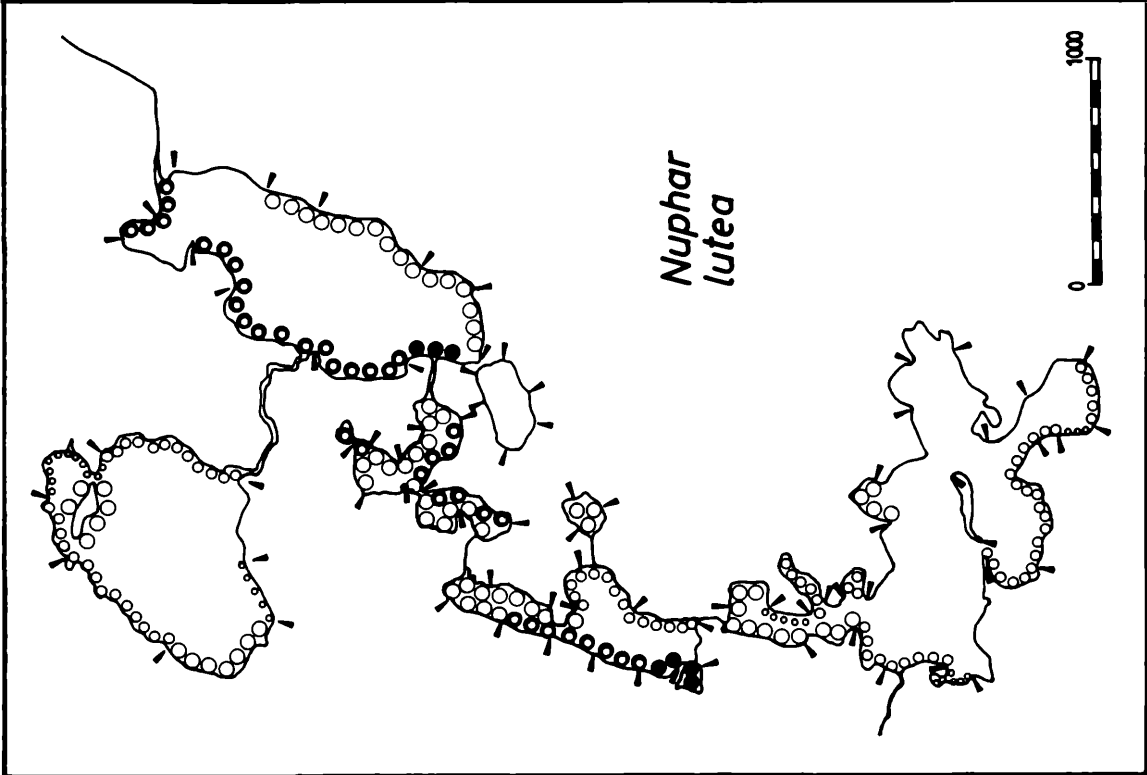
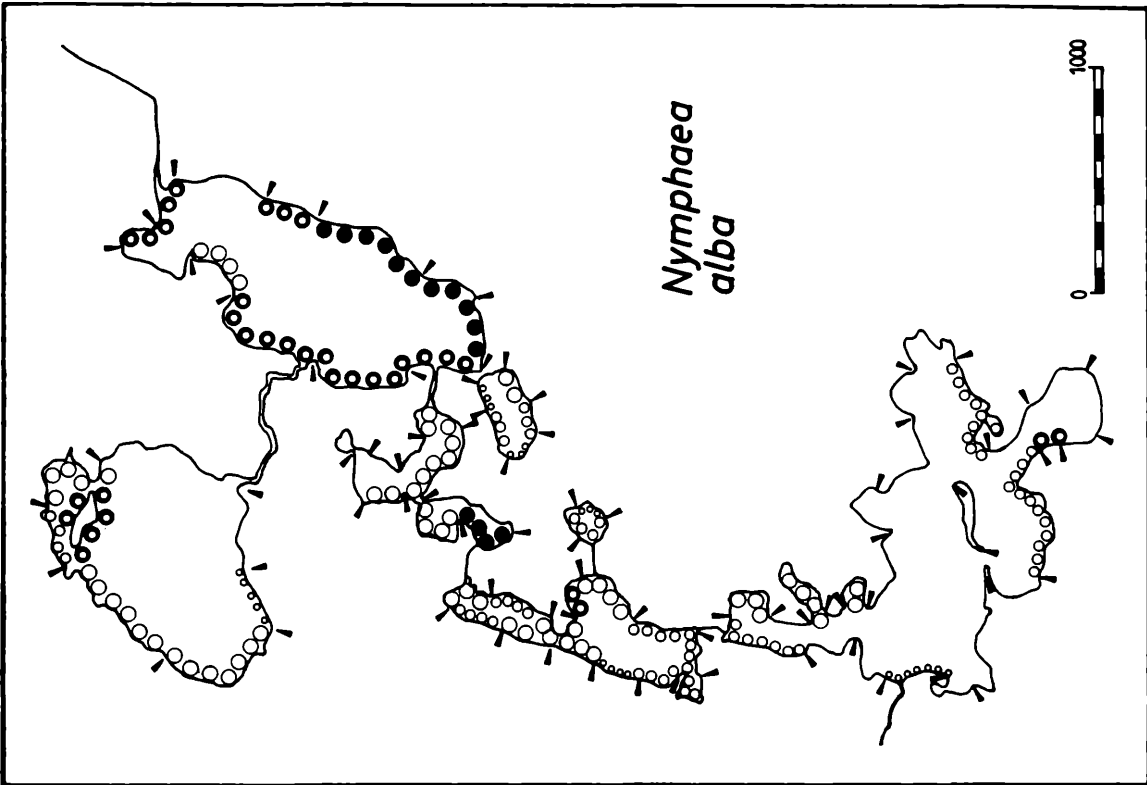


**Abbildung 6d**  
EGGSTÄTT - HEMHOFER-SEENPLATTE, chemisch-physikalische Verhältnisse;  
Tiefenprofile vom Juni 1981 und August 1983

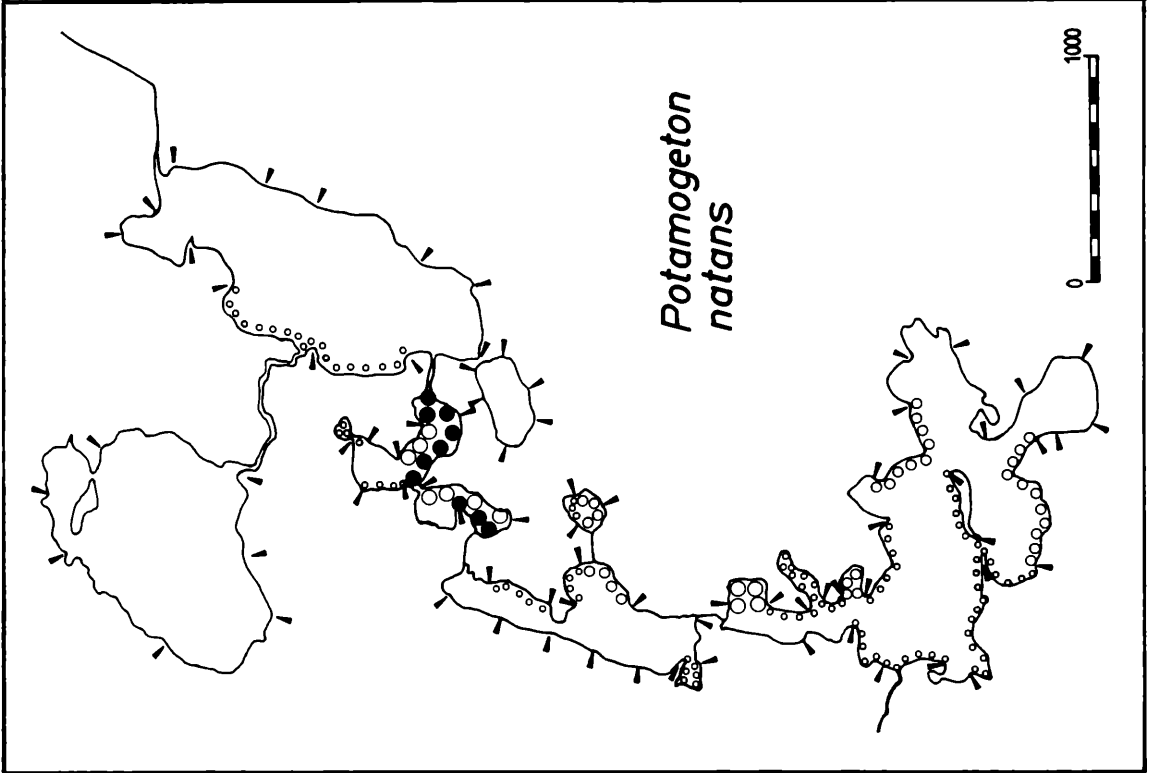
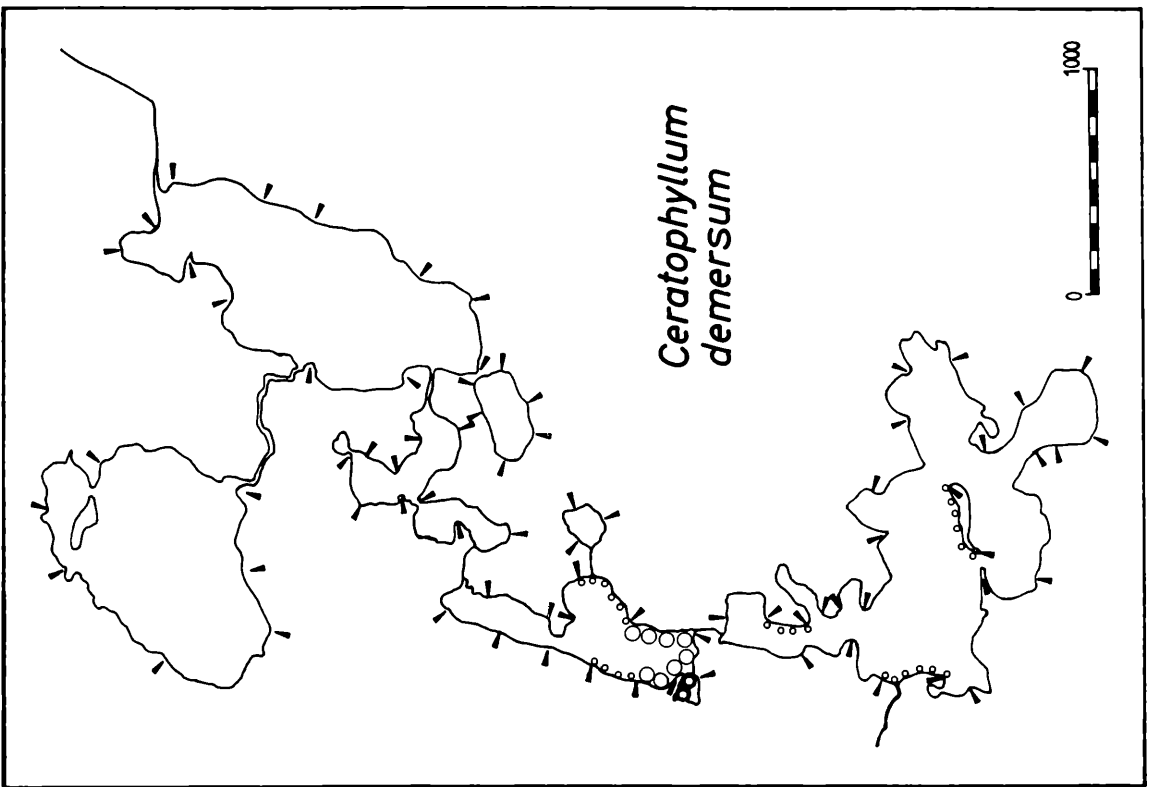


Karten 7 und 8

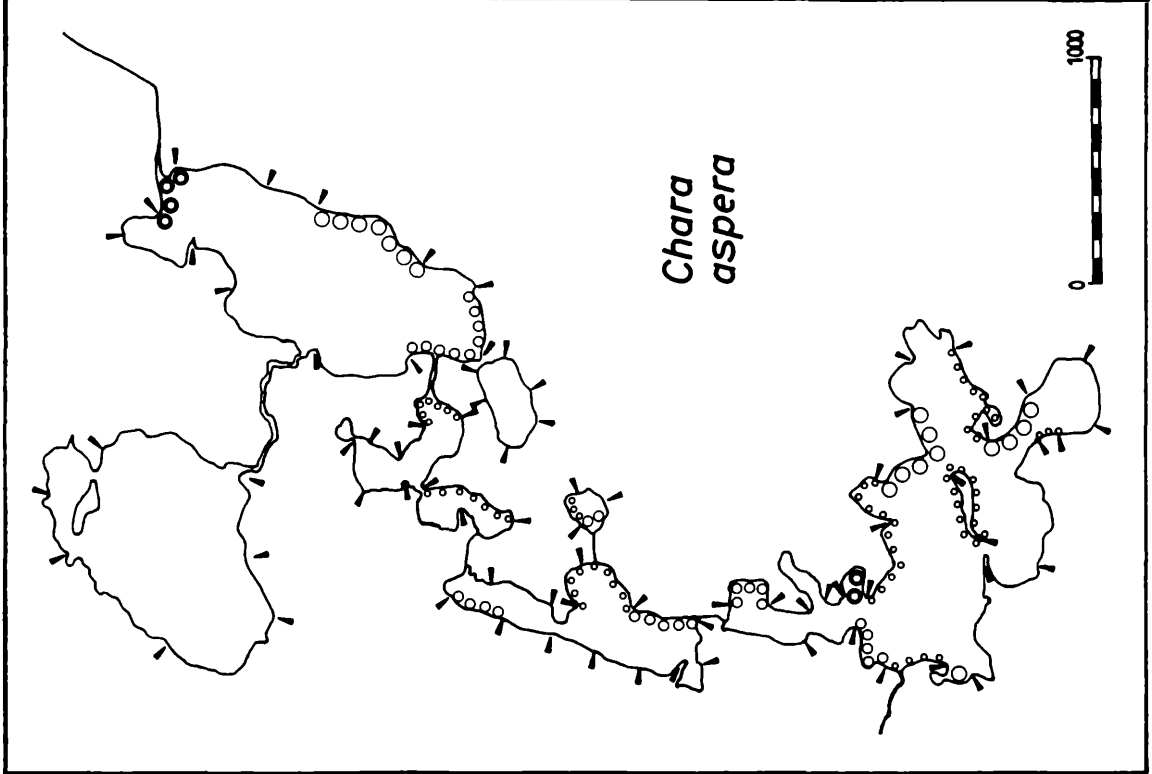
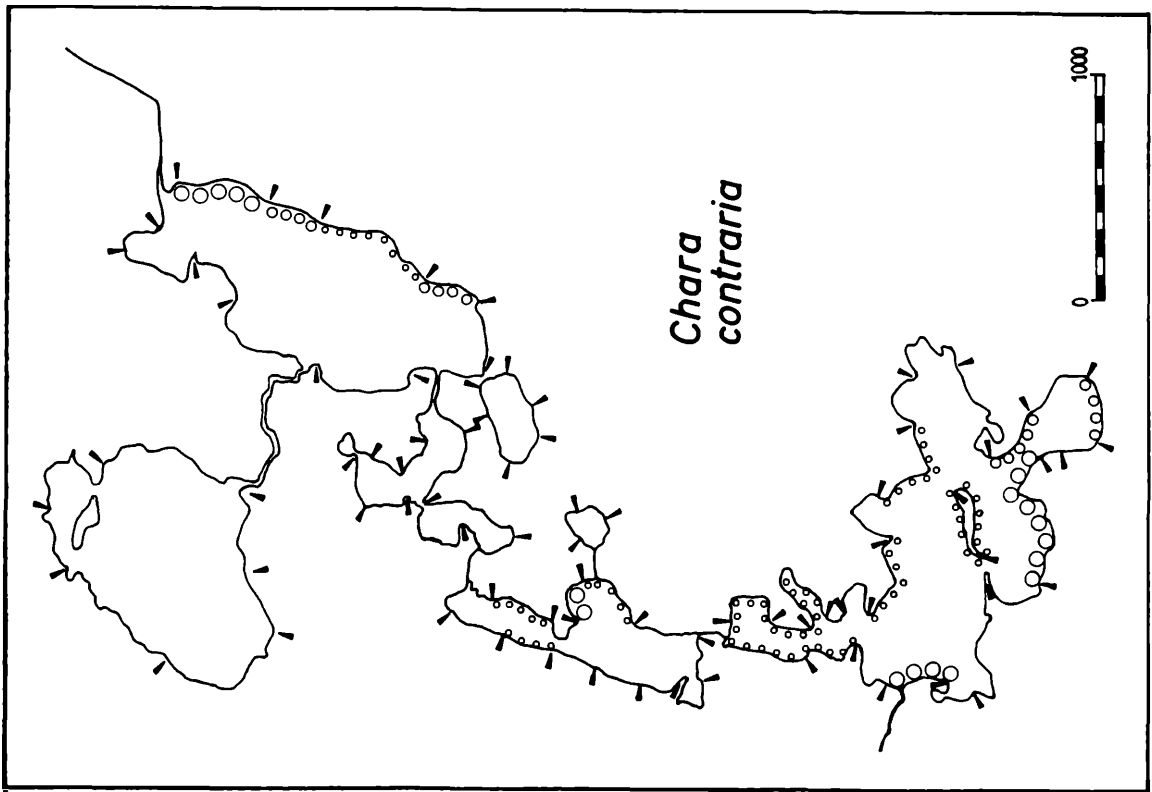




Karten 11 und 12  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE

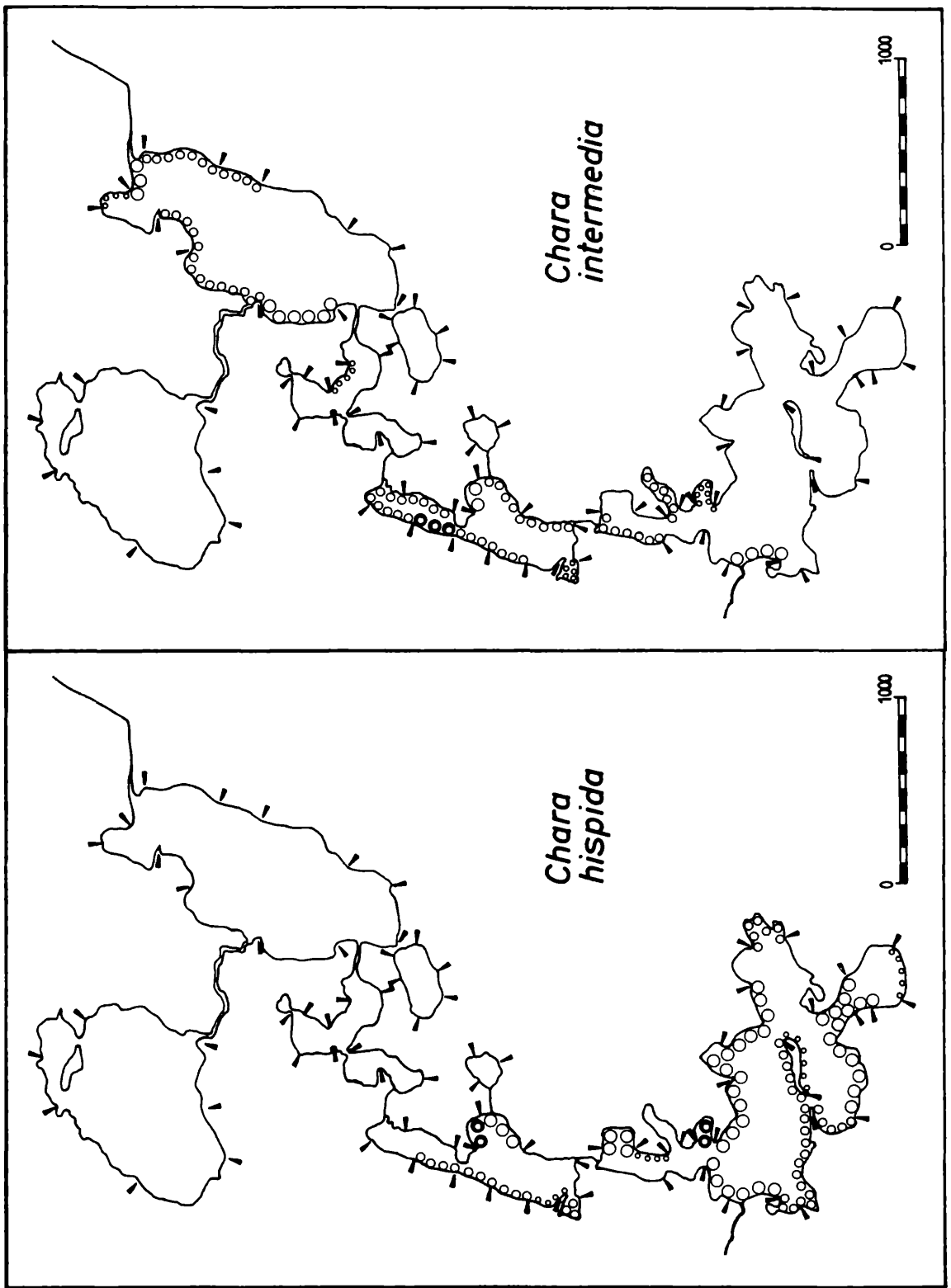


Karten 13 und 14  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE

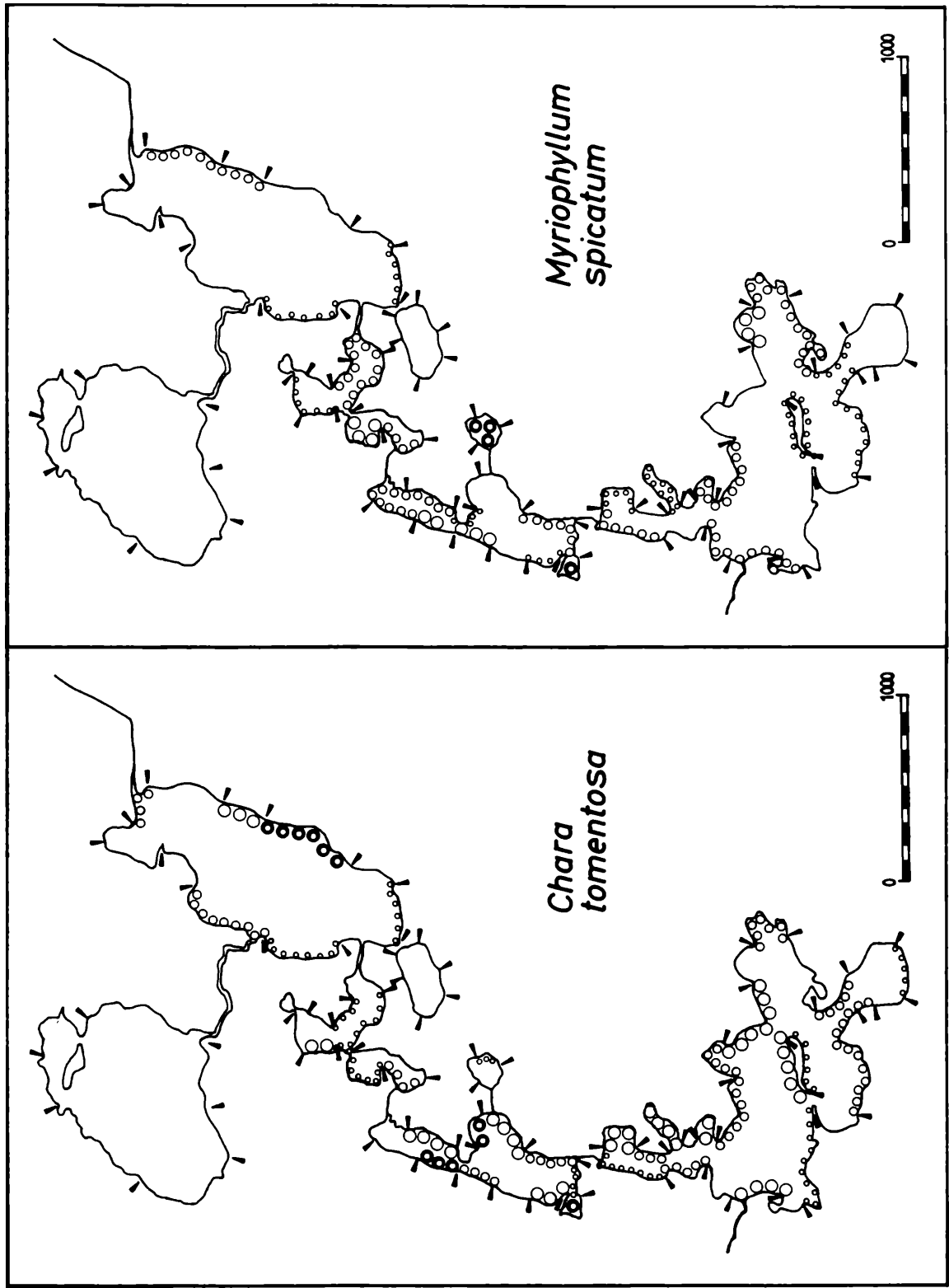


Karten 15 und 16  
**EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE**

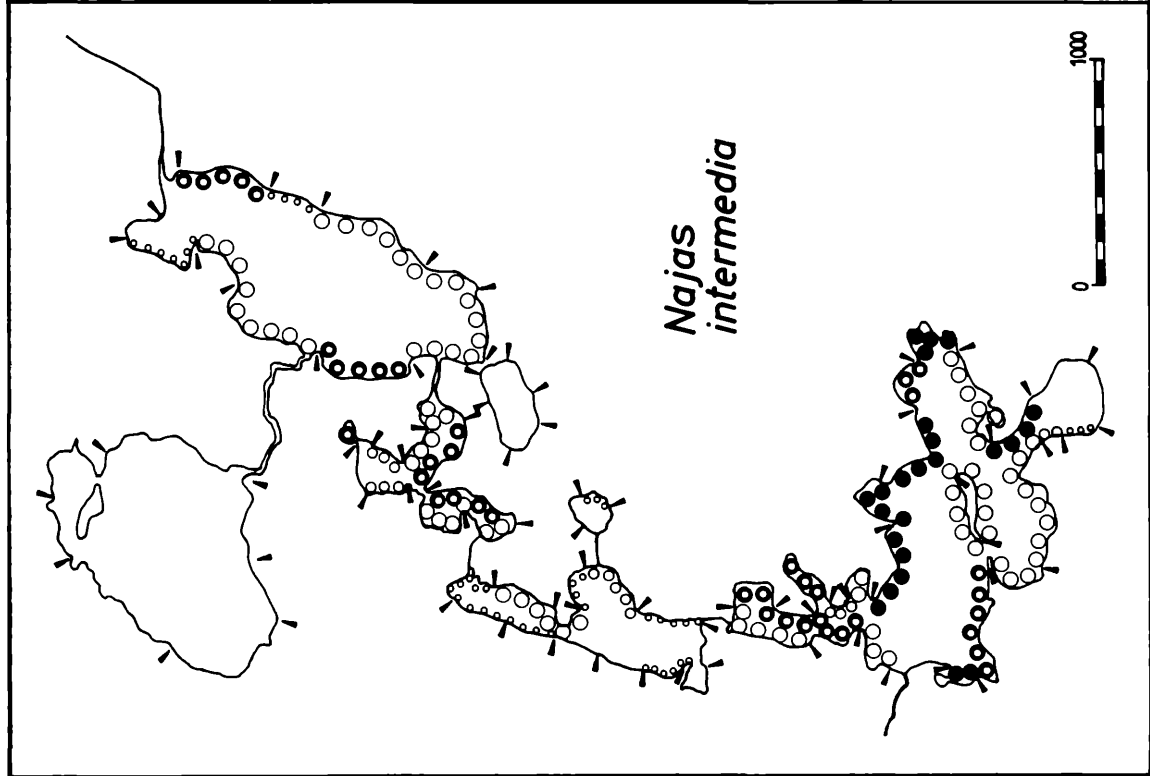
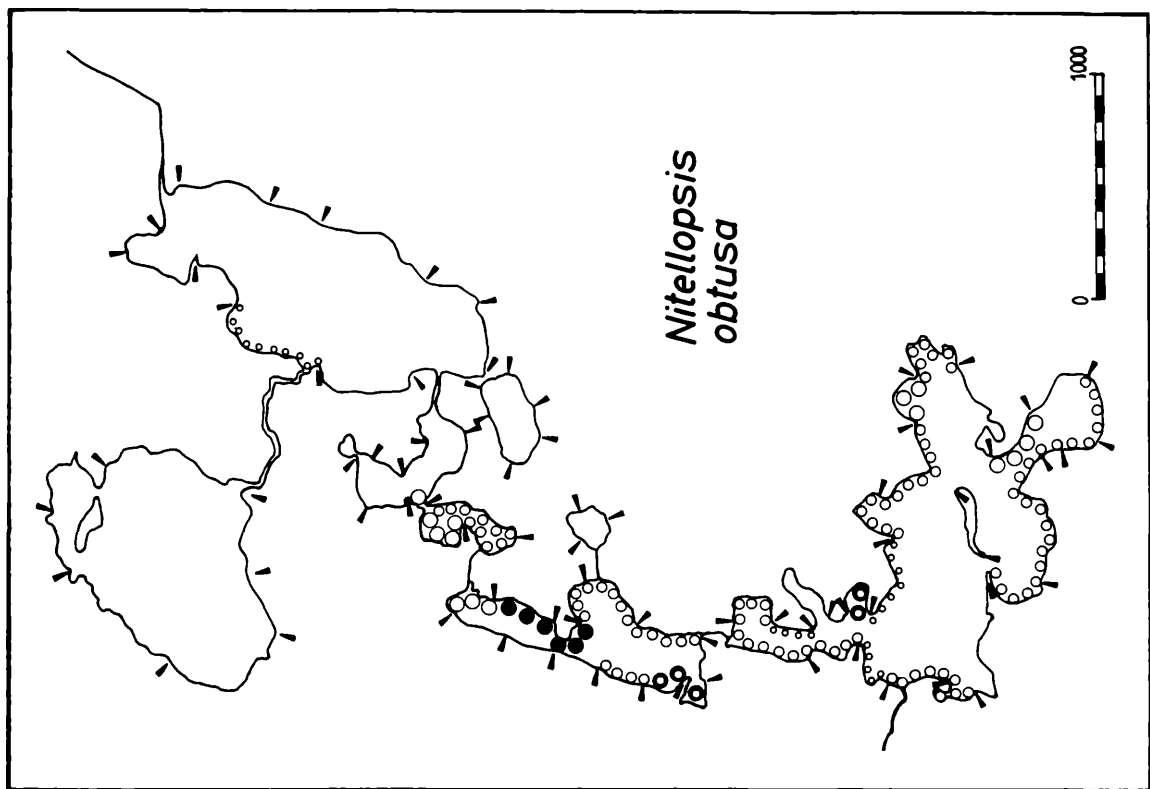




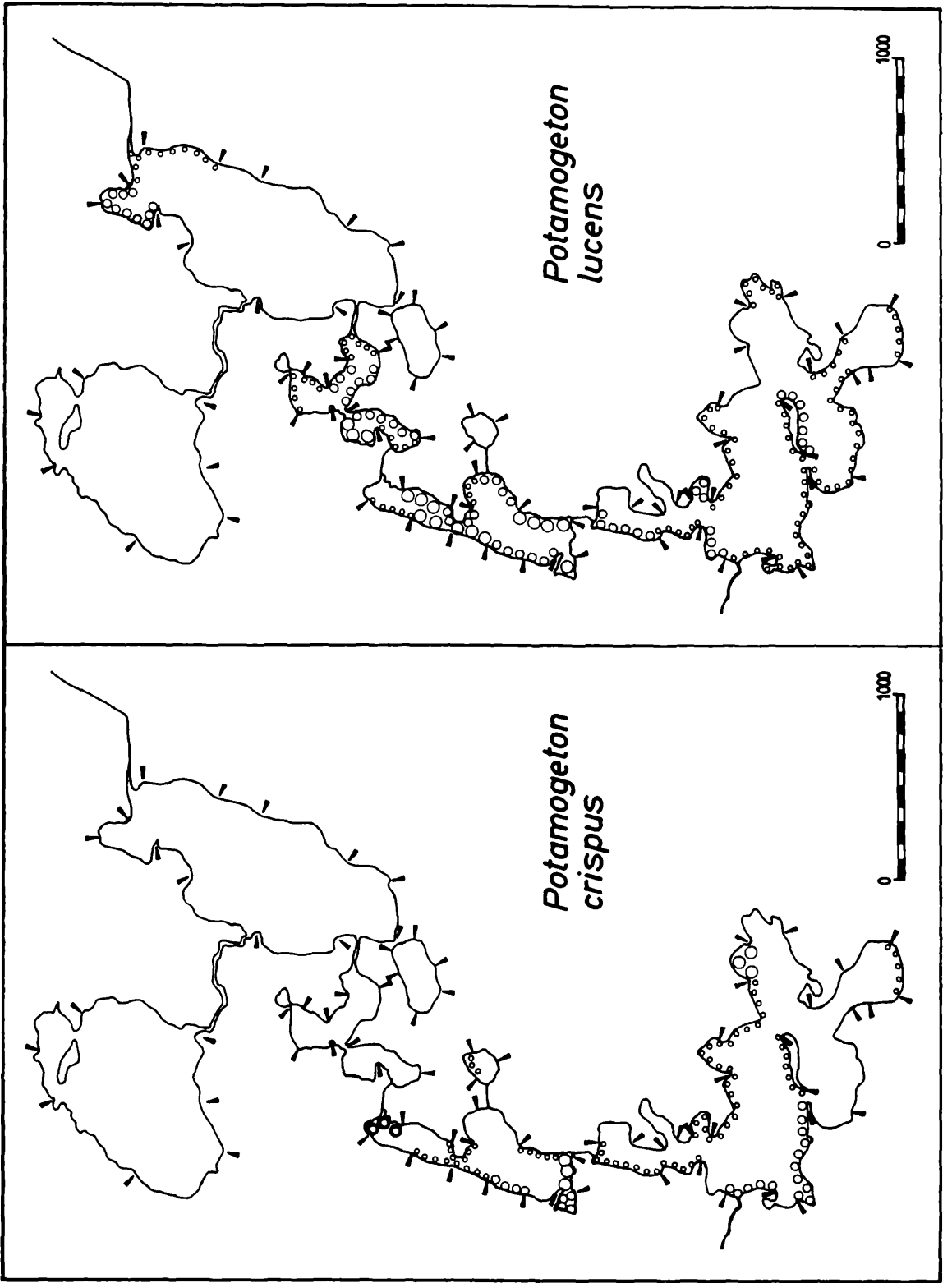
Karten 17 und 18  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SENPLATTE



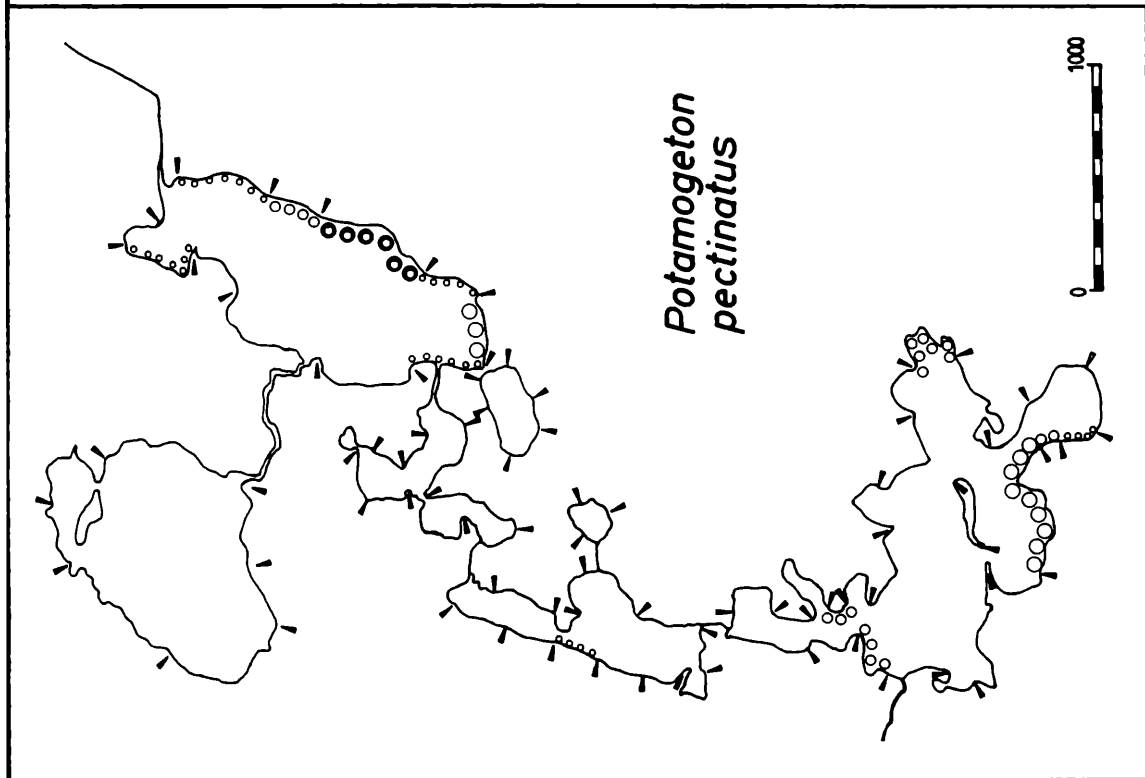
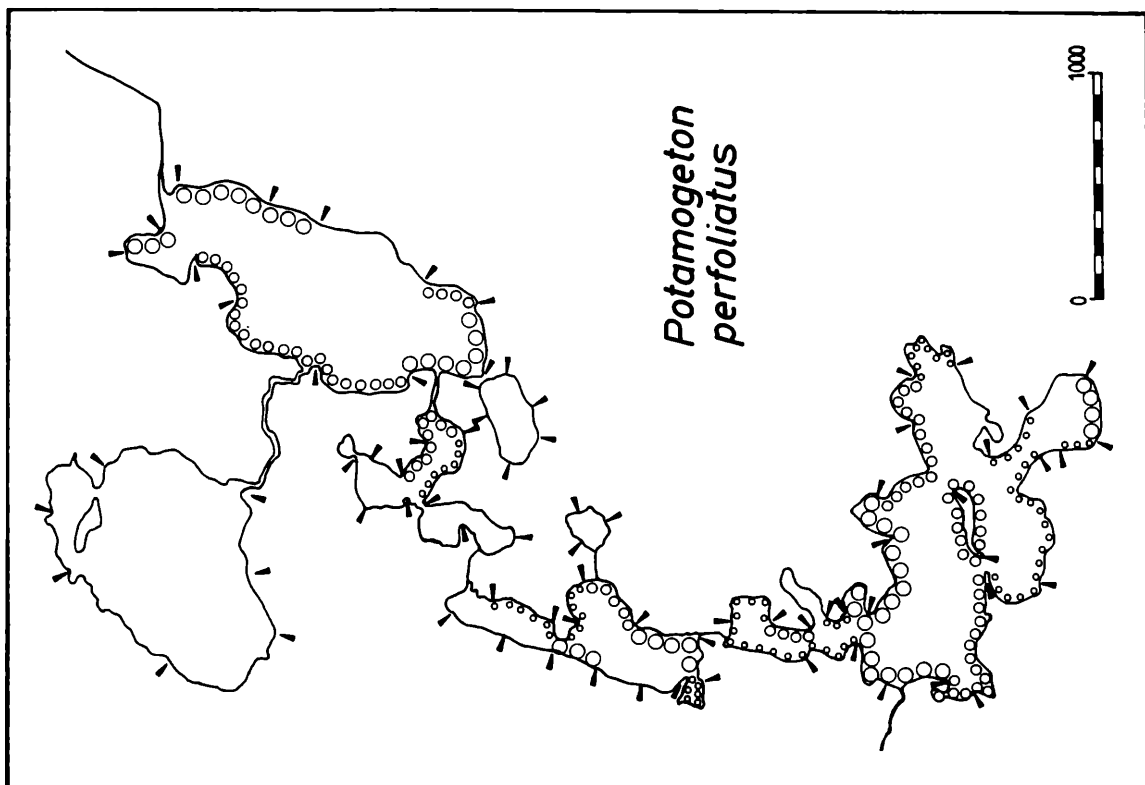
Karten 19 und 20  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE

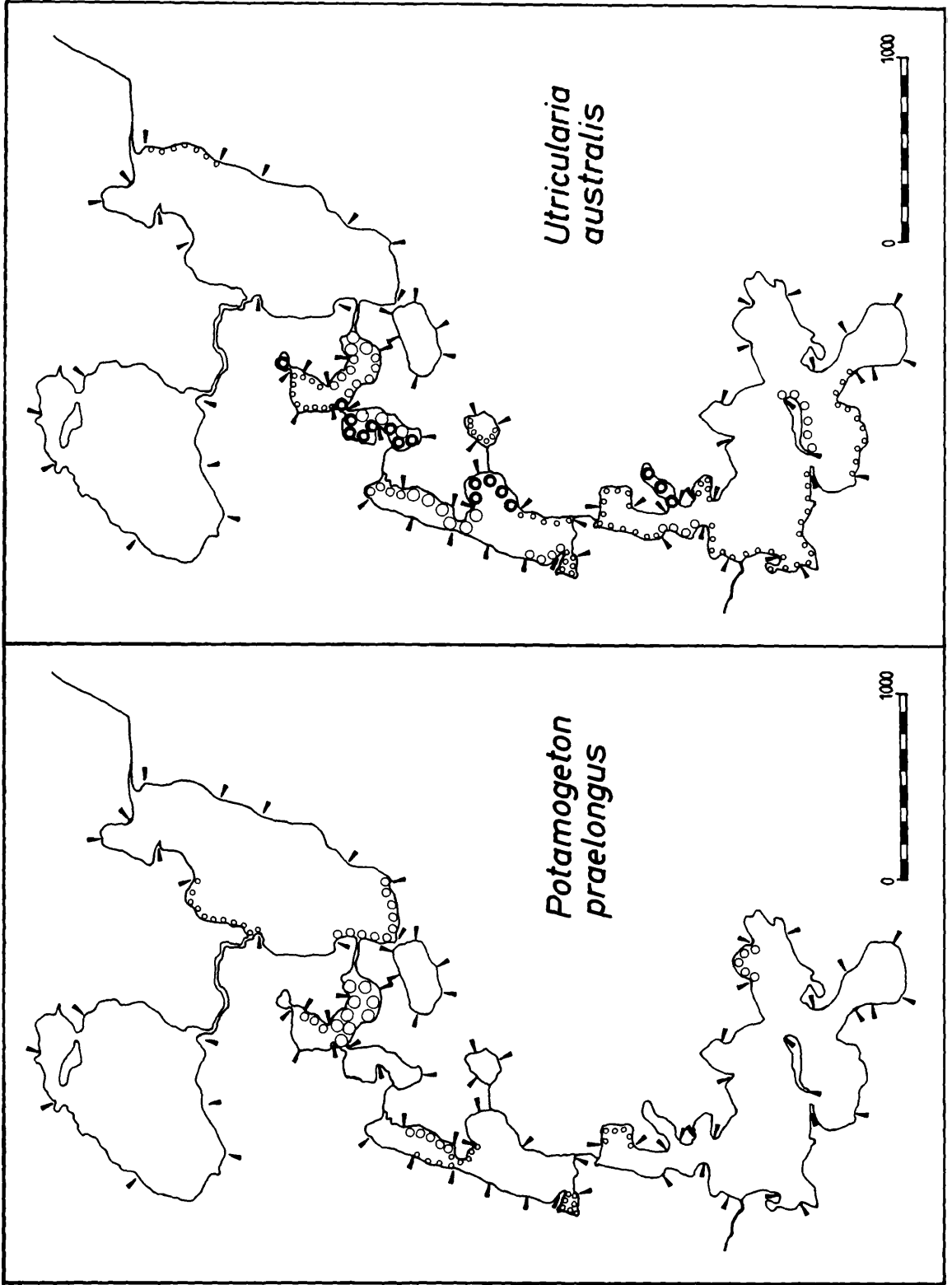


Karten 21 und 22  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE



Karten 23 und 24  
**EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE**





Karten 27 und 28  
 EGGSTÄTT – HEMHOFER  
 SEENPLATTE

zunehmen. Nach deren Rückzug blieben vom Gletscherverband losgelöste Teile als Toteis zurück. Im Schmelzwasser mitgeführtes Gesteinsmaterial überdeckte die Toteisblöcke, wodurch sie für längere Zeit konserviert blieben. Durch das Abtauen der eingeschlossenen Eismassen entstanden Hohlformen, die schließlich einstürzten und tiefe Kessel in der Schotterfläche hinterließen. Heute sind sie teils ausgetrocknet, teils vermoort, oder aber noch mit Wasser gefüllt und als solche Teil der Seenlandschaft um Eggstätt-Hemhof.

Die Beschreibung der 7 von uns untersuchten Seen erfolgt in der Reihenfolge, in der sie durchströmt werden, d. h. Langbürgner See, Schloßsee, Kautsee und Hartsee sowie Pelhamer See, der in den Hartsee entwässert. Anschließend werden Kessel- und Einbessee erläutert, die nicht in der durchströmten Seenkette liegen, sondern isolierte Einzelgewässer darstellen.

### 7.3 Der Langbürgner See

#### 7.3.1. Allgemeine Angaben

Mit einer Größe von 103,5 ha (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1982) bildet der Langbürgner See flächenmäßig das größte Gewässer der Eggstätt-Hemhofer Seen. Zahlreiche verwinkelte Buchten lassen seine tatsächliche Ausdehnung vom Ufer aus jedoch nur schwer erfassen.

Ein Hauptbecken, mit der größten Tiefe von 37,3 m, bildet das Zentrum des Sees. Nach Norden führt ein langer, gebuchteter Teil in Richtung Schloßsee. Östlich schließt sich die Stockerbucht an, die wiederum von der südöstlich gelegenen Rimstinger Bucht durch eine unter Wasser erkennbare Schwelle abgetrennt wird. Die im See gelegene Insel grenzt das Zentralbecken vom Südtail ab.

Oberirdischen Zufluß erhält der See aus dem westlich gelegenen Thaler See, der Abfluß erfolgt über die Nordbucht in den Schloßsee. Die Breite der Uferbank und der Bewuchs der angrenzenden Ufer nehmen entscheidenden Einfluß auf die Zusammensetzung des Sediments. Während nämlich an den steil abfallenden Halden das vorherrschende Schottermaterial nur von einer dünnen Schlammauflage bedeckt wird, hat sich in den Buchten im Norden ein sehr tiefgründiges weiches Sediment gebildet. An Stellen, wo das Ufer mit Bäumen bewachsen ist, bedeckt Fallaub die Uferbank. Unterhalb von 8 m Tiefe überziehen vereinzelt Blaualgentepiche die Sedimentoberfläche.

Als begehrtes Naherholungsziel ist der Langbürgner See in den Sommermonaten einem starken Bade- und Bootsbetrieb ausgesetzt, wobei vor allem die von der Straße aus leicht erreichbaren Buchten bevorzugt werden. Für die Wasservegetation bedeutet dies eine starke Belastung. Häufig frequentierte Badestellen sind im Flachwasser teilweise völlig frei von Makrophyten, Characeenrasen zeigen oft deutliche Trittschäden.

#### 7.3.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Zum Zeitpunkt unserer Untersuchungen ließ der Wasserkörper des Langbürgner Sees eine typische sommerliche Temperaturschichtung erkennen. Nahezu homotherm, reichte das Epilimnion bis in eine

Tiefe von 4 m. Eine Mächtigkeit von 5 m wies die darauf folgende Sprungschicht auf, in deren Verlauf die Wassertemperatur von 22,8° auf 11,5° C abnahm. Darunter war nur noch ein geringfügiger Rückgang auf 8,7° C in 20 m Tiefe festzustellen.

Obwohl die Sichttiefe von 7,5 m eine geringe Produktivität indiziert, reichte die Zone optimaler Sauerstoffversorgung nicht tiefer als 8 m. Darunter trat eine deutliche Zehrung auf, die bereits zu Beginn der Vegetationsperiode auf eine nicht zu unterschätzende Beanspruchung des hypolimnischen Sauerstoffvorrats durch den oxidativen Abbau absinkender Biomasse hinweist. Auf Grund der Wasserhärte ist der See als „mittelhart“ einzustufen; durch Kohlendioxidanreicherung im Tiefenwasser wird eine Abnahme des pH-Wertes von 8,8 an der Oberfläche auf 7,6 im Tiefenwasser bewirkt. Ein Konzentrationsanstieg über dem Gewässergrund war beim Silikat zu erkennen, wogegen in der trophogenen Zone Kieselalgen den für sie essentiellen Nährstoff nahezu aufgebraucht hatten. Der Nitratgehalt betrug etwa 0,5 mgN/l. Eine leichte Abnahme in der Tiefe deutet zu diesem Zeitpunkt die beginnende bakterielle Nitratveratmung an, gleichzeitig sind hohe Nitritwerte und ein Anstieg der Ammoniumkonzentration zu beobachten. Sein geringer Gehalt an Gesamtphosphat weist den Langbürgner See als nährstoffärmstes der untersuchten Gewässer der Eggstätter Seenlandschaft aus. Im Frühjahr lag Phosphor in gebundener Form mit 18 µgP/l vor. Dennoch ist die Tendenz zunehmender Eutrophierung nicht zu übersehen. Frühere Untersuchungen (MELZER 1976) ergaben für die Zirkulationsphasen 1974/75 noch Gesamtphosphatkonzentrationen von 9 bzw. 12 µg P/l. Zur Zeit der sommerlichen Stagnation waren bis in eine Tiefe von 10 m weniger als 20 µg P/l vorhanden, wogegen im Juni 1981 Werte zwischen 37 µg P/l an der Wasseroberfläche und 71 µg P/l in 20 m Tiefe vorlagen.

#### 7.3.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Als Vertreter der Großseggen besiedelt die Steife Segge (*Carex elata*) hauptsächlich den schmalen Bereich der Nordbucht. Die darauf folgende Zone des Röhrchens bilden gemischte Bestände des Schilfrohrs (*Phragmites communis*) und der Flechtsimse (*Scirpus lacustris*). An keiner Stelle erreichen sie allerdings die Dichte und Wüchsigkeit, wie sie am Gewässerrand der übrigen untersuchten Seen zu beobachten ist. Sehr häufig tritt dagegen die Schneide (*Cladium mariscus*), die zur gleichen Pflanzengesellschaft zu rechnen ist, an den Verlandungsuferrand des Nordteils in Erscheinung.

Stärker als das Phragmitetum lassen die Schwimmblattpflanzen eine Bevorzugung der windgeschützten Stellen im See erkennen. Eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Ausbreitung der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) und der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*) spielt offensichtlich der Freizeitbetrieb, was zahlreiche, vermutlich durch Ruderboote beschädigte oder abgerissene Schwimmblätter bezeugten. Als häufigste untergetauchte Art wächst im Langbürgner See das Mittlere Nixkraut (*Najas intermedia*). Vor allem am Nordostufer bildet es im Flachwasser bis 1,5 m Tiefe dichte Bestände. Regelmäßig, wenn auch meist nur in geringer Individuenzahl, trifft man auf das Stengelumfassende

Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*), seltener gedeihen das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*), das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*) und das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*). Der Südliche Wasserschlauch (*Utricularia australis*) findet nur am Ende einer verlandenden, flachen Bucht mit tiefgründiger organischer Auflage im Norden des Sees gute Wachstumsbedingungen vor. Characeen sind im Langbürgner See mit 8 verschiedenen Arten vertreten und wachsen auch noch in größerer Tiefe. Die Stockerbucht wird von *Chara hispida* noch unter 8 m Wassertiefe besiedelt, am Eingang der südöstlich gelegenen Rimstinger Bucht findet sich in der gleichen Tiefe *Chara tomentosa*, während *Chara hispida* und *Chara contraria* noch in 11 m Tiefe gedeihen. Flachere Regionen, wie einen Teil der Nordbucht, bevorzugt *Chara aspera* f. *brevifolia*. Hier kommt sie massenhaft in zusammenhängenden Rasen vor. In diesen Flachwasserbereichen, mit weniger als 1,5 m Wassertiefe, drohen ihr Gefahren durch den Badebetrieb. So sind hier oft Löcher in die Pflanzenpolster getreten. Zudem werden große Flächen der Characeenrasen durch aufgewirbeltes Sediment bedeckt.

Der Vergleich mit den Kartierungsergebnissen von MELZER (1976) zeigt eine weitgehende Übereinstimmung bezüglich der Artenzusammensetzung und mengenmäßigen Verbreitung der Makrophyten im Langbürgner See. Trotzdem ist die Tendenz der Zunahme eutraphenter Arten bei gleichzeitigem Rückgang bzw. Vitalitätsverlust oligotraphenter Armelechteralgen nicht zu übersehen.

## 7.4 Der Schloßsee

### 7.4.1. Allgemeine Angaben

Der 1,2 km lange Schloßsee liegt im Norden des Langbürgner Sees. Eine Engstelle gliedert ihn in einen schmalen Nordteil und ein 24 m tiefes Zentralbecken, an das sich im Südwesten noch eine kleinere Bucht anschließt.

Neben Grundwasserzutritten erhält der Schloßsee Zufluß aus dem Langbürgner See, die Entwässerung erfolgt über einen Kanal in den Kautsee.

Als Sedimentform herrscht Kalkschlamm oder weiße Seekreide vor. Im Norden, wo Baumbestände bis ans Ufer reichen, bedeckt Fallaub große Flächen der Uferbank.

Im Gegensatz zum Langbürgner See findet hier kaum eine Beeinflussung durch den Menschen statt. Der Badebetrieb hält sich in Grenzen und der Bootsverkehr beschränkt sich auf die zum Schloß gehörende Fischerei.

### 7.4.2. Angaben zu den Chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Den Schloßsee zeichnen besondere chemisch-physikalische Verhältnisse aus. Seine windgeschützte Lage und die im Verhältnis zur Wasseroberfläche große Tiefe verhindern eine vollständige Umwälzung des Wasserkörpers im Frühjahr und Herbst, wenn ein thermischer Gradient fehlt. Die windinduzierte Durchmischung umfaßt nur ein wenige Meter mächtiges Epilimnion. Das Tiefenwasser bleibt dagegen als sog. Monimolimnion vom Wasseraustausch unberührt. Damit verbunden entfällt am Schloßsee ein

tiefgreifender Sauerstoffeintrag, was am ausgeprägten Rückgang der Sauerstoffsättigung unterhalb von 6 m Wassertiefe deutlich erkennbar ist. Der trophogenen Zone werden kontinuierlich Nährstoffe entzogen. Organisch gebunden sinken sie ins Monimolimnion, wo sich die freigesetzten Ionen anreichern, dem biogenen Kreislauf jedoch langfristig entzogen bleiben. Beispielsweise war Silikat, ein essentieller Baustoff für Kieselalgen, an der Wasseroberfläche mit 0,28 mg Si/l vorhanden. Unterhalb von 6 m stieg die Konzentration drastisch an und erreichte in 17 m Tiefe 5,9 mg Si/l. Nitrat wird mit zunehmender Sauerstoffverarmung in der Tiefe bakteriell zu Ammonium und N<sub>2</sub> reduziert, dessen Gehalt über dem Gewässergrund 970 µg N/l beträgt. Als Zwischenprodukt der Reduktion erreicht Nitrit in 15 m Tiefe mit 82 µg N/l ein Maximum. Darunter deutete ein Schwefelwasserstoffgeruch der Wasserproben die Anwesenheit sulfat-reduzierender Bakterien an. Unmittelbar über dem Gewässergrund ließ sich ein starker Anstieg des Gesamtphosphats (auf 223 µg P/l) beobachten. Der gelöst vorliegende Anteil betrug 125 µg P/l.

### 7.4.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Den Schloßsee umgibt ein breiter Röhrichtgürtel, der sich aus Schneide (*Cladium mariscus*), Teichsimse (*Scirpus lacustris*) und Schilfrohr (*Phragmites communis*) zusammensetzt. Wie im Langbürgner See bevorzugt die Schneide die zur Verlandung neigenden Seeabschnitte, die die Art am Schloßsee aufgrund dessen windgeschützter Lage häufig vorfindet. Von den Schwimmblattgewächsen hat die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) vor allem am Westufer ihre Hauptverbreitung, während die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) den ruhigen Flachwasserbereich des Hauptbeckens bevorzugt. Hier sind auch kleinere Bestände des Schwimmenden Laichkrautes (*Potamogeton natans*) angesiedelt und auch der Südliche Wasserschlauch (*Utricularia australis*), ein Vertreter untergetauchter Arten, konzentriert seine Verbreitung deutlich auf diesen Bereich im See, wo er auf der flachen Uferbank ideale Lebensbedingungen vorfindet. Andere Arten, wie das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und das Gemeine Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) gedeihen dagegen vor allem in der Südwestbucht. Als Sonderform der Laichkräuter taucht im Arteninventar des Schloßsees ein Bastard auf, vermutlich aus dem Stengelumfassenden Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) und dem Krausen Laichkraut (*Potamogeton crispus*). Die floristische Vielfalt setzt sich bei den Armelechteralgen fort, die mit 8 verschiedenen Arten vorhanden sind und damit den Schloßsee als floristisch besonders interessantes Gewässer charakterisieren. Besonders *Chara intermedia*, *Chara tomentosa* und *Nitellopsis obtusa* bilden teilweise sehr dichte Bestände, die allerdings wie die übrigen, seltener vorkommenden Characeen nur im flacheren Wasser zu finden sind. Unterhalb von 6-7 m Tiefe, wo das an gelösten Nährstoffen relativ arme Epilimnion ins Monimolimnion überleitet, sind dagegen sämtliche Armelechteralgen von Blaualgen eingehüllt und größtenteils abgestorben.



## 7.5 Der Kautsee

### 7.5.1. Allgemeine Angaben

Vollständig von Wald umgeben und in drei etwa gleichgroße Buchten aufgeteilt, liegt der Kautsee zwischen Schloß- und Hartsee. Sein Südteil ist durch Verlandungsprozesse vom übrigen Becken beinahe völlig abgeschnürt, während der nördliche Abschnitt mit einem kleinen, fast verlandeten Anhängsel im Nordosten noch eine breite, wenn auch nicht sehr tiefe Verbindung zum restlichen See besitzt. Ein vom Schloßsee kommender Kanal speist den südlichen Kautsee; der Abfluß erfolgt über das östliche Becken in den Hartsee. Das Sediment der verlandenden Südbucht besteht aus einer dicken organischen Gyttschicht, während im Ostteil an den steileren bewaldeten Ufern Kies und grober Sand vorherrschen.

Am Kautsee, der als Fischgewässer genutzt wird, besteht Badeverbot.

### 7.5.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abbildung 6)

Der Kautsee vertritt innerhalb der durchflossenen Gewässerkette den Typus eines Flachsees. Seine geringe Tiefe verhindert im Sommer die Ausbildung einer deutlichen thermischen Schichtung gleichermaßen wie die Einstellung eines chemischen Gradienten.

Der pH-Wert lag bei 8,5, die Gesamtwasserhärte knapp über 10° dGH. Gelöste Nährstoffe waren nur in geringen Konzentrationen nachweisbar. Der Gehalt an Ammonium betrug maximal 20 µg/l, der an Nitrat erreichte 0,17 mgN/l. Beim gelösten Phosphat konnten wir über Grund einen leichten Anstieg auf etwa 17 µg P/l feststellen. Die Sichttiefe von 4 m ermöglicht den Primärproduzenten allerdings, die aus absinkender Biomasse freigesetzten Nährstoffe sofort wieder in den biogenen Kreislauf zurückzuführen. Am Kautsee umfaßt die produktive Zone den gesamten Wasserkörper, was sich in gleichbleibend hohen Gesamtposphatkonzentrationen zwischen 60 und 86 µg P/l äußert.

### 7.5.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Einem nur am äußersten Nordufer ausgeprägtem Bestand der Steifen Segge (*Carex elata*) folgt eine teils dichte Röhrichtzone. Schneide (*Cladium mariscus*) und Schilfrohr (*Phragmites communis*) bevorzugen dabei vor allem die Verlandungsufer des Süd- und Nordbeckens, die Flechtsimse (*Scirpus lacustris*) hat ihre Hauptverbreitung am Ende der Ostbucht.

Neben der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) und der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*) tritt am Kautsee als dritte Schwimmblattpflanze das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) in größerer Häufigkeit auf.

An untergetauchten Arten dominiert allgemein das Mittlere Nixkraut (*Najas intermedia*), auf dem weichen Sediment des Südteils dagegen der Südliche Wasserschlauch (*Utricularia australis*). Seltener anzutreffen sind das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und aus der Familie der Laichkräuter das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*), sowie das Spiegelnde (*Pota-*

*mogeton lucens*) und das Langblättrige Laichkraut (*Potamogeton praelongus*). Abgesehen von *Nitelopsis obtusa* und *Chara tomentosa*, die an einigen Stellen im Kautsee „verbreitet“ vorkommen, sind Armleuchteralgen nur in Form einzeln wachsender Exemplare anzutreffen.

## 7.6 Der Hartsee

### 7.6.1. Allgemeine Angaben

Mit 86,64 ha liegt der Hartsee im Vergleich zur Oberflächenausdehnung des Langbürgner Sees zwar an zweiter Stelle, doch besitzt er auf Grund seiner großen mittleren Tiefe von 18,3 m (Langbürgner See: 9,3 m) ein Wasservolumen von 15,47 Mill. m und übertrifft damit das des Langbürgner Sees um etwa 40 %. (Angaben: BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Die einheitliche Form des wenig gebuchteten Sees setzt sich auch unter Wasser fort. Der mehr oder weniger breiten Uferbank folgt über weite Bereiche eine steil abfallende Halde, die sich erst unterhalb 10 m Tiefe abflacht.

Große Teile der Uferzone werden durch Verlandungsprozesse geprägt, nur am bewaldeten Ostufer steht noch Kies an. Das zumeist weiche, graubraune Sediment, das auf der Uferbank oft mit einer Auflage von Pflanzenresten und Blättern bedeckt ist, wird ab einer Tiefe von 5-6 m, an einigen Stellen bereits unterhalb 3m, von Blaualgenteppechen überzogen. Zufluß erhält der Hartsee aus dem östlich gelegenen Kautsee sowie dem Pelhamer See.

Anthropogene Einflüsse auf die Wasservegetation zeigen sich hauptsächlich am Ostufer im Bereich der öffentlichen Badeanstalt und des Ruderbootverleihs, aber auch an mehreren kleineren Badestellen, die vornehmlich am östlichen Gewässerrand liegen.

### 7.6.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Erwartungsgemäß hatte sich zum Zeitpunkt der Untersuchungen im Juni 1981 am Hartsee eine typische thermische Schichtung eingestellt. Schwach ausgeprägt zeigte sich das Epilimnion mit einer Mächtigkeit von nur 2 Metern. In der darunter folgenden Zone sank die Temperatur rasch von 18 C auf 6,6 C in 10 m Tiefe ab und lokalisiert damit die Sprungschicht. Das sich anschließende Hypolimnion war wiederum homotherm.

Während bis in eine Tiefe von 4m die Sauerstoffwerte über der Sättigungsgrenze liegen, ließ sich im Metalimnion eine rasche Zehrung beobachten. Daß es im Tiefenwasser nicht zu einem vollständigen Sauerstoffschwund kommt, verdankt der Hartsee sicher seinem gewaltigen hypolimnischen Wasserkörper und dem damit verbundenen großen Sauerstoffvorrat. Das Absinken des pH-Wertes innerhalb der Sprungschicht erklären die bereits hier stattfindenden Abbauvorgänge und die damit verbundene Anreicherung mit Kohlensäure. Wie an den übrigen Eggstätter Seen liegt der Nitratgehalt am Hartsee verhältnismäßig niedrig, wobei die höchsten Werte in 10 m Tiefe mit 0,8 mg N/l auftraten. Darunter machte sich die Wirkung denitrifizierender Bakterien in einer Abnahme des Nitratgehalts bemerkbar. Hohe Phosphatkonzentrationen traten im Hypolimnion des Sees auf. Insbesondere der Gehalt an

Gesamtposphat erreichte in 32 m Tiefe mit 320  $\mu\text{g P/l}$  einen Spitzenwert und übertraf dabei das gelöste Phosphat (90  $\mu\text{g P/l}$ ) um ein Vielfaches.

Eine Verschlechterung der Wasserqualität im Vergleich zu früheren Jahren deutet eine Sichttiefe von nur 2 m im Juni 1981 an. KILIAN (1949) stellte im Rahmen seiner Untersuchungen am Hartsee noch eine durchschnittliche Wassertransparenz von 5 m fest, wobei er als geringsten Wert 4,75 m nennt. Die von uns ermittelte Konzentration an Gesamtposphat zum Zeitpunkt der Zirkulation im Frühjahr 1981 liegt mit 50  $\mu\text{g P/l}$  etwa doppelt so hoch, wie sie MELZER (1976) für die Jahre 1974/75 angibt. Dies belegt die in den letzten Jahren deutlich zugenommene Belastung des Hartsees.

### 7.6.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Den Hartsee umgibt ein dichter Röhrichtgürtel, in dem Bestände der Schneide (*Cladium mariscus*) und des Schilfrohrs (*Phragmites communis*) vorherrschen. Wasserseitig vorgelagert trifft man oft auf Felder der Flechtsimse (*Scirpus lacustris*). Deutlich unterbrochen wird das Röhricht am Ostufer im Bereich der Badeanstalt und des Bootsverleihs, wo das Schilfrohr in einem, und die Schneide in zwei Abschnitten völlig fehlt. Auch Schwimmblattpflanzen meiden diese Zone. In den übrigen Bereichen des Hartsees wächst die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) häufig auf der Uferbank in etwa 2 m Tiefe. Noch 1-2 m tiefer reichen Bestände der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) hinab, die hier allerdings häufig nur noch ihre salatblattähnlichen Unterwasserblätter ausbildet. An untergetauchten Arten weisen nur das Mittlere Nixkraut (*Najas intermedia*), das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) nennenswerte Verbreitung auf, wogegen die restlichen im Hartsee vorkommenden Gefäßpflanzen (vgl. Artenliste) allgemein sehr selten und zumeist nur in wenigen Abschnitten gedeihen.

Die geringe Artenvielfalt der Gefäßpflanzen setzt sich bei den Characeen fort. Ohne auch nur an einer Stelle zusammenhängende Rasen zu bilden, verteilen sie sich einzeln wachsend auf der Uferbank. Gemieden wird von ihnen die steil abfallende Halde. *Chara aspera* beschränkt ihr Vorkommen ausschließlich auf den extrem flachen Uferbereich des Röhrichts, das kiesige Ostufer bevorzugen *Chara contraria* und *Chara tomentosa*.

Im Bereich der einmündenden Pelhamer Achen weisen fädige Grünalgen, die sämtliche Wasserpflanzen überziehen, auf die hohe Nährstoffkonzentration dieses Zuflusses hin.

## 7.7 Der Pelhamer See

### 7.7.1. Allgemeine Angaben

Zusammen mit dem Hartsee grenzt KILIAN (1949) den Pelhamer See als „einfachen“ Toteissee von den übrigen „verkesselten“ Seen des Untersuchungsgebietes ab. Tatsächlich weist das maximal 21,3 m tiefe und 71,41 ha große Gewässer (BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982) eine einheitlich verlaufende Uferlinie auf und auch die Morphologie des Seebeckens zeigt eine einfache Gestalt. Nur eine Schwingrasenfläche, die vom Ufer

abgerissen wurde und in einer Untiefe im Norden des Sees festgewachsen ist, trennt als Insel zwei von der Größe sehr unterschiedliche Seeteile voneinander ab. Im Unterschied zu den übrigen von uns untersuchten Eggstätter Seen münden in den Pelhamer See mehrere Zuflüsse aus der ihn umgebenden landwirtschaftlich genutzten Moränenlandschaft. An der Zusammensetzung des Sediments überwiegt, einige kiesige Abschnitte am Südufer ausgenommen, organisches Material.

Intensiver Badebetrieb bzw. Bootsverkehr war am Pelhamer See nicht zu beobachten.

### 7.7.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Bereits im April 1981 ließ sich am Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers (260 % Sättigung) die hohe Produktivität des Gewässers erkennen. Zwei Monate später hatte der oxidative Abbau der produzierten Biomasse einen drastischen Rückgang des Sauerstoffgehalts unterhalb 4 m Wassertiefe zur Folge. Ab 15 m herrschten anaerobe Bedingungen. Dies erklärt die in dieser Zone zu beobachtende Abnahme des Nitrats, während gleichzeitig der Ammoniumgehalt anstieg. Nicht auf gewässerinterne Vorgänge läßt sich dagegen die hohe Ammoniumkonzentration an der Wasseroberfläche zurückführen. Sie hat ihre Ursache vielmehr in einem direkten Eintrag durch die in den See mündenden Zuflüsse, die das landwirtschaftlich intensiv genutzte Umland entwässern.

Bis in eine Tiefe von 8 m lagen die Gesamtposphatwerte zwischen 43 und 60  $\mu\text{g P/l}$ . Allerdings läßt sich daraus noch nicht die Menge an Phosphor erkennen, die das hypolimnische Tiefenwasser enthält. Lösliches Phosphat erreicht in 17 m Tiefe eine Konzentration von 204  $\mu\text{g P/l}$ , Gesamtposphat von 365  $\mu\text{g P/l}$ .

Im Vergleich zu den von MELZER (1976) ermittelten Phosphatgehalten in den Jahren 1974 und 1975, lagen die Werte 1981 deutlich höher. Die Analyse der Oberflächenprobe im Frühjahr 1981 ergab eine Konzentration an Gesamtphosphor von 103  $\mu\text{g P/l}$  (1974/75 durchschnittlich 53  $\mu\text{g P/l}$ ). In einer Tiefe von 15 m waren im Juni 1974 noch 90  $\mu\text{g P/l}$  nachzuweisen, während unsere Analysen im gleichen Monat des Jahres 1981 bereits Konzentrationen von 224  $\mu\text{g P/l}$  erkennen ließen.

### 7.7.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Besonders üppig ist am Pelhamer See das Röhricht ausgebildet. Dies gilt nicht so sehr für die mengenmäßige Verbreitung der einzelnen Pflanzen, als vielmehr für die Wuchshöhen, die das Schilfrohr (*Phragmites communis*) und die Flechtsimse (*Scirpus lacustris*) am Rand dieses nährstoffreichen Gewässers erreichen. Die weniger häufig anzutreffende Schneide (*Cladium mariscus*) übertreffen sie in der Größe bei weitem. Zwischen diesen Arten gedeihen einzelne Exemplare der Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*), der Wasserrinde (*Mentha aquatica*), des Einfachen Igelkolbens (*Sparganium emersum*), des Fieberklees (*Menyanthes trifoliata*) und des Bittersüßen Nachtschattens (*Solanum dulcamara*).

Die Hauptverbreitung der Schwimmblattpflanzen liegt in den windgeschützten Seeteilen. Insbesondere die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) wächst ausschließlich im Flachwasserbereich rund um die im Norden gelegene Insel sowie entlang des Westufers. Ein ähnliches Verbreitungsmuster zeigt auch die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*), die aber auch am Ostufer noch mit wenigen Exemplaren zu finden ist. Untergetauchte Arten fehlen im Pelhamer See. Der Grund dafür dürfte dessen hohe Produktivität und die damit verringerte Wassertransparenz sein. Für Wasserpflanzen liegen am Gewässergrund nicht die für sie notwendigen Lichtintensitäten von etwa 1 % des Oberflächenlichts vor, um positive Nettophotosynthese durchführen zu können, eine Bedingung, die Schwimmblattpflanzen mit Hilfe ihrer der Wasseroberfläche aufliegenden Blättern umgehen können.

MELZER (1976) konnte im Pelhamer See noch die untergetauchten Arten Spiegelndes Laichkraut (*Potamogeton lucens*), Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*), Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), Krauses Laichkraut (*Potamogeton crispus*), als weitere Schwimmblattpflanze den Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) und die auf der Wasseroberfläche schwimmende Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) nachweisen. Diese damals schon sehr seltenen Arten verschwanden offensichtlich in den folgenden Jahren aufgrund einer zunehmenden Belastung aus dem See.

## 7.8 Der Kesselsee

### 7.8.1. Allgemeine Angaben

Der Kesselsee weist die Idealf orm eines durch Toteis entstandenen Sees auf: seine Form ist mehr oder weniger kreisrund, die Morphologie des Seebeckens trichterförmig und die tiefste Stelle des Sees (11 m) liegt damit genau in seiner Mitte. Der in vielen Karten vermerkte Verbindungskanal zum Schloßsee ist heute kaum noch zu finden und stark verlandet. Wenn ein Wasseraustausch überhaupt besteht, dann dürfte er diffus durch die dichten Cladium-Bestände erfolgen, die sich im Verlandungsgebiet zwischen den beiden Seen gebildet haben.

Wegen der z. T. starken Bewaldung seiner Ufer, hat sich im See viel Fallaub angesammelt und das Sediment setzt sich demzufolge aus einem stark mit organischem Feinmaterial angereicherten Kalkschlamm zusammen. Ein Rätsel gibt die Herkunft der zahlreichen, riesigen und vermutlich sehr alten Baumleichen auf, die vor allem im Bereich zum Schloßsee und dem Nordteil des Ufers auf dem Gewässergrund liegen. Gerade dort reicht heute kein Wald ans Ufer heran, sondern flache Verlandungsufer. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß durch eine lokale Geländeabsenkung Bäume, die früher am unmittelbaren Uferstand wuchsen, abstarben und dann in den See fielen. Die Anzahl der Baumleichen ist dabei so groß, daß man sich ohne Schwimmbewegungen durchführen zu müssen, unter Wasser fortbewegen kann, einfach dadurch, indem man sich von Baum zu Baum „hangelt“.

Durch den Menschen hervorgerufene Schäden an der Vegetation halten sich am Kesselsee aus verschiedenen Gründen in Grenzen. Einerseits weist nämlich das bewaldete Ufer natürlicherweise keine

Röhrichtzone auf, andererseits fällt das Ufer relativ rasch ab und außerdem stellen die dichten Cladium-Bestände mit ihren scharf gesägten Blättern über weite Bereiche des Seeufers einen sehr effektiven Schutz gegenüber mechanischen Belastungen dar. Vor allem die fehlenden Zufahrtsmöglichkeiten lassen aber den Besucherstrom garnicht erst zu stark anschwellen.

### 7.8.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Bei der im August 1983 durchgeführten Profilmessung am Kesselsee ermittelten wir eine Sichttiefe von 3,4 m. Die Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche (24,0 Grad C) und der tiefsten Stelle in 11 m (7,6 Grad C) war beträchtlich. Beim Sauerstoffgehalt traten in den oberen vier Metern leichte Übersättigungen auf, unterhalb dieser Tiefe nahmen die Werte rasch ab (in 8 m 3 % Sättigung) und im Tiefenwasser bis 11 m fehlte Sauerstoff dann ganz. An diesen Tiefenproben war ein deutlicher Schwefelwasserstoffgeruch festzustellen. Die Wasserhärte nahm zum Grund hin zu, gleichförmig damit auch die Leitfähigkeitswerte. Während beim Ammonium die typische Zunahme im sauerstofffreien Hypolimnion zu beobachten war, traf das für die Gehalte an gelöstem Phosphat überraschenderweise nicht zu. Dieses konnte in der gesamten Wassersäule nicht nachgewiesen werden. Die Gesamt-P-Gehalte von der Oberfläche bis zum Grund lagen in einem vergleichbaren Größenbereich und insgesamt relativ hoch. Wir vermuten, daß ein Teil des Gesamt-Phosphors dabei aus aufgewirbeltem, totem Feinmaterial des Sedimentes stammt.

### 7.8.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Die dominierende Röhrichtpflanze am Kesselsee ist die Schneide (*Cladium mariscus*). Vor allem im Bereich des Westufers kann man ausgedehnte Bestände finden. Da wir bei der Mengenschätzung der Arten aber immer nur das Vorkommen derjenigen Pflanzen bewerteten, die unmittelbar im Einflußbereich des Wassers lagen, ordneten wir der Schneide lediglich die Schätzstufe 4 (= häufig) zu. Wegen des rasch abfallenden Ufers gedeiht nämlich nur der geringere Teil der Bestände im vom Wasser des Sees beeinflussten Uferbereich. Die Schneide fehlt in den kiesigen Uferabschnitten. Eine häufige Röhrichtart ist auch noch die Steif-Segge (*Carex elata*), während das Schilfrohr (*Phragmites communis*) erstaunlicherweise nur in einem Abschnitt und dabei selten vorkommt. Der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) bevorzugt, im Gegensatz zu den anderen Röhrichtarten, die von Wald umringten, kiesigen Abschnitte des Ostufers.

Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) bildet in der gesamten Uferzone des Sees einen durchgehenden, lockeren Bestand aus. Da die Art jedoch sehr häufig nur in der rein vegetativen Form ihrer Unterwasserblätter vorkommt, wird vom Gewässerrand aus der Eindruck eines wesentlich spärlicheren Bewuchsbildes vermittelt. Zwei weitere Schwimmblattpflanzen

zen, nämlich die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) und das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) erreichen nur geringe Häufigkeiten.

Die einzige von ihrer Biomassenentwicklung her bedeutungsvolle untergetauchte Wasserpflanze ist das Ährige Tausendblatt (*Miriophyllum spicatum*). Bei allen übrigen Arten (vgl. Artenliste) konnten wir nur sporadische Einzelfunde in zumeist nur einem einzigen Abschnitt machen.

## 7.9 Einbessee

### 7.9.1. Allgemeine Angaben

Bereits vor der Erläuterung näherer Einzelheiten sei vorangestellt, daß der Einbessee in vielerlei Hinsicht Besonderheiten aufweist, die einer wissenschaftlichen Klärung bedürften.

Der nur 7 m tiefe, völlig von Wald eingeschlossene See liegt im Naturschutzgebiet der Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte, südlich des Hartsees. Die Sedimentzusammensetzung ändert sich entlang der Uferbank außergewöhnlich stark. Während im Bereich des Nordufers als Sediment ein stark humoses, torfartiges Substrat vorherrscht, in dem sich Reste von Ästen und Laub erhalten haben, überwiegt am stärker von Wellenschlag beeinflussten Ostufer und der Südostecke grobkiesiges und steiniges Material. Auf diesem Grobmaterial lagert eine dünne, nur etwa 1-2 cm dicke, flockige Schweschicht aus organischem Feinmaterial. Fächelt man sie unter Wasser ab, so erkennt man, daß die Kalksteine mit einem dünnen, aber festen Belag von Algen (vermutlich Blaualgen) überzogen sind. Die Unterseite der Steine erscheint unter Wasser dagegen schneeweiß. An vielen Stellen fehlt die Feinmaterialauflage, weil Fische sie beim Gründeln „abgefegt“ haben. Im überwiegenden Teil des Südufers dominiert dann wieder organisch torfiges Material. Wo in der Südwestecke des Sees ein Übergangsmoor mit Sphagnen (Torfmoosarten) den Gewässerrand bildet, findet sich in drei Meter Tiefe ein Band mit hellgrauer, plastischer Seekreide. In der Nordwestbucht des Sees hat sich eine extrem tiefgründige Schicht zusammengetriebenen Fallaubs angesammelt, in die man unter Wasser mit dem Arm ohne jeden Widerstand stoßen kann, ohne aber ihren Grund zu erreichen. Hauptsächlich setzt sich diese Schicht dabei aus Buchenlaub zusammen, das oberflächlich häufig von spinnwebartigen Blaualgenüberzügen eingehüllt wird.

Am Nordufer stießen wir auf kürzlich in den See gestürzte Bäume, aber wir fanden auch zahlreiche alte Baumleichen, die, radial zur Seemitte ausgerichtet, auf dem Grund des Einbessees liegen. Auffällig war dabei, daß die Bäume durch starke Verwitterungsprozesse ihre runde Form verloren haben und heute nur noch als brettartige Überreste erhalten sind.

Anthropogen bedingte Schäden an der Ufervegetation waren kaum festzustellen, ebenso wenig an den wenigen Seerosen-Exemplaren. Schäden an der submersen Vegetation sind nicht möglich, denn diese wird durch keine einzige Pflanze repräsentiert.

### 7.9.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 6)

Die wasserchemischen Daten des Einbessees weichen gegenüber denen der übrigen von uns unter-

suchten Gewässer grundlegend ab. Dabei ist aber weniger diese Sonderstellung als Phänomen zu werten, als vielmehr die auf den ersten Blick unerklärlichen Zusammenhänge zwischen dem Wasserchemismus und unseren Beobachtungen über die Zusammensetzung des Sedimentes. Nach unseren Messungen besitzt der Einbessee extrem elektrolytarmes Wasser mit Leitfähigkeitswerten, die am Untersuchungstag (24.08.1983) zwischen 12 und 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lagen. Bestätigt werden diese niedrigen Werte durch die äußerst geringe Wasserhärte (0,17 bis 0,45° dGH). Das Fehlen größerer Gehalte an Bicarbonat- und damit auch Calciumionen belegen die pH-Werte, die sich zwischen 7,0 an der Oberfläche und 6,8 in 6 m Tiefe bewegten. Es ist durchaus vorstellbar, daß diese Werte außerhalb der Vegetationsperiode deutlich unterschritten werden.

Da in Teilen des Sees aber ganz offensichtlich kalkhaltige Kiese den Untergrund bilden und sich wie erwähnt in der Südwestbucht des Sees in 3 m Tiefe ein Band aus Seekreide (oder -ton) entlangzieht, stellt sich zwangsweise die Frage, weshalb sich das Vorhandensein dieser Substrate nicht in höheren Leitfähigkeitswerten, Wasserhärten und pH-Werten niederschlägt. Ohne eingehende wasserchemische Untersuchungen muß diese Frage zwar unbeantwortet bleiben, die Vermutung liegt aber nahe, daß es im Einbessee zu einer Ausfällung von Calciumhumaten kommt. Huminsäuren können dabei aus dem in sehr großer Menge im See lagernden organischen Material (Holzteile, Fallaub) sowie aus den randlichen Hoch- und Übergangsmooren nachgeliefert werden. Eine Calciumhumat-Ausfällung wäre vor allem hinsichtlich der sehr niedrigen Leitfähigkeitswerte eine schlüssige Erklärung, denn dabei entstünde aus zwei leitenden eine nichtleitende Verbindung. Messungen, die MELZER u. ROTHMEYER (1983) an den in einer Urgesteinsgegend gelegenen Arberseen durchführten, zeigen, daß deren Leitfähigkeitswerte von denen des Einbessees noch unterschritten werden. Es muß an dieser Stelle betont werden, daß sich unsere Profilmessung am Einbessee auf ein einziges Entnahmedatum beschränkte und die allgemeine Gültigkeit der Meßdaten erst durch vielfache Wiederholungsmessungen zu verschiedenen Zeitpunkten des Jahres zu belegen wäre. Trotzdem sind wir der Meinung, daß der Einbessee ein limnologisch hochinteressantes Forschungsobjekt darstellt, an dem nicht nur hydrobotanische Probleme auf eine Klärung warten. Besonders aktuelle Untersuchungen bestünden etwa darin, die Wahrscheinlichkeit einer Gewässerversauerung durch Sauren Regen mit allen sich daraus ergebenden Folgen zu klären. In Deutschland wurde eine Gewässerversauerung bisher nämlich nur in Seen der kalkfreien Mittelgebirgslandschaften und der norddeutschen Sandgebiete nachgewiesen (LENHART u. STEINBERG 1984).

### 7.9.3. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 7-28)

Wie bereits weiter oben erwähnt wurde, kommen am Einbessee nur sehr wenige Wasserpflanzen in zumeist nur sehr geringer Häufigkeit vor. Die im Übergang zwischen Hochmooren und dem Gewässerrand gedeihenden Seggen-Arten sind der eigent-

lichen Vegetation des Sees nicht zuzurechnen und werden daher an dieser Stelle nicht aufgeführt. Die einzige Röhrichtpflanze, die in allen Abschnitten vorkommt, ist der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*). Das Schilfrohr (*Phragmites communis*) gedeiht dagegen nur mit wenigen Halmen im Abschnitt 4. Einziger Vertreter der Schwimmblattpflanzen ist die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*), die in wechselnder, dabei aber meist geringer Häufigkeit vorkommt; Abschnitt 2 ausgenommen.

Andere Arten konnten wir bei unserer Kartierung nicht nachweisen. Die Ursachen für das völlige Fehlen submerser Arten dürfte in der für das Ansiedeln von Wasserpflanzen ungünstigen Zusammensetzung des Sediments liegen und auch durch die extreme wasserchemische Situation bedingt werden.

## 8. Der Eibsee

### 8.1. Allgemeine Angaben

Der Eibsee, ein Gebirgsrandsee mit klarem, tiefgrünem Wasser unweit Garmisch-Partenkirchens, liegt nördlich des Wettersteingebirges auf 973 m über NN. Das gewaltige Massiv der Zugspitze im Süden steigert die landschaftlich reizvolle Lage des Sees und erklärt den massenhaften Zustrom von Ausflüglern. Das war der Grund dafür, daß man bereits im letzten Jahrhundert ein Hotel am Ostufer des Sees errichtet hat.

Bei Niedrigwasser schnürt eine trockenfallende Schwelle vom Hauptteil des Eibsees, dem sog. Weitsee, im Nordosten den kleinen Untersee ab. Die tiefste Stelle befindet sich im östlichen Drittel des Weitsees in 36 m. Etwa 1 ha der Gesamtfläche von 177,4 ha nehmen sieben im See gelegene Inseln ein. (Angaben BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982).

Über die Entstehung des Sees bestehen unterschiedliche Theorien. HIBLER (1918) faßt den Eibsee als postglacialen Einsturzsee auf, der durch Felsstürze von den Nordhängen der Zugspitze aufgedämmt wurde, wogegen REIS (1911) für das Zustandekommen dieser Felsstürze tektonische Vorgänge verantwortlich macht.

Nach Untersuchungen von STREIL (1978) erfolgt die Wasserversorgung des Eibsees fast ausschließlich unterirdisch. Gleichzeitig fehlt ein sichtbarer Oberflächenabfluß, was den Eibsee zu Deutschlands größtem oberirdisch geschlossenen sog. „Blindsee“ macht.

### 8.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Über Jahrzehnte hinweg hatte man den Eibsee im Bereich des Seehotels durch Abwassereinleitungen mit Nährstoffen belastet. Im Juli 1971 ließ das von Natur aus oligotrophe Gewässer deshalb hocheutrophe Zustände erkennen. Der Gehalt an Gesamtphosphor erreichte 210 µg P/l, gelöstes Phosphat war mit 60 µg P/l, Nitrat mit 1,7 mgN/l vorhanden. In einer Tiefe von 25 m war das Wasser nur noch zu 36 % mit Sauerstoff gesättigt (Angaben WWA Weilheim).

Im Jahr 1972 wurde die Abwassereinleitung gestoppt. Als Folge davon sank die Gesamtphosphor-

belastung im See bereits 1977 auf 40 µg P/l. Gesamt-P-Konzentrationen um 10 µg P/l in den Jahren 1980 und 1981 belegen, daß der Eibsee heute wieder als oligotroph einzustufen ist (Messungen des WWA Weilheim).

Eine Erklärung für die auffallend rasch erfolgte Regeneration des Eibsees innerhalb eines Jahrzehntes liefert möglicherweise dessen besondere Hydrologie. Nachdem die Entwässerung des Sees unterirdisch erfolgt, also Tiefenwasser versickert, das auf Grund abgesunkener und mineralisierter Biomasse hohe Nährstoffkonzentrationen aufweist, verläuft die Eliminierung pflanzenverfügbarer Ionen vermutlich effektiver als in oberirdisch entwässernden Seen.

### 8.3. Artenliste (Eibsee)

#### Untergetauchte Arten

*Myriophyllum spicatum* L.

Ähren-Tausendblatt

*Zannichellia palustris* L.

Sumpf-Teichfaden

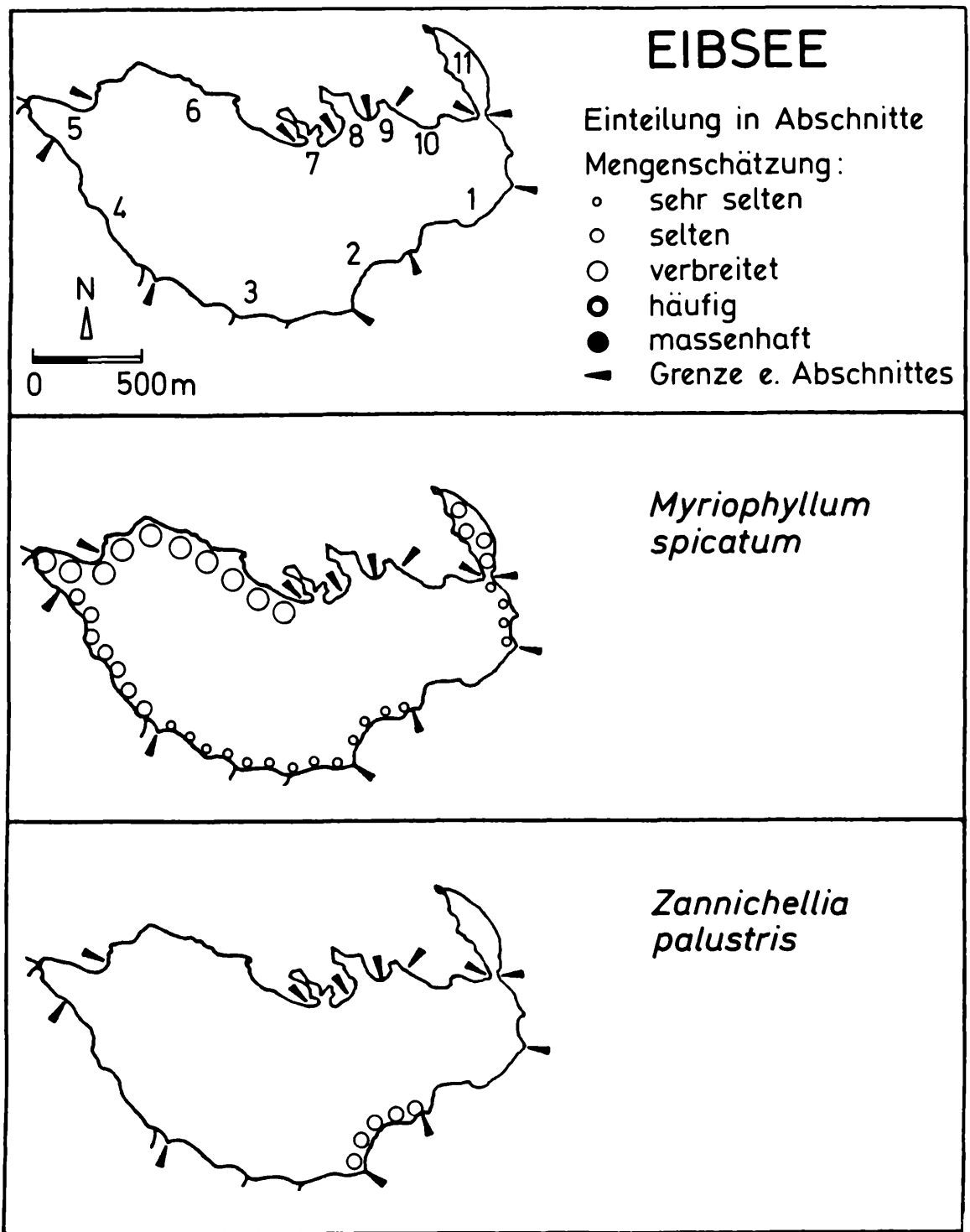
### 8.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 29)

Die Vegetation des Eibsees kennzeichnet eine ungewöhnliche Artenarmut. Röhricht- und Schwimmblattpflanzen fehlen vollständig. Submers wachsen insgesamt nur zwei verschiedene Arten. Einzelexemplare des Teichfadens (*Zannichellia palustris*) gedeihen im Bereich der Badeanstalt am Ostufer. Das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) fanden wir etwas häufiger in mehreren Abschnitten des Sees. Streckenweise bleiben die Litoralflächen allerdings völlig ohne Pflanzenbewuchs. Die einzige Abwechslung beim Tauchen entlang der Uferbank bieten nicht Pflanzen, sondern Krebse, die im Eibsee zahlreich vorkommen und die durch ihre Fortbewegung geometrische Muster auf der Sedimentoberfläche hinterlassen.

Ein Grund für den fehlenden Uferbewuchs dürften hohe Wasserstandsschwankungen (im mittleren Jahresgang 177 cm, Angabe des BAYERISCHEN LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982) sein. Außerdem fällt die mit Geröll bedeckte Uferbank steil ab und wird meist vom bis an den Gewässerrand reichenden Wald beschattet.

Schwer zu erklären ist am Eibsee der spärliche und artenarme Bewuchs mit submersen Wasserpflanzen. Trotz hoher Pegelschwankungen stände den Gefäßpflanzen bei Sichttiefen zwischen 6,0 und 12,4 m noch Lebensraum zur Verfügung, denn Gefäßpflanzen können bei günstigen Voraussetzungen bis in Tiefen von etwa 10 m vordringen.

Die geringen Nährstoffkonzentrationen böten auch ideale Voraussetzungen für einen Bewuchs mit Armleuchteralgen, deren Tiefenausbreitung nicht der hydrostatische Druck limitiert. Auch wenn sie auf Grund hoher Nährstoffbelastungen früherer Jahre aus dem Eibsee verdrängt worden sind, wären sie unter den heute herrschenden Bedingungen durchaus in der Lage als sog. „Pionierpflanzen“ (vgl. KRAUSE 1981) mit Hilfe ihrer lange Zeit keimfähigen Sporen den See neu zu besiedeln. Möglicherweise sind aber die Armleuchteralgen bereits vor längerer Zeit aus dem Gewässer verschwunden



Karte 29: EIBSEE – Verbreitung wichtiger Arten

und die Verbreitungseinheiten liegen in tieferen Sedimentschichten, wodurch ihnen das für ihre Auskeimung notwendige Licht fehlt.

Es wäre eine lohnende Aufgabe, am Beispiel des Eibsees die Rückentwicklung eines künstlich eutrophierten Gewässers in den ursprünglichen oligotrophen Zustand an Hand der Wiederbesiedlung mit oligotraphenten Florenelementen zu beobachten und zu dokumentieren.

## 9. Der Elb- oder Aitranger See

### 9.1. Allgemeine Angaben

Der Elb- oder Aitranger See liegt ca. 12 km westlich von Marktoberndorf in 738,2 m über NN. Er weist eine Flächenausdehnung von 21,25 ha bei maximal nur 4,0 m Tiefe auf. Der Umfang beträgt 2,35 km, das Wassereinzugsgebiet 8,6 km<sup>2</sup> (Angaben WWA Kempten). Das Eibseebecken wurde durch die Endmoräne des Lechgletschers während der letzten Eiszeit ausgehoben, wobei sich die entstandene Hohlform beim Rückzug und Abschmelzen der Gletscher mit Wasser füllte (EBERL 1930). Wie die

durch Verlandungsprozesse entstandenen Moore im Westen des Sees zeigen, hat der See früher eine größere Fläche eingenommen. Vom Ufer her nimmt die Tiefe des Sees nur allmählich zu. Da der See durch Fischerei und Erholung intensiv genutzt wird, kommt es während des Sommers zu einer starken Aufwirbelung von Sediment und daraus resultieren allgemein geringe Sichttiefen.

## 9.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Am Elbsee wurden von uns am 14.4.81 und 15.7.81 Oberflächenproben entnommen und hinsichtlich verschiedener chemisch-physikalischer Parameter untersucht. Die ermittelten Werte sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen:

**Tabelle 1**

### Chemisch-Physikalische Daten des Elbsees

	T°C	O <sub>2</sub> (mg/l)	pH	Leitf. μS	Ges-Härte °dGH	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l
14.4.81	—	—	8,8	268	9,7	4,0	0,9
15.7.81	20,3	10,28	7,97	311	10,1	4,5	0,9

Tabelle 1 (Fortsetzung)

	Ca <sup>++</sup> mg/l	SiO <sub>2</sub> mgSi/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mgN/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mgN/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μgN/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> μgP/l	Ges.-P μgP/l
14.4.81	34,0	0,045	0,017	11,3	41	2,5	60
15.7.81	48,6	0,264	0,275	9,3	53	5,0	79

Trotz seiner bräunlich trüben Färbung ist der Elbsee kein Moorgewässer. Das belegen die Wasserhärten, nach denen das Wasser des Sees als mittelhart einzustufen ist. Neben den Huminstoffen sind auch hohe Planktondichten und aufgewirbeltes Sediment für die nur sehr geringe sommerliche Sichttiefe verantwortlich zu machen. Sie lag im August 1981 bei nur 0,9 m. Auffällig an den Daten sind die niedrigen

Konzentrationen an Nitrat und Ammonium. Vermutlich wird die Primärproduktion an diesem Flachgewässer aber nicht durch Stickstoff, sondern durch Phosphor limitiert. Diese Vermutung belegen die sehr geringen Konzentrationen an gelöstem Phosphat. Die Gesamtposphatgehalte weisen den See dagegen als eutrophes Gewässer aus.

## 9.3. Artenliste (Aitranger See)

### Röhrichtarten

<i>Equisetum fluviatile</i> L.	
Teich-Schachtelhalm	(05:1)
<i>Myosotis palustris</i> (L.) NATHH.	
Sumpf-Vergißmeinnicht	(05:1)
<i>Nasturtium officinale</i> R. BR.	
Gemeine Brunnenkresse	(05:1)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Potentilla palustris</i> (L.) SCOP	
Sumpffingerkraut	(04:2; 05:2; 06:1)
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(02:1; 06:1; 07:1)

### Schwimblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.  
Gelbe Teichrose

### Untergetauchte Arten

*Chara contraria* A. BR. ex KÜTZ.  
*Elodea canadensis* MICHX.  
Kanadische Wasserpest  
*Fontinalis antipyretica* L.  
Gemeines Quellmoos  
*Myriophyllum spicatum* L.  
Ähren-Tausendblatt  
*Potamogeton alpinus* BALB.  
Alpen-Laichkraut  
*P. berchtoldii* FIEBER  
Berchtolds-Laichkraut  
*P. crispus* L.  
Krauses Laichkraut  
*P. lucens* L.  
Spiegelndes Laichkraut

## 9.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 30a, 30b)

Der Anteil des Röhrichts, der im direkten Einflußbereich des Wassers liegt, nimmt im Elbsee nur einen relativ geringen Flächenanteil ein. Die häufigste Röhrichtart ist dabei noch das Schilfrohr (*Phragmites communis*), das vor allem den schmalen nordwestlichen Ausläufer des Sees besiedelt. Die Art fehlt in zwei Abschnitten völlig (vgl. Verbreitungskarte) In einem (1), weil dort ein Badestrand einge-

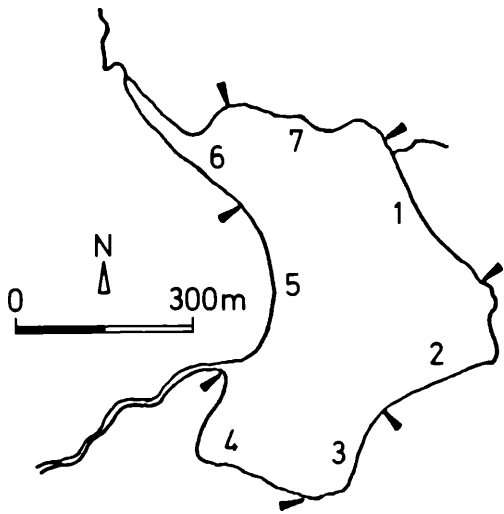
richtet wurde, im anderen (4), weil Wald bis ans Ufer reicht. In denselben Uferbereichen und zusätzlich im Abschnitt 5 fehlt auch der Bittersüße Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), der jedoch insgesamt geringere Häufigkeiten erreicht. Im Abschnitt 5 gedeihen noch drei weitere Röhrichtpflanzen, nämlich der Teichschachtelhalm (*Equisetum fluviatile*), das Sumpffergißmeinnicht (*Myosotis palustris*) und die Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*). In jedem Fall bewerteten wir die Häufigkeit mit der Schätzstufe 1 (= sehr selten).

# ELB- oder AITRANGERSEE

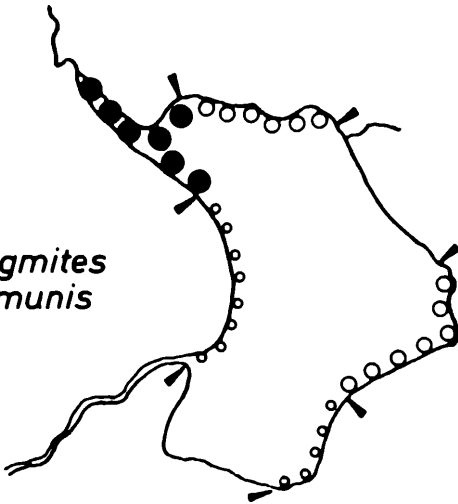
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

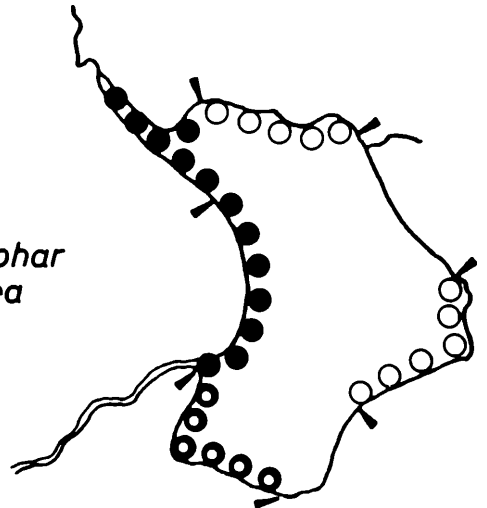
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



*Phragmites  
communis*



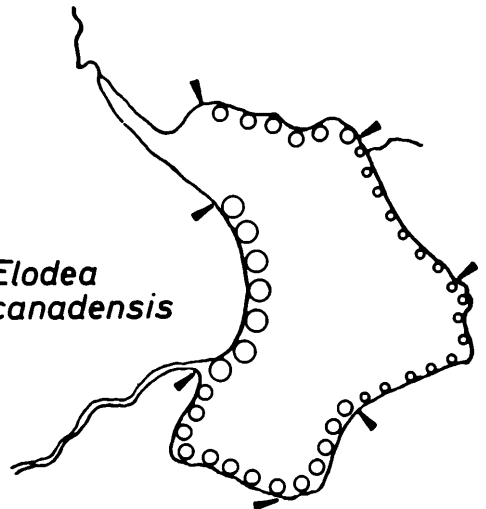
*Nuphar  
lutea*



*Chara  
contraria*

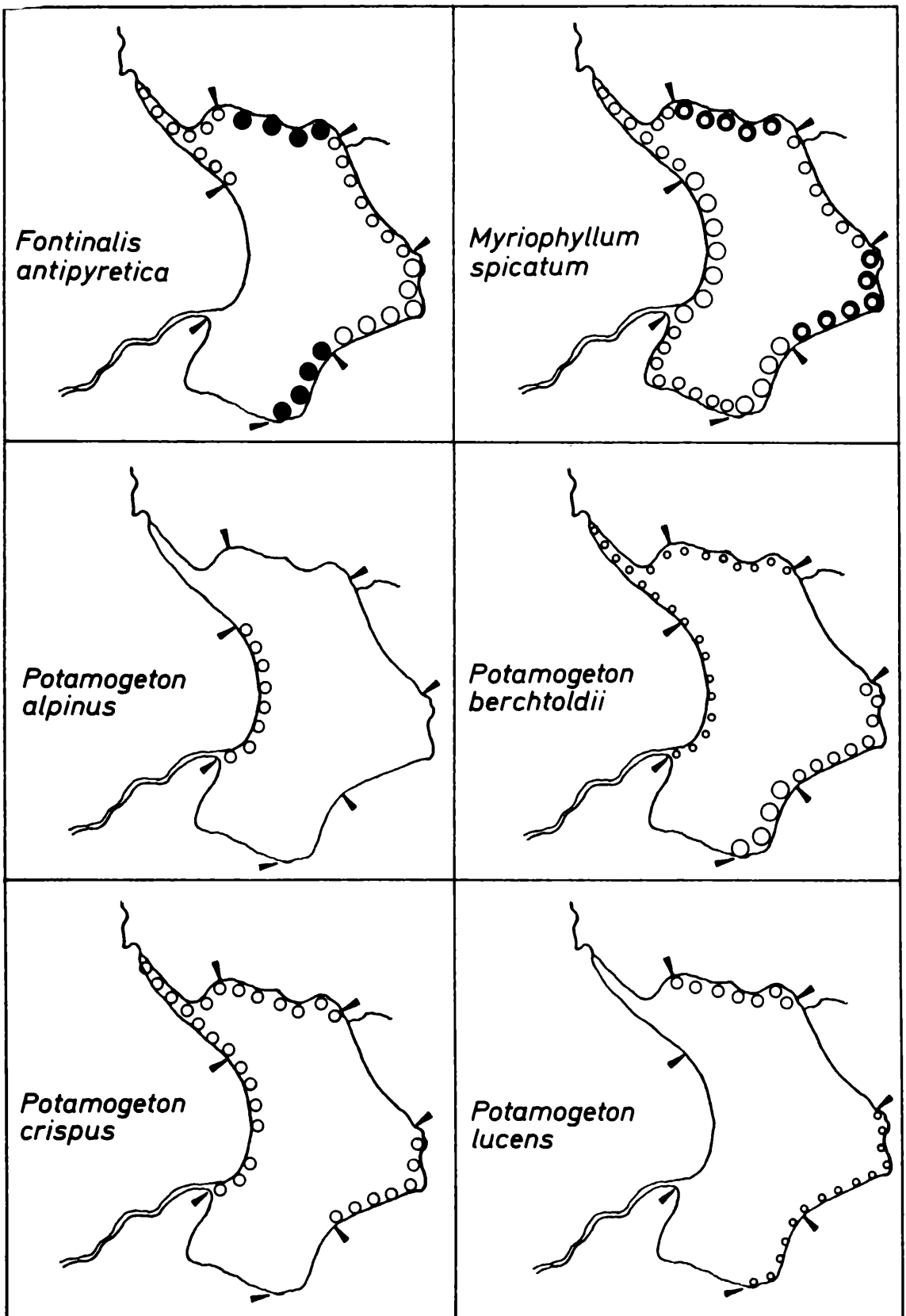


*Elodea  
canadensis*



Karte 30a: ELBSEE – Verbreitung wichtiger Arten





Karte 30b: ELBSEE – Verbreitung wichtiger Arten

Im Gegensatz zum Röhricht ist über weite Strecken der Uferbank ein ausgedehnter Schwimmblattgürtel ausgebildet. Repräsentiert werden die Schwimmblattgewächse dabei ausschließlich durch eine Art, die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*). Im Badebereich fehlt die Art völlig, da sie durch die starke mechanische Belastung dezimiert wird. Am Elbsee konnten wir in dieser Zone, im Gegensatz zu anderen Seen, nicht einmal die salatblattähnlichen Unterwasserblätter finden.

Von den acht verschiedenen submersen Wasserpflanzenarten erreichen nur zwei größere Häufigkeiten. Das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) tritt dabei im gesamten Uferbereich auf, mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt in den Abschnitten 2 und 7. Überraschend ist das z. T. massenhafte Vorkommen des Gemeinen Quellmooses (*Fontinalis antipyretica*) im Elbsee, denn die Art ist, wie alle anderen Wassermoose auch, bei der Assimilation von anorganischem Kohlenstoff auf freies  $\text{CO}_2$  angewiesen. Bicarbonationen können nicht verwertet werden. In kalkreichen Stillgewässern kommen ausreichende Konzentrationen an freiem  $\text{CO}_2$  meist nur im Bereich von Grundwasserzutritten vor (vgl. MELZER 1976). Ob das in den betreffenden Abschnitten des Elbsees der Fall ist,

wurde von uns nicht näher untersucht, die Vermutung liegt aber nahe. Von den übrigen Arten kommt die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) noch am häufigsten vor. Die vier verschiedenen Laichkrautarten, die wir im Elbsee nachweisen konnten, dringen alle nur bis maximal 2 m Tiefe vor. Keine der Arten gedeiht im Bereich des Badestrandes und dort, wo der Wald bis ans Ufer reicht (Abschnitt 4). Während das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) als typische nährstoffliebende Art zu bezeichnen ist, bevorzugen das Spiegelnde Laichkraut (*P. lucens*) und Berchtolds-Laichkraut (*P. berchtoldii*) vorwiegend mesotrophe Gewässer. Das Alpen-Laichkraut (*P. alpinus*) schließlich besiedelt eher nährstoffarme Fließ- und Stillgewässer. Nach neueren Untersuchungen von WIEGLEB u. TODESKINO (1983) muß die Art aber eher als indifferent gegenüber den Nährstoffgehalten des Wassers bezeichnet werden.

## 10. Der Eschacher Weiher

### 10.1. Allgemeine Angaben

In seiner heutigen Form besteht der künstlich angelegte Eschacher Weiher erst seit dem 18. Jhd.

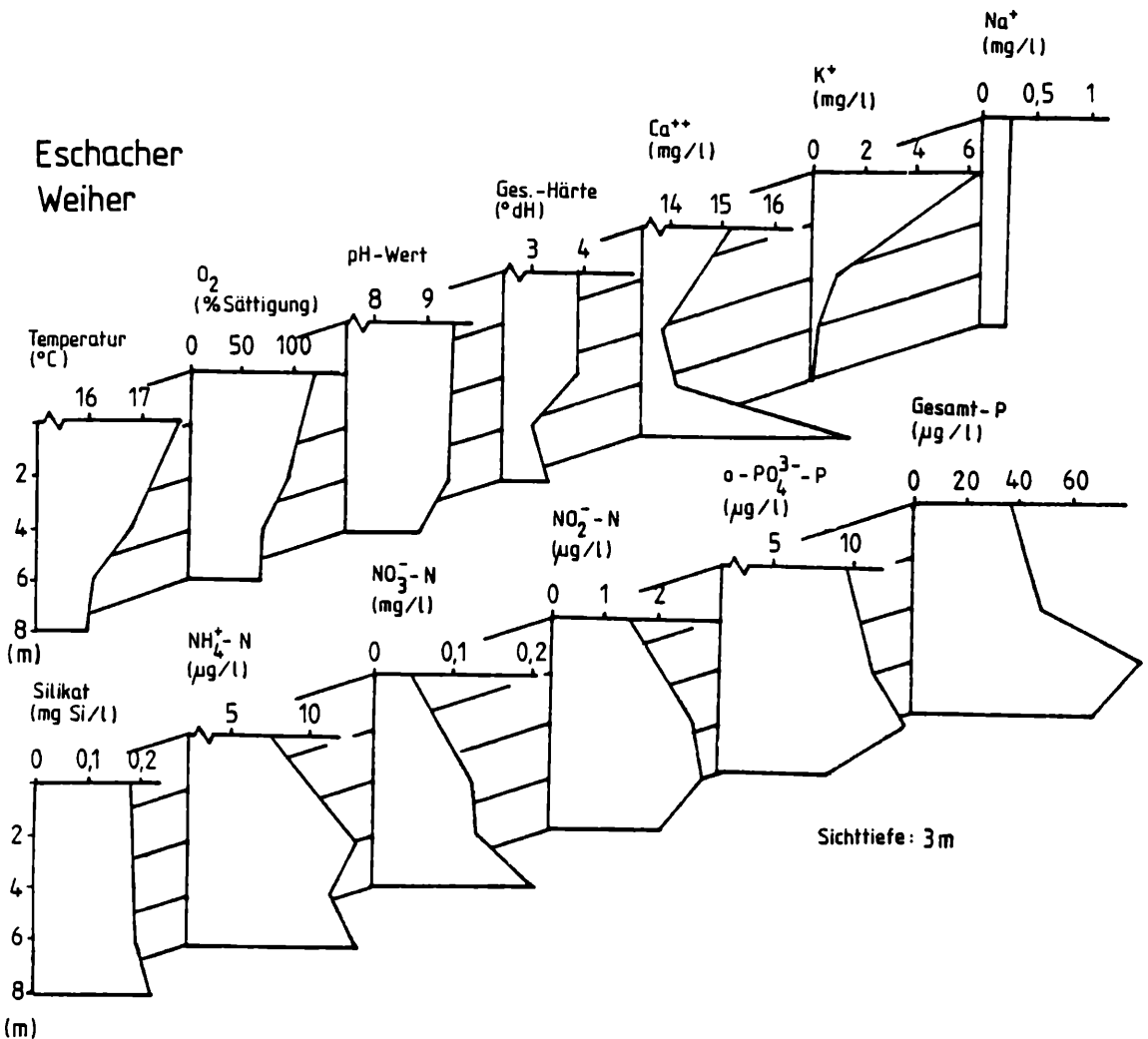


Abbildung 7

ESCHACHER WEIHER, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 31.8.1981

(WEITNAUER 1972), als die Stiftäbte von Kempten eine vermutlich bereits in der Rißeiszeit entstandene Mulde (JERZ 1974) abdämmen ließen. Der Weiher liegt in 1000 m Höhe über NN, ca. 15 km südöstlich von Kempten. Die Gewässerfläche beträgt 8,7 ha, der Umfang 2,06 km und die maximale Tiefe 5 m (Angaben WWA KEMPTEN). Interessanterweise liegt der Eschacher Weiher genau an der Wasserscheide von Rhein und Donau, wobei einer seiner Abflüsse, der Kennelsbach, zum Rhein hin, ein künstlich angelegter Kanal, der dem Kollerbach zufließt, dagegen zur Donau hin entwässert. Gespeist wird der Weiher durch einen kleinen Zufluß im Nordwesten, sowie durch starke Quellen. Die beiden Buchten im Westen des hufeisenförmigen Weihers sind sehr flach. Hier hat sich ein schmales Verlandungsufer gebildet. Das Umland des Weihers setzt sich zu 60 % aus Wald und zu 40 % aus Grünland zusammen. Heute dient das Gewässer, das 1960 unter Landschaftsschutz gestellt wurde, hauptsächlich der Sportfischerei und Erholung. Um die Bademöglichkeiten zu verbessern, wurde vor allem am Nordufer Kies aufgeschüttet.

## 10.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 7)

Wegen seiner geringen Tiefe bilden sich im Eschacher Weiher während des Sommers keine ausgeprägten vertikalen Schichtungen aus. Den Ende August 1981 durchgeführten Messungen war eine lange Schlechtwetterperiode vorausgegangen, weshalb die Temperaturen des Oberflächenwassers unter 18° C lagen. Über dem Gewässergrund in 5 m Tiefe betragen sie ca. 16° C. Der Sauerstoffgehalt zeigte zur Tiefe hin eine deutliche Abnahme, die Konzentrationen über Grund betragen aber immer noch 7 mg/l, was 74 % Sättigung entspricht. Den Eschacher Weiher charakterisiert weiches Wasser. Die Wasserhärten lagen während des Sommers unter 4° dGH. Entsprechend niedrig waren die Calciumgehalte des Wassers. Sie schwankten zwischen 14 und 18 mg Ca<sup>++</sup>/l. Bedingt durch die relativ geringe Pufferkapazität des Wassers stieg der pH-Wert in den oberen 3 Metern des Sees auf 9,5 an. Hervorgehoben wird dieser pH-Anstieg durch die Bicarbonat-assimilation pflanzlicher Organismen, die Bicarbonationen gegen Hydroxylionen austauschen. Überraschenderweise konnten wir an der Oberfläche des Eschacher Weihers deutlich höhere Kaliumgehalte als im übrigen Wasserkörper nachweisen. Ob das auf Einwaschungsprozessen aus den umliegenden Grundlandflächen herrührt, die 40 % des Umlandes des Weihers ausmachen, muß offen bleiben. Sehr niedrig lagen die Gehalte an Nitrat, die zwischen 0,05 mg N/l an der Oberfläche und 0,2 mg N/l in 4 m Tiefe schwankten. Ammonium- und Nitritionen waren nur in Spuren vorhanden. Gelöstes ortho-Phosphat konnten wir in Konzentrationen zwischen 7,5 und 14 µg P/l nachweisen, die Gesamt-P-Gehalte lagen etwa fünfmal so hoch. Die Silikatkonzentrationen von nur etwa 0,2 mg Si/l deuten auf eine Aufzehrung durch Kieselalgen hin. Mit 3,0 m Sichttiefe war die Wassertransparenz dieses flachen Weihers relativ groß.

## 10.3. Artenliste (Eschacher Weiher)

### Röhrichtarten

*Equisetum fluviatile* L.  
Teich-Schachtelhalm  
*Mentha aquatica* L.  
Wasser-Minze  
*Myosotis palustris* (L.) NATHH.  
Sumpf-Vergißmeinnicht  
*Potentilla palustris* (L.) SCOP.  
Sumpffingerkraut  
*Scirpus lacustris* L.  
Flechtsimse

### Schwimtblattarten

*Polygonum amphibium* L.  
Wasser-Knöterich  
*Potamogeton natans* L.  
Schwimmendes Laichkraut

### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.  
*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ.  
*Ch. fragilis* DESV.  
*Elodea canadensis* MICHX.  
Kanadische Wasserpest  
*Fontinalis antipyretica* L.  
Gemeines Quellmoos  
*Potamogeton berchtoldii* FIEBER  
Berchtolds-Laichkraut (01:1; 04:1; 06:1)  
*P. gramineus* L.  
Gras-Laichkraut  
*Ranunculus circinatus* SIBTH.  
Spreizender Wasserhahnenfuß

## 10.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 31a, 31b)

Von den 6 Röhrichtarten erreicht keine große Häufigkeiten. Die relativ starke Verbreitung der Wasserminze (*Mentha aquatica*) ist durch die Vorliebe dieser Pflanze für kühles Grundwasser zu sehen. Die Bestände der Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) und des Teichschachtelhalmes (*Equisetum fluviatile*), die sich auf das Nordufer des Sees beschränken, werden durch den intensiven Erholungsverkehr in Mitleidenschaft gezogen. Auch die beiden Schwimtblattarten, der Wasser-Knöterich (*Polygonum amphibium*) und vor allem das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) gedeihen am Eschacher Weiher nicht sehr häufig. Als Grund dafür kann ebenfalls der starke Badebetrieb angenommen werden.

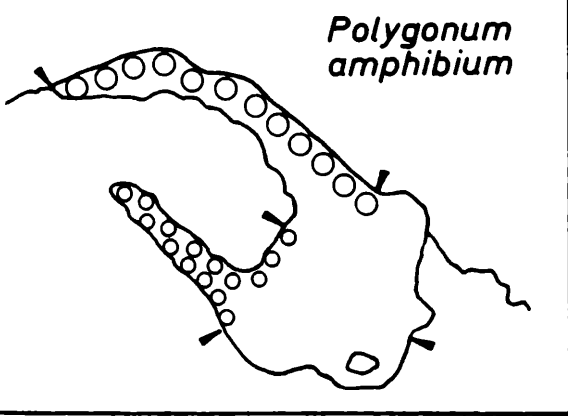
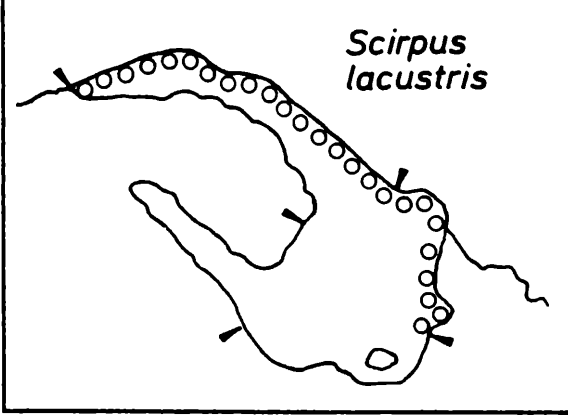
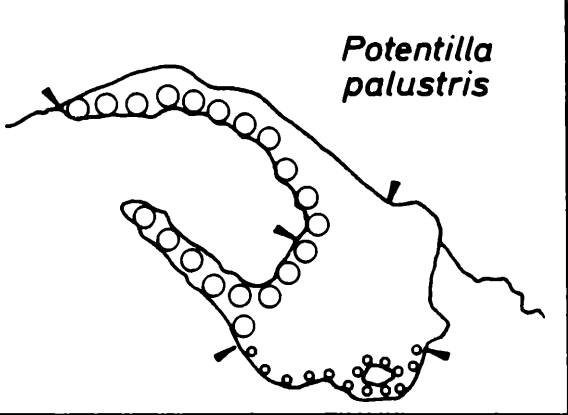
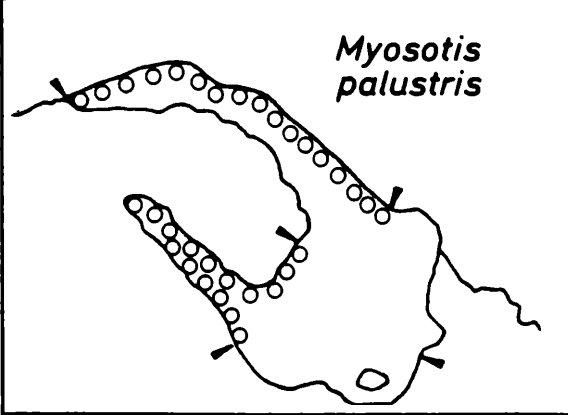
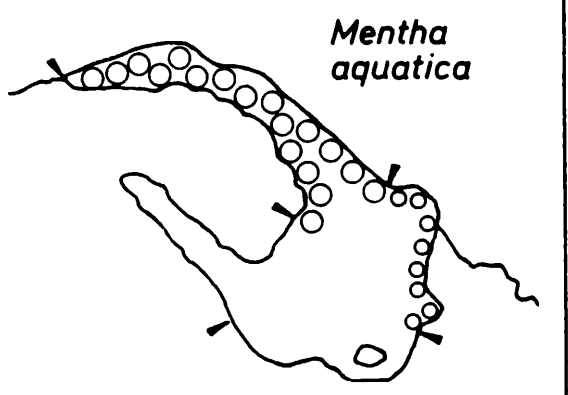
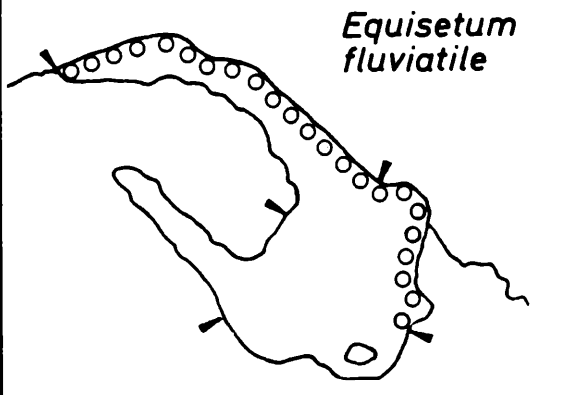
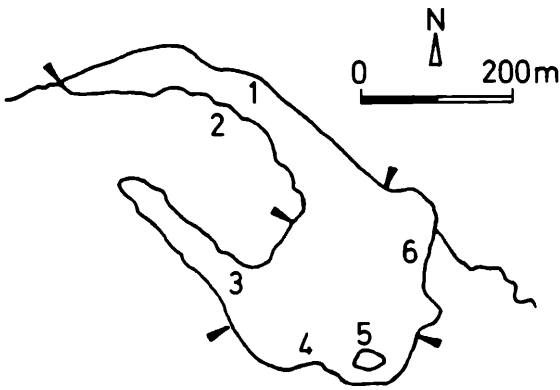
Unter den submersen Arten dominiert die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*). Sie bildet um den gesamten Weiher riesige Bestände aus, wobei einzelne Exemplare Längen von bis zu 2 m erreichen. Im Flachwasserbereich blüht an die Oberfläche gelangende Exemplare gelegentlich. Die Art dringt bis in 3 m, in seltenen Fällen auch bis in 4 m Wassertiefe vor. Entlang des Badestrandes (Abschnitt 1) fehlt sie auf Grund der starken mechanischen Belastung bis in eine Gewässertiefe von 1,5 m völlig. Wie die Wasserpest deutet auch der Spreizende Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) auf einen höheren Nährstoffgehalt des Wassers hin. Das nährstoffarme Wasser bevorzugende Grasartige Laichkraut (*Potamogeton gramineus*) wurde in den letzten Jahren nach Aussagen von Fischern dagegen

# ESCHACHER WEIHER

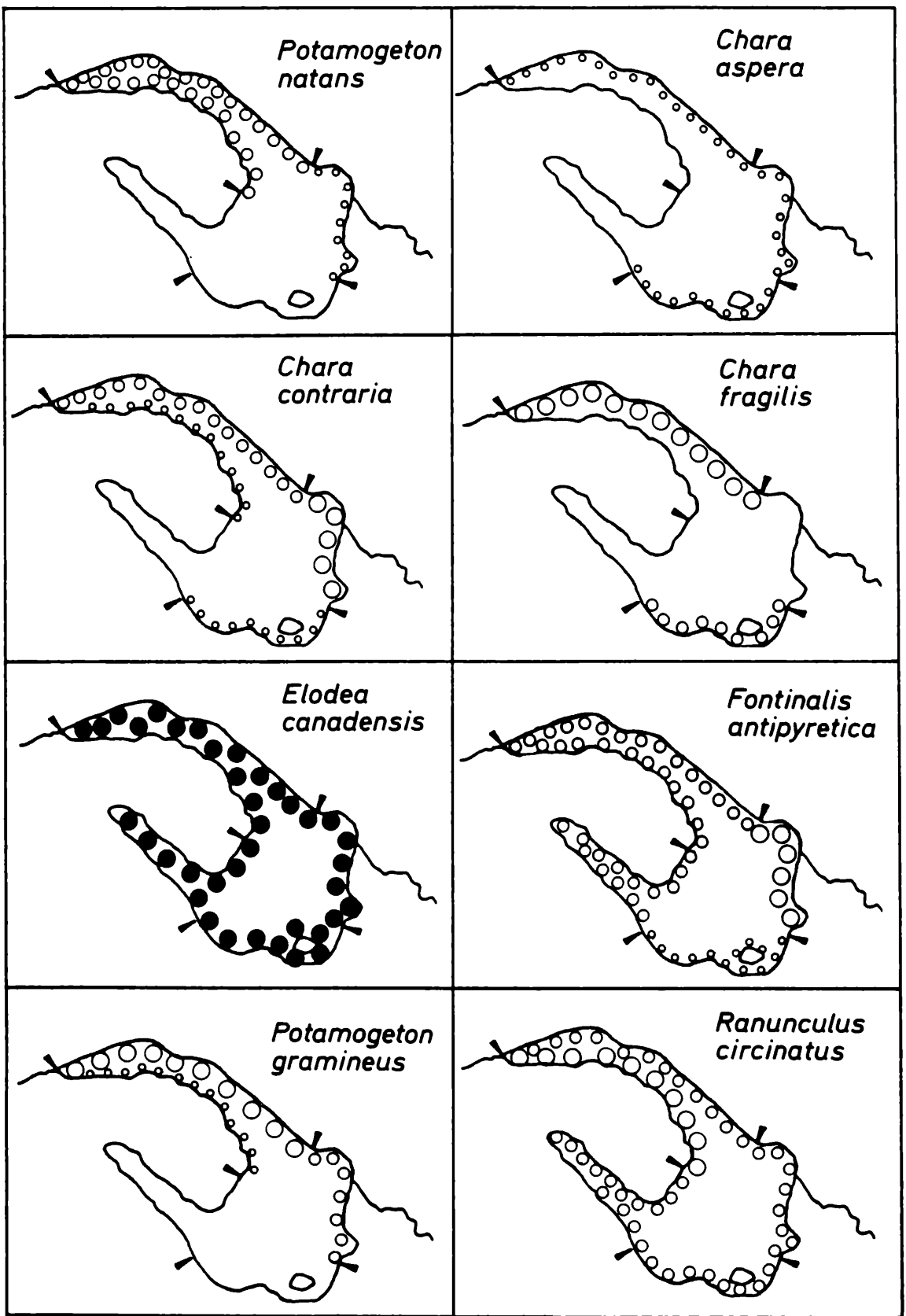
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- Grenze eines Abschnittes



Karte 31a: ESCHACHER WEIHER – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 31b: ESCHACHER WEIHER – Verbreitung wichtiger Arten

stark zurückgedrängt. Auf CO<sub>2</sub>-reiches Grundwasser ist das Gemeine Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) angewiesen. Es tritt im gesamten Uferbereich mit den Häufigkeitsstufen 1-3 auf. Sehr selten ist das Vorkommen von Berchtolds-Laichkraut (*Potamogeton berchtoldii*).

Neben den untergetauchten Gefäßpflanzen fanden wir im Eschacher Weiher auch drei Armleuchteralgenarten. Von diesen ist *Chara fragilis*, vor allem im Abschnitt 1, noch am häufigsten vertreten. *Chara contraria* bildete in Abschnitt 6, im Bereich des Bootssteiges einen kleinen, aber sehr dichten Bestand aus, während *Chara aspera* nur sehr spärlich und dann immer nur im Flachwasserbereich bis 0,5 m Tiefe gedeiht.

## 11. Der Ferchensee

### 11.1. Allgemeine Angaben

Der Ferchensee liegt 1059 m über NN, 1 km westlich des Lautersees und ungefähr 2,5 km westlich von Murnau. Die Oberfläche des Sees mißt 10,8 ha und die größte Tiefe liegt bei 19,2 m (BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Im Gegensatz zum Lautersee weist er eine wesentlich höhere Wassertransparenz auf, was auf eine geringere Nährstoffbelastung zurückzuführen ist. Auch werden See und Umland durch den Menschen weniger intensiv genutzt als es beim Lautersee der Fall ist.

Das Sediment des Sees besteht vorwiegend aus einem sehr weichen und hellen Kalkschlamm. Grobkiesiges Material hat sich nur im unmittelbaren Be-

reich des Spülsaums und dort erhalten, wo dem See Grundwasser Zutritt. Eine Stelle, an der Grundwasser besonders großflächig und auffällig in den See strömt, liegt in der Südbucht des Sees. Dieser Bereich fällt nicht nur durch die veränderte Struktur des Untergrundes, sowie die im Sommer deutlich niedrigeren Temperaturen auf, sondern auch dadurch, daß sich auf den Steinen ein dichter Überzug von Schwefelbakterien gebildet hat. Vermutlich handelt es sich um Schwefelwasserstoff-oxidierende Bakterien der Gattung *Beggiatoa*. In keinem Zusammenhang mit Grundwasserzutritten stehen kiesige Flächen im Uferbereich, die zur Verbesserung der Bademöglichkeiten künstlich angeschüttet wurden.

Die Form der Uferbank ist uneinheitlich ausgebildet. Während sich am Süd- und Südwestufer des langgestreckten Sees die Steilheit der angrenzenden Ferchenseewände auch unter Wasser fortsetzt, beträgt die Breite der Uferbank am gegenüberliegenden Ufer stellenweise bis zu 30 m. An den beiden Schmalseiten des Sees haben sich unter Wasser z. T. große Mengen an Fallaub angesammelt.

### 11.2. Angaben zu den chemisch physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 8)

Bei einer am 23.8.83 durchgeführten Profilmessung fiel die relativ hohe Tiefentemperatur des Ferchensees auf. In 18 m Tiefe ermittelten wir 8,3° C. Diese Temperatur wurde im unmittelbar benachbarten Lautersee am selben Tag bereits in 10 m Tiefe unterschritten. Zurückzuführen ist diese verhältnismäßig hohe Temperatur auf den Zustrom von Grundwas-

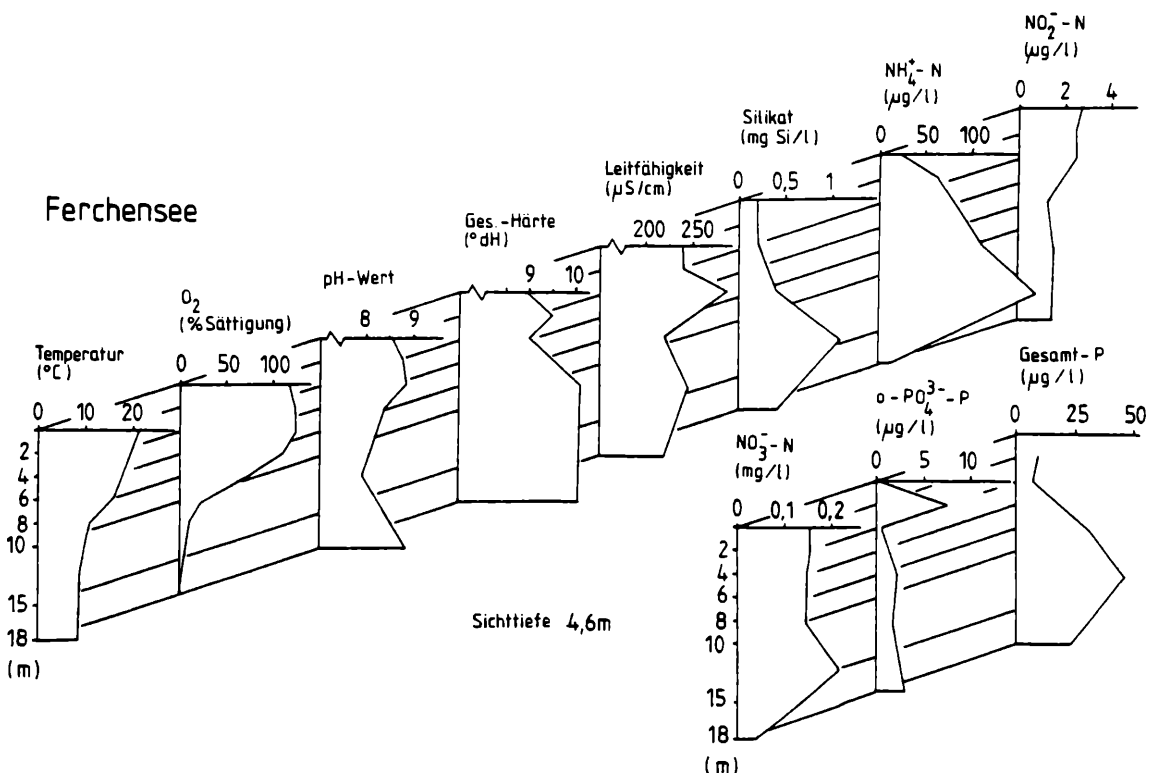


Abbildung 8

FERCHENSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 23.8.1983

ser. Im Gegensatz etwa zum Badersee ist der Grundwasserzustrom im Verhältnis zum Volumen des Sees aber nur sehr gering, so daß sich die obersten Wasserschichten stark erwärmen.

Der Grund dafür, warum im Tiefenwasser des Sees während der Stagnationsphasen kein Sauerstoff vorhanden ist, liegt ebenfalls darin, daß die Menge des zuströmenden Grundwassers im Vergleich zum Volumen des Sees sehr gering ist und sich deshalb vom Sediment ausgehende Zehrungsprozesse bemerkbar machen können. Zusätzlich dazu ist zu berücksichtigen, daß zumindest das dem See in der Südbucht zuströmende Grundwasser sauerstofffrei ist, was der dort vorkommende Aufwuchs mit Schwefelbakterien belegt. Die Zone, in der die Sauerstoffsättigung besonders drastisch abfällt, lag zwischen 6 und 10 m Tiefe. Unterhalb von 14 m sank der O<sub>2</sub>-Gehalt auf unter 1 mg/l ab und fehlte über Grund völlig.

Mit einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser von Seen geht allgemein eine Zunahme von Ammonium, Silikat, gelöstem Phosphat und

Gesamt-Phosphat einher. Das trifft im Ferchensee ebenfalls zu, wobei jedoch eine merkwürdige und einheitliche Abweichung besteht: die Gehalte nehmen in größeren Tiefen wieder ab! Die Erklärung dafür dürfte wieder im Grundwasser zu suchen sein, das sich, wie oben erwähnt, in die Tiefenwasserzone des Sees einschichtet. Zur Absicherung dieser Hypothese müßten jedoch detaillierte Untersuchungen angestellt werden.

Die Gesamt-P-Gehalte schwankten während der Messung im August 1983 zwischen 7 und 46 µg P/l. In einem ganz ähnlichen Bereich lagen sie bei einer vom WWA Weilheim (KUNKEL, pers. Mitt.) während der Zirkulationsphase im November 1984 vorgenommenen Beprobung. Die Durchschnittswerte betragen mit 13 µg P/l aber nur etwa die Hälfte der von uns im Sommer ermittelten. Auf Grund der Durchmischung des Sees waren im November alle chemischen Schichtungen, bis auf die des Gesamt-Phosphates, abgebaut. Der Ammoniumgehalt lag Mitte Nov. 1984 bei 80 µg N/l und die Konzentrationen an Nitrat um 0,28 mg N/l (alle Angaben WWA Weilheim).

### 11.3. Artenliste (Ferchensee)

#### Röhrichtarten

*Carex rostrata* STOK.

Schnabel-Segge

*Hippuris vulgaris* L.

Tannenwedel

*Mentha aquatica* L.

Wasserminze

(01:1)

*Menyanthes trifoliata* L.

Fiebersklee

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

#### Schwimtblattarten

*Nymphaea alba* L.

Weißer Seerose

*Potamogeton natans* L.

Schwimmendes Laichkraut

#### Untergetauchte Arten

*Elodea canadensis* MICHX.

Kanadische Wasserpest

*Potamogeton x nitens* WEB.

Glanz-Laichkraut

*P. pectinatus* L.

Kamm-Laichkraut

(05:1)

*P. praelongus* WULF.

Gestrecktes-Laichkraut

*Ranunculus trichophyllus* CHAIX.

Haarblättriger Wasserhahnenfuß

(05:2)

### 11.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 32a, 32b)

Nur in der Nordwest-Bucht des Sees hat sich eine breitere Röhrichtzone ausgebildet, wobei das Schilfrohr (*Phragmites communis*) dominiert und nur entlang des Südostufers fehlt. Es wird in diesem Bereich von der Schnabel-Segge (*Carex rostrata*) ersetzt. Die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) erreicht dagegen nie große Häufigkeiten. Unbedeutend waren die Vorkommen zweier weiterer Röhrichtpflanzen, nämlich das des Fiebersklee (*Menyanthes trifoliata*) und das der Wasserminze (*Mentha aquatica*). Im Bereich südlich des Bootsverlehs liegt ein großer Bestand der Weißer Seerose (*Nymphaea alba*). Einige Exemplare gedeihen auch noch am gegenüberliegenden Ufer. In wechselnder Häufigkeit kommt in allen Abschnitten des Sees als zweiter Vertreter der Schwimtblattgewächse das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) vor.

Was die untergetauchte Vegetation anbelangt, fiel die Artenarmut auf und dabei zusätzlich die geringe Häufigkeit, in der die wenigen Arten vorkamen.

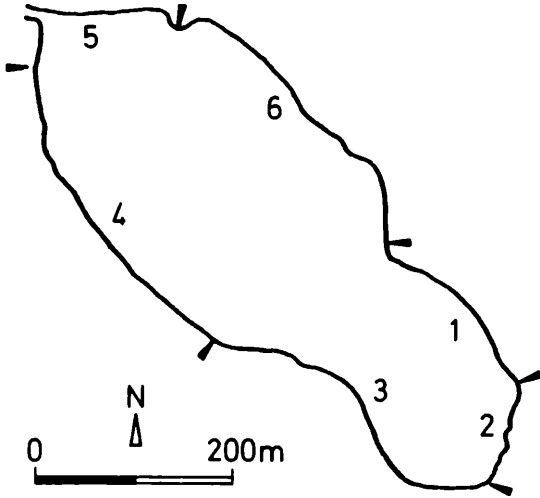
Besonders auffällig war das völlige Fehlen von Armleuchteralgen (Characeen), obwohl für deren üppiges Gedeihen eigentlich gute Voraussetzungen gegeben wären. Es wäre von großem Interesse, der Frage nachzugehen, ob Characeen im Ferchensee noch nie vorkamen, bzw. warum und wann sie verschwunden sind. Das Langblättrige Laichkraut (*Potamogeton praelongus*) war in allen Abschnitten mit annähernd gleicher Häufigkeit vertreten (Schätzstufe 3 = verbreitet). Daneben war der Gemeine Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) noch stärker verbreitet, am häufigsten in der Südbucht, wo auch die bedeutendsten Grundwasserzutritte zu verzeichnen sind. Das weist auf die Vorliebe des Tannenwedels für tiefe Temperaturen hin. Obwohl man die Art zu den Röhrichtpflanzen zählt, gedeiht sie im Ferchensee ausschließlich submers und zwar bis zu 4 m Wassertiefe. Mit deutlich geringerer Häufigkeit kam die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) vor, und mit nur wenigen Exemplaren fanden wir zwei weitere untergetauchte Arten, das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und den Haarblättrigen Hahnenfuß (*Ranunculus trichophyllus*).

# FERCHENSEE

Einteilung in Kartierungsabschnitte

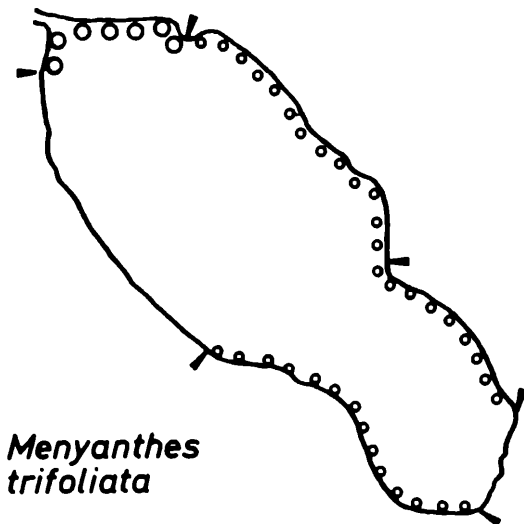
Mengenschätzung

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



*Carex rostrata*

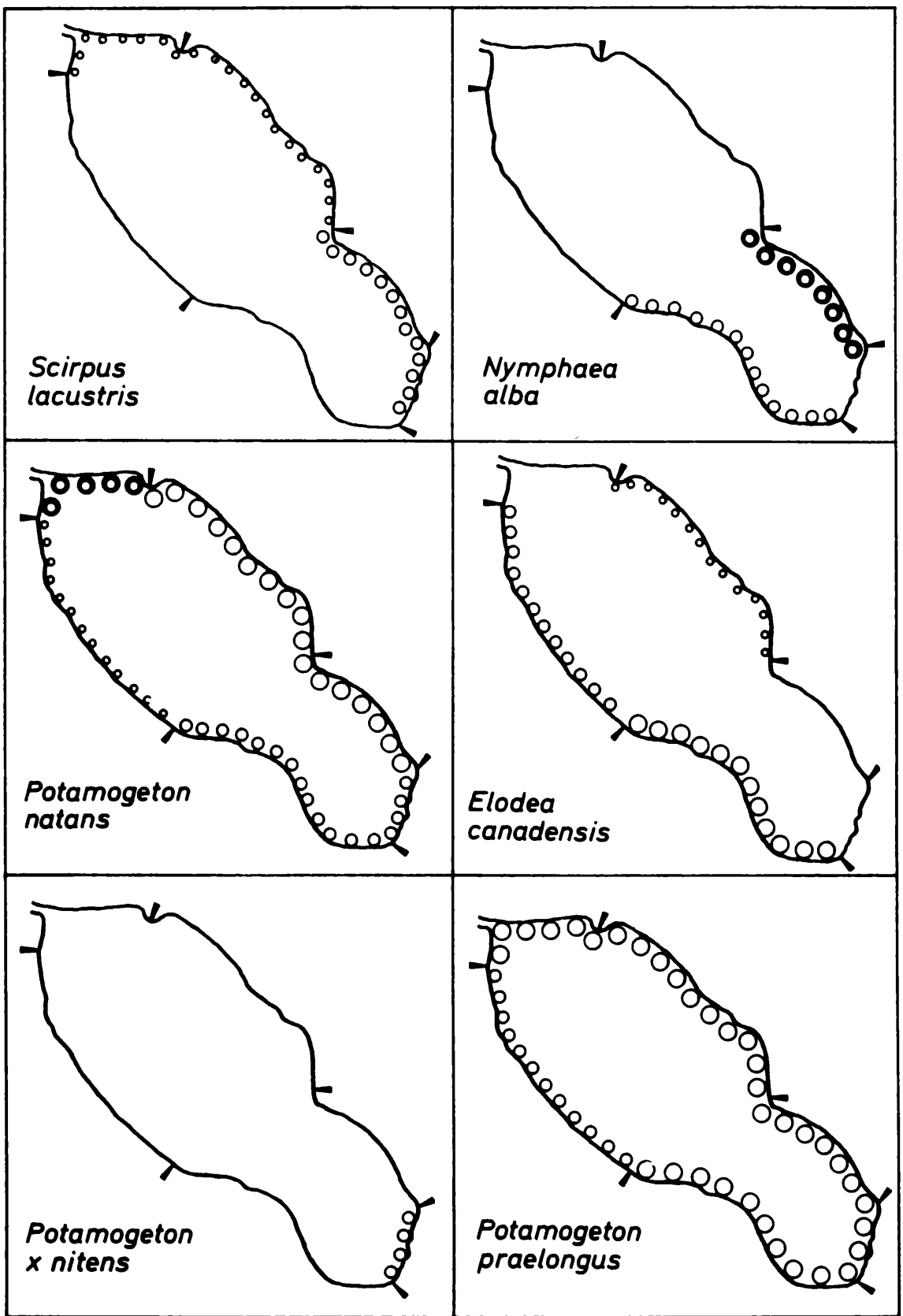
*Hippuris vulgaris*



*Phragmites communis*

Karte 32a: FERCHENSEE – Verbreitung wichtiger Arten





Karte 32b: FERCHENSEE – Verbreitung wichtiger Arten

## 12. Der Griessee

### 12.1. Allgemeine Angaben

Am Nordrand der Seener Seengruppe liegt der Griessee mit einer Fläche von 9,21 ha (nähere Angaben über Entstehung und Lage vgl. Brunnensee). Sein Umfang beträgt 1,35 km, die größte Tiefe wird mit 11,6 m angegeben (BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Über weite Strecken reichen Bäume bis an den Gewässerrand; im Westen setzen Moorflächen landeinwärts die seeseitigen Verlandungsufer fort. Hier liegt das Haupteinzugsgebiet des Griessees, was die dunkelbraune Färbung des Wassers erklärt. Dem Charakter eines Moorees entspricht auch die weiche, torfige Auflage der etwa 25 m breiten Uferbank. Im Sommer erwärmt sich das trübe Wasser des Griessees schneller als das der benachbarten Gewässer, ein Grund für seine Beliebtheit bei Badenden. Der Zugang zum Wasser wurde durch Stege und Leitern erleichtert und einige Stellen des Ufers mit einer Kiesaufschüttung künstlich befestigt.

### 12.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Nach der Analyse einer Probe seines Oberflächenwassers läßt sich der Griessee als Mooree bezeichnen. Eine Gesamthärte von 6,4° dGH bescheinigt ihm „weiches“ Wasser. Die elektrische Leitfähigkeit erreichte 147 µS, der Gehalt an Kalziumionen 32 mg/l. Gelöste Stickstoffverbindungen waren nur in geringen Konzentrationen nachweisbar (Nitrat: 0,09 mgN/l, Ammonium 4,5 µg N/l), der Gehalt an gelöstem Phosphat bewegte sich mit 0,5 µg P/l an der methodischen Nachweisgrenze. Mit 127,5 µg/l Gesamtphosphor lag der Griessee allerdings an der Spitze der untersuchten Gewässer um Seon und gibt damit seine fortgeschrittene Trophie zu erkennen.

### 12.3. Artenliste (Griessee)

#### Röhrichtarten

<i>Cladium mariscus</i> (L.) POHL	
Schneide	
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	(03:2; 06:1)
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	
Fiebertee	(04:1)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Potentilla palustris</i> (L.) SCOP.	
Sumpffingerkraut	(01:2; 03:2; 04:2; 05:1)
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechsimse	(01:1; 06:2)
<i>Thelypteris palustris</i> SCHOTT	
Sumpffarn	
<u>Schwimblattarten</u>	
<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	(01:1; 03:1)
<i>Nymphaea alba</i> L.	
Weißer Seerosen	
<u>Untergetauchte Arten</u>	
<i>Potamogeton gramineus</i> L.	
Gras-Laichkraut	
<i>P. lucens</i> L.	
Spiegelndes Laichkraut	
<i>P. pectinatus</i> L.	
Kamm-Laichkraut	(06:1)

## 12.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 33)

Der Griessee wird von einem nahezu geschlossenen Röhrichtgürtel umgeben, der sich in erster Linie aus dem Schilfrohr (*Phragmites communis*) zusammensetzt und nur im Badebereich Lücken erkennen läßt. An windgeschützten Stellen sind ihm zum Wasser hin z. T. sehr dichte Bestände der Schneide (*Cladium mariscus*) vorgelagert. Recht selten dagegen und nahezu ausschließlich in submerser Form wächst im Griessee die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*). Vereinzelt gedeihen im Schutz des Schilfrohrs das Blutauge (*Potentilla palustris*), die Wassermintze (*Mentha aquatica*) und der Sumpffarn (*Thelypteris palustris*).

Unter den Schwimblattpflanzen dominiert die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*). Besonders häufig kommt sie im Flachwasser im Bereich der Verbindung zum Brunnensee vor. Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) fanden wir nur sehr selten.

Eine starke Verbreitung untergetauchter Wasserpflanzen schließt sich am Griessee wegen der geringen Wassertransparenz aus, weswegen auch von den drei submersen Arten, dem Spiegelnden Laichkraut (*Potamogeton lucens*) und dem Grasartigen Laichkraut (*Potamogeton gramineus*) sowie dem Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) über weite Strecken nur Einzelexemplare vorkommen.

## 13. Der Hofstätter See

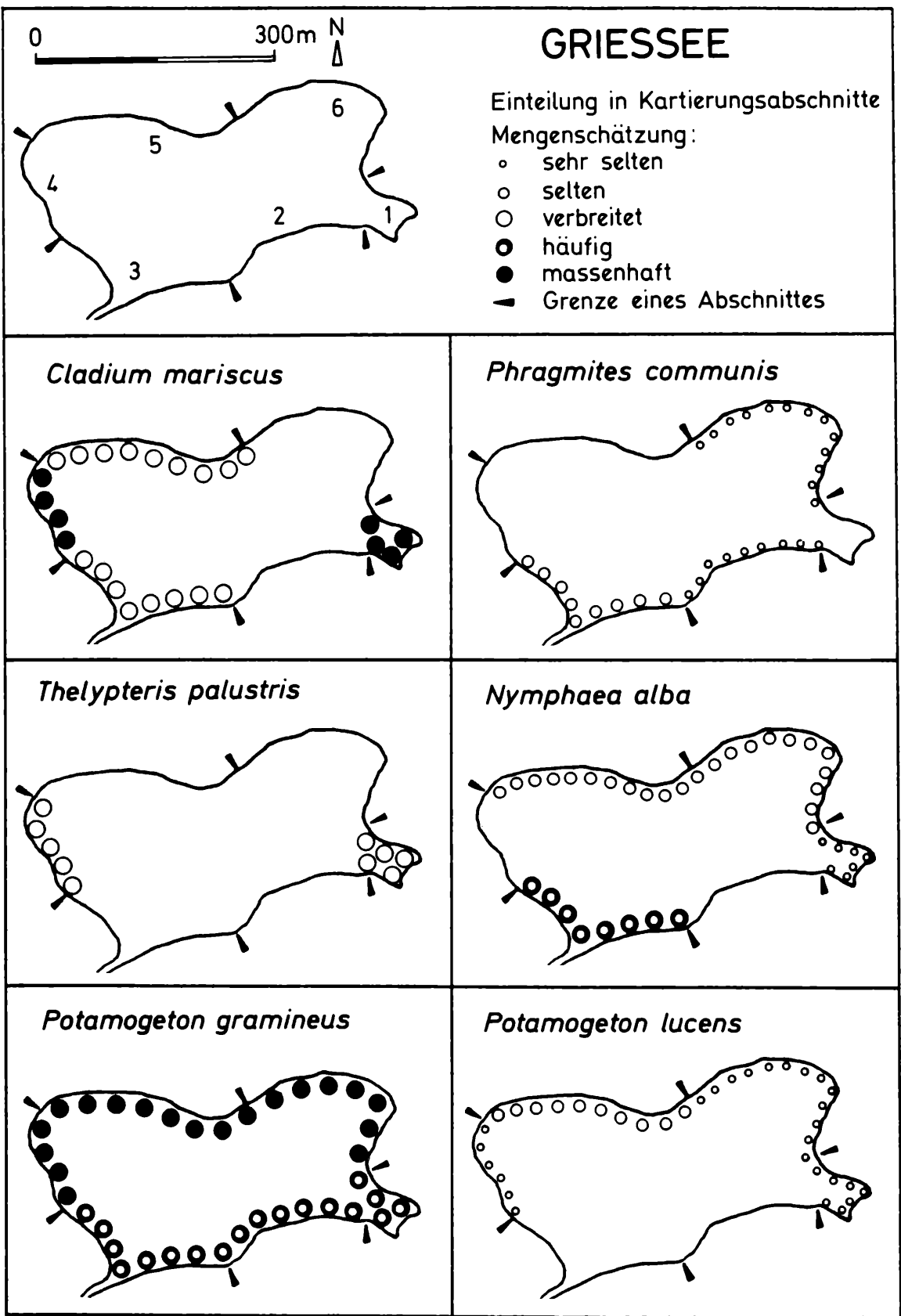
### 13.1. Allgemeine Angaben

Der Hofstätter See liegt als einer der zahlreichen Moränenseen des Alpenvorlandes auf einer Meereshöhe von 482 m etwa 5 km nordöstlich von Rosenheim. Seine Oberfläche beträgt 57,55 ha, die maximale Tiefe allerdings nur 3,5 m (BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Weite Teile des Sees werden von vermoorten Flächen umgeben, am Nordufer und an einigen Stellen im Südosten reichen Baumbestände bis an den Gewässerrand heran. Im Osten durchbrechen zahlreiche kleine Inseln die Wasseroberfläche und verdeutlichen den hier bereits weit fortgeschrittenen Verlandungsprozeß. Einen Zufluß erhält der Hofstätter See aus den Moorgebieten im Westen. Der Nickelbach entwässert am Ostufer in den benachbarten Rinssee. Der Hofstätter See befindet sich in Privatbesitz. Bootsverkehr ist nur wenigen Fischern gestattet, der Badebetrieb beschränkt sich auf einzelne Stellen, wogegen der größte Teil des Ufers nahezu unbegebar und somit vor anthropogenen Störungen weitestgehend geschützt ist.

Verantwortlich dafür, daß wir die Kartierung der Vegetation durch Tauchen abbrechen und eine mechanische Probennahme vom Boot aus vorzogen, war eine oft mehrere Meter dicke organische Schwemmschicht extrem weicher Konsistenz, die gelegentlich bis an die Wasseroberfläche reichte. Dabei verursachte bereits der Wellenschlag des überquerenden Ruderbootes eine großflächige Freisetzung schwefelwasserstoffhaltiger Gasblasen.

### 13.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse der Probennahmen vom 31.3.1981 und 19.6.1981



Karte 33: GRIESSEE – Verbreitung wichtiger Arten

**Tabelle 2**

**Chemisch-physikalische Daten des Hofstätter Sees**

	T °C	O <sub>2</sub> %	pH	Ges.-Härte °dGH	Leitf. µS	K <sup>+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l
31.3.81 Om	10,6	142	7,8	3,4	103	1,1	3,0	12
19.6.81 Om	18,0	105	7,8	4,8	103	0,9	3,0	22
1m	17,6	88	8,7	3,6	105	0,8	3,0	22
2m	17,7	88	8,7	5,0	107	0,8	3,0	22

**Tabelle 2 (Fortsetzung)**

**Chemisch-physikalische Daten des Hofstätter Sees**

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg N/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg N/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µg N/l	SiO <sub>2</sub> mg Si/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µg P/l	Gesamt-P µg P/l
31.3.81 Om	68	0,17	0,0	0,22	8,5	31
19.6.81 Om	27	0,11	2	0,15	2,0	128
1m	9	0,09	1	0,13	1,5	76
2m	6	0,07	1	0,11	1,0	99

Geringe Leitfähigkeitswerte (103-107 µS) und Gesamtwasserhärten (zwischen 3,6 und 5° dGH) charakterisieren den Hofstätter See als weiches, elektrolytarmeres Moorgewässer. Auf Grund seiner geringen Tiefe ist keine stabile Schichtung des Wasserkörpers gegeben, da bereits jede stärkere Luftbewegung seine Durchmischung zur Folge hat. Das belegte ein nur sehr geringer Temperaturgradient zur Zeit der Probennahme im Juni 1981. Trotzdem ließ sich bereits in nur einem Meter Wassertiefe ein Sauerstoffdefizit erkennen, das als Zeichen bakteriell verursachter Abbauprozesse zu deuten ist. Die nur

geringfügige Übersättigung des Oberflächenwassers war vermutlich auf die starke Bewölkung während der Probennahme zurückzuführen, wodurch die Sauerstoffproduktion photosynthetisch aktiver Organismen drastisch reduziert wurde. Eine Konzentration der Biomasse auf die Oberfläche des Sees dokumentiert ein hoher Gehalt an gebundenem Phosphor. Nitrat und Ammonium liegen in geringen Konzentrationen vor. Trotzdem scheint auch am Hofstätter See gelöstes Phosphat die Produktion zu limitieren. Mit 1-2 µg P/l lagen die Werte an der unteren Grenze der methodischen Nachweisgrenze.

**13.3. Artenliste (Hofstätter See)**

Röhrichtarten

- Equisetum fluviatile* L.
- Teich-Schachtelhalm (06:2)
- Iris pseudacorus* L.
- Wasserschwertlilie (06:1)
- Menyanthes trifoliata* L.
- Fieberklee
- Phragmites communis* TRIN.
- Schilfrohr
- Potentilla palustris* (L.) SCOP.
- Sumpffingerkraut (01:4; 02:1; 03:3; 04:3; 06:3)
- Scirpus lacustris* L.
- Flechtsimse
- Solanum dulcamara* L.
- Bittersüßer Nachtschatten (01:1)

*Typha latifolia* L.

Breitblättriger Rohrkolben (02:2; 03:1; 06:2)

Schwimblattarten

- Nuphar lutea* (L.) SM.
- Gelbe Teichrose (01:1)
- Nymphaea alba* L.
- Weißer Seerose

Untergetauchte Arten

- Myriophyllum spicatum* L.
- Ähren-Tausendblatt
- Potamogeton crispus* L.
- Krauses Laichkraut

**13.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 34)**

Die geringe Wassertransparenz und die gleichzeitig ungünstigen Verankerungsmöglichkeiten im weichen Sediment verhindern offensichtlich eine stärkere Verbreitung submerser Wasserpflanzen im Hofstätter See. Nur das Krause Laichkraut (*Pota-*

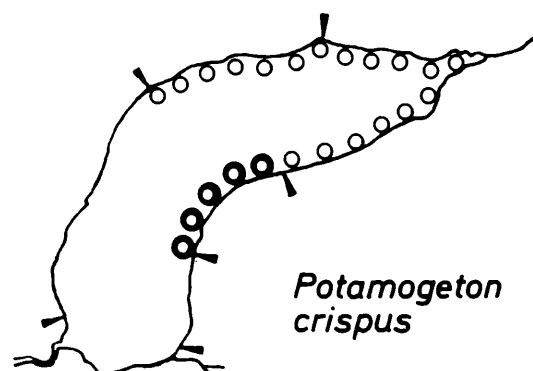
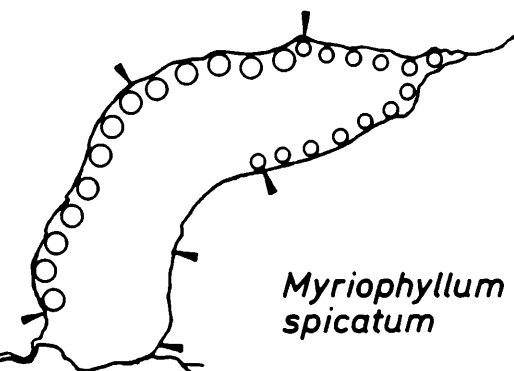
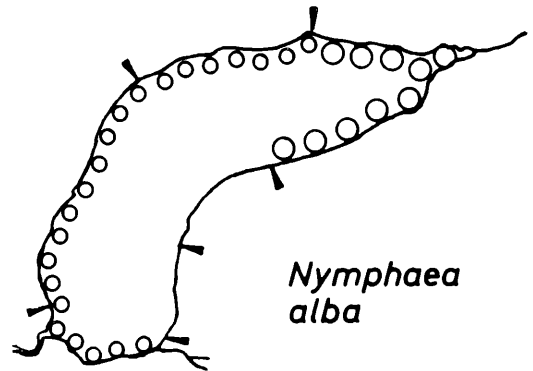
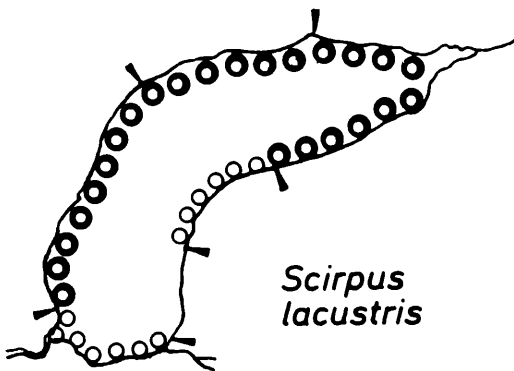
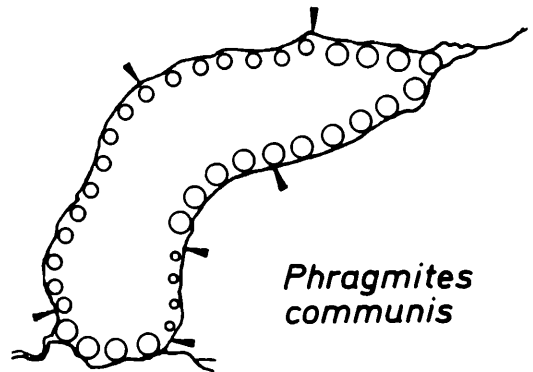
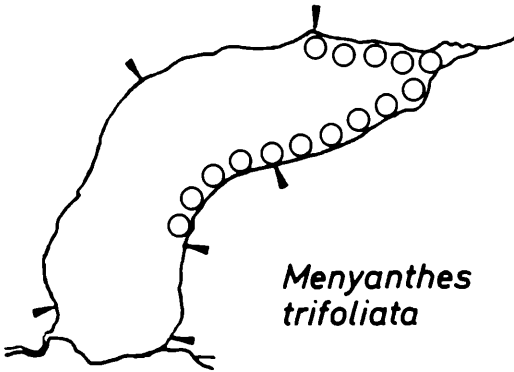
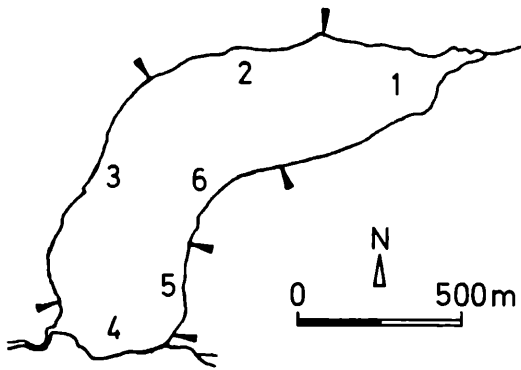
*mogeton crispus*) wächst in einem Abschnitt „häufig“. Ergänzt wird der spärliche Artenbestand untergetauchter Pflanzen durch das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*). Nicht selten fanden wir es frei im Wasser treibend, offenbar deshalb, weil es durch den eigenen Auftrieb enturzelt wurde.

# HOFSTÄTTERSEE

Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



Karte 34: HOFSTÄTTER SEE – Verbreitung wichtiger Arten

Schwimblattgewächse werden am Hofstätter See durch die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) und die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) vertreten. Letztere fehlt im See nur in den Badebereichen, während die Gelbe Teichrose insgesamt nur selten gedeiht. Optimale Wachstumsvoraussetzungen scheint dagegen die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) vorzufinden. Wegen der geringen Tiefe des Gewässers beschränkt sie ihre Standorte nicht nur auf den Gewässerrand, sondern ist vor allem in der östlichen Seehälfte nahezu über die gesamte Wasserfläche verbreitet. Das Schilfrohr (*Phragmites communis*) bildet entlang des Ufers einen fast geschlossenen Gürtel geringerer Dichte, den an einigen Stellen Bestände des Breitblättrigen Rohrkolben (*Typha latifolia*) unterbrechen. In Abschnitten, wo der moorige Charakter der Ufer besonders stark ausgeprägt ist, ergänzen Blutauge (*Potentilla palustris*) und Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) das Röhricht.

## 14. Der Klosterseeoner See

### 14.1. Allgemeine Angaben

Mit 46,99 ha besitzt der Klosterseeoner See, der auch Klostersee genannt wird, die größte Wasserfläche innerhalb der Gruppe der Seener Seen (nähere Angaben über Entstehung und Lage vgl. Brunnensee). Im östlichen Becken des Sees liegt mit 16 m die tiefste Stelle. Von zwei unterseeischen Schwellen

von diesem Seeteil getrennt, schließt sich im Nordwesten und Südwesten jeweils ein Seitenbecken an. Dazwischen liegt die Halbinsel mit dem Kloster. Eine starke Bebauung kennzeichnet vor allem den nördlichen Gewässerrand, wogegen die Südufer relativ naturbelassen sind. Größere Flachwasserbereiche gibt es nur im Osten des Sees, ansonsten herrschen steil abfallende Ufer vor.

Als letztes Glied der Seener Seenkette erhält der Klosterseeoner See oberirdische Zuflüsse über die höherliegenden Gewässer im Westen. Seine Entwässerung erfolgt nach Süden, wo das Wasser in den Schottern versickert (WILHELM 1957).

Den Gewässergrund im Hauptbecken bedeckt heller Kalkschlamm, der oft einer Schicht Seekreide aufgelagert ist. Weiches, dunkleres Sediment in den beiden Nebenbecken läßt auf eine höhere organische Produktion in diesen Seeteilen schließen.

Badebetrieb herrscht vor allem im Bereich des Strandbades am Südostufer, aber er geht auch von den Privatgrundstücken im Norden aus. Gerade hier, vor den teils bis an den Gewässerrand heranreichenden Gärten werden anthropogen bedingte Schäden am Röhricht deutlich. Auf den ersten Blick nicht erkennbar sind dagegen Spuren, die der Mensch unter der Wasseroberfläche hinterlassen hat. Die Uferhalden im Norden, aber auch rund um die Klosterhalbinsel, gleichen streckenweise Müllkippen mit einem reichhaltigen Sortiment aus Bauschutt und Hausrat.

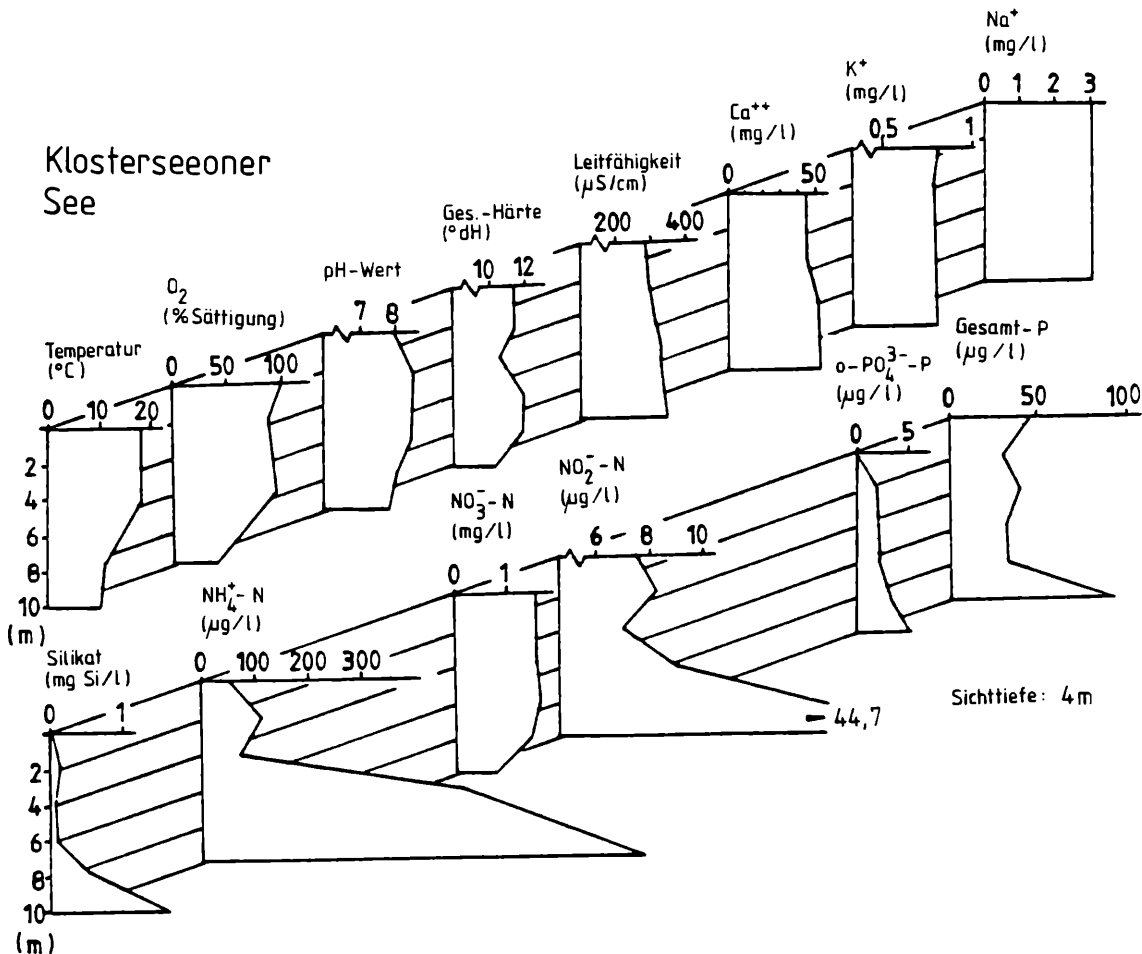


Abbildung 9

KLOSTERSEEONER SEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 19.6.1981

#### 14.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 9)

Ein der Probennahme vorangegangener Kälteeinbruch hatte zur Abkühlung und Durchmischung des epilimnischen Wasserkörpers geführt. Erst unterhalb von 4 m Tiefe verringerte sich die Temperatur von 17,8° C auf 10,3° C in 10 m.

Die Sauerstoffsättigung reichte mit nahezu 100 % bis in eine Tiefe von 6 m. Innerhalb der folgenden 4 m nahm sie allerdings rasch bis auf 37 % ab. Ob im Tiefenwasser des Klosterseeoner Sees noch aerobe Bedingungen herrschen, können wir nicht beantworten, nachdem unsere Probennahme in einer Tiefe von 10 m endete. Die Gesamtwasserhärte lag bei etwa 11° dGH, die elektrische Leitfähigkeit erreich-

te an der Oberfläche 295 µS. Bereits in 6 m Tiefe war ein sprunghafter Anstieg der Ammoniumkonzentration zu beobachten. Die höchsten Werte traten mit fast 800 µg N/l in 10 m Wassertiefe auf. Gleichzeitig deutete eine Abnahme des Nitratgehalts die Anwesenheit nitratreduzierender Bakterien an, womit sich, als Zwischenprodukt dieser „Nitratatmung“, auch die relativ hohen Nitritkonzentrationen von etwa 45 µg/l in 10 m Wassertiefe erklären lassen.

Hinsichtlich seines Phosphatgehaltes erscheint der Klosterseeoner See mäßig belastet. Zur Zeit der Frühjahrszirkulation lag der Gehalt an Gesamtphosphat bei 37 µg P/l, Mitte Juni waren an der Oberfläche 42, in 10 m Wassertiefe 84 µg P/l vorhanden.

#### 14.3. Artenliste (Klosterseeoner See)

##### Röhrichtarten

<i>Acorus calamus</i> L.	
Kalmus	
<i>Cladium mariscus</i> (L.) POHL	
Schneide	
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	
Gemeiner Wasserdistel	(08:2)
<i>Iris pseudacorus</i> L.	
Wasserschwertlilie	
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	
Fieberschmalz	
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Potentilla palustris</i> (L.) SCOP.	
Sumpffingerkraut	(01:1; 02:2; 03:1; 07:1; 08:1)
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechtsimse	
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(03:1; 04:1; 06:1; 07:3; 08:2; 09:1)
<i>Thelypteris palustris</i> SCOTT (L.)	
Sumpffarn	
<i>Typha latifolia</i> L.	
Breitblättriger Rohrkolben	(03:1)

##### Schwimmpflanzenarten

<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	
<i>Nymphaea alba</i> L.	
Weißer Seerosen	
<i>Polygonum amphibium</i> L.	
Wasser-Knöterich	
Untergetauchte Arten	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	
Gemeines Hornblatt	
<i>Chara contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	
<i>Ch. intermedia</i> A. BR.	
<i>Ch. tomentosa</i> L.	
<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	
Gemeines Quellmoos	
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	
Ähren-Tausendblatt	
<i>Najas intermedia</i> WOLFGANG	
Mittleres Nixkraut	
<i>Nitellopsis obtusa</i> (DESV.) J. GROVES	
<i>Potamogeton crispus</i> L.	
Krauses Laichkraut	
<i>P. lucens</i> L.	
Spiegelndes Laichkraut	(07:1)
<i>P. pectinatus</i> L.	
Kamm-Laichkraut	(09:1)
<i>P. perfoliatus</i> L.	
Durchwachsenes Laichkraut	
<i>P. praelongus</i> WULFEN	
Gestrecktes Laichkraut	

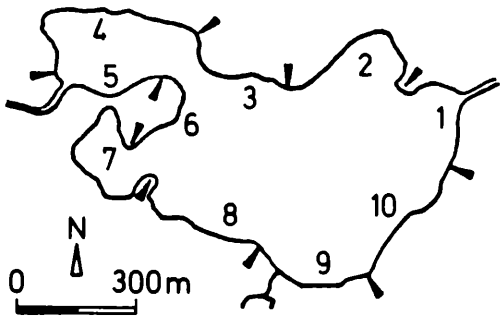
#### 14.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 35 a-c)

Insgesamt zeichnet den Klosterseeoner See eine große floristische Artenvielfalt aus. Besonders artenreich ist dabei der Röhrichtgürtel, der den See nahezu geschlossen umgibt und der am üppigsten am wenig berührten Südufer gedeiht. Es dominiert das Schilfrohr (*Phragmites communis*) und diesem seeseitig vorgelagert, dünnere Bestände der Flechtsimse (*Scirpus lacustris*). An den windgeschützten Lagen im Süden und Südwesten zeigen sich am Gewässerrand Merkmale der Verlandung. Hier wächst die Schneide (*Cladium mariscus*) am seeseitigen Rand des Röhrichts und bildet mit ihrem starken Wurzelwerk dabei einen zum Teil überhängenden Horizont. Schwimmpflanzen, wie die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*), die Weiße Seerose (*Nym-*

*phaea alba*) und der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) bevorzugen das ruhige Westufer, beziehungsweise die Bucht im Nordwesten, während sie am windexponierten Ostufer nur selten zu finden sind.

Bis in eine Tiefe von 6 m dringen die oft mehr als 3 m hohen Bestände des Durchwachsenen Laichkrautes (*Potamogeton praelongus*) vor. Dessen Wuchshöhe wird aber noch vom Ährigen Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) übertroffen. Beide Pflanzen bilden teilweise kaum durchdringbare „Unterwasserwälder“ und erschweren die Taucharbeit insbesondere in der Südwestbucht, wo zwischen diesen Beständen auch das Gemeine Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) und das Mittlere Nixkraut (*Najas intermedia*) häufig vorkommen. Dagegen meiden Armleuchteralgen diesen von einer tiefen orga-

# KLOSTERSEEONER SEE

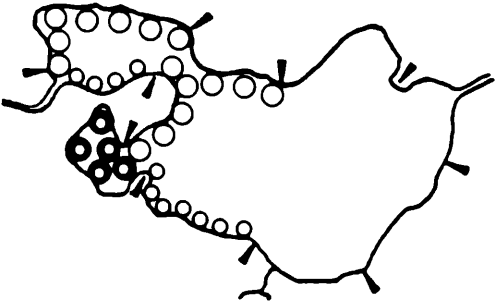


Einteilung in Kartierungsabschnitte

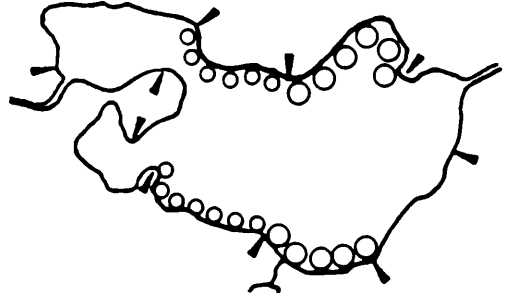
Mengenschätzung :

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- Grenze eines Abschnittes

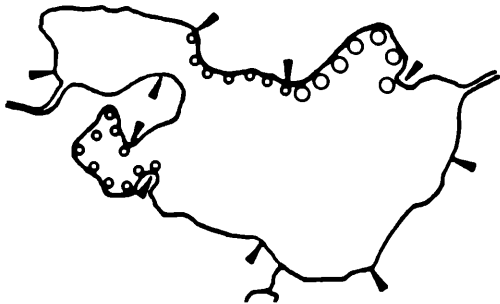
*Acorus calamus*



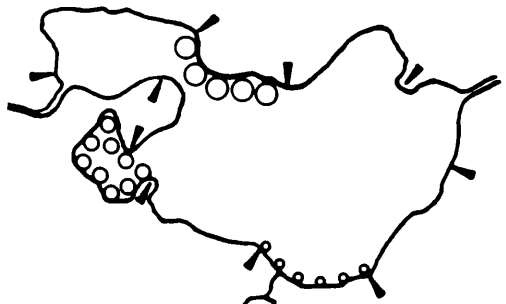
*Cladium mariscus*



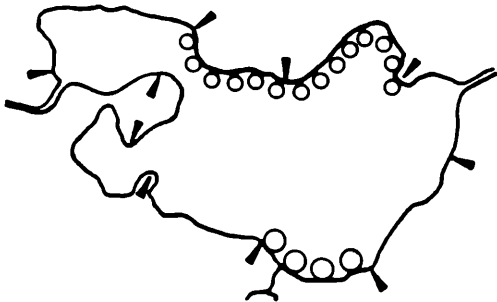
*Iris pseudacorus*



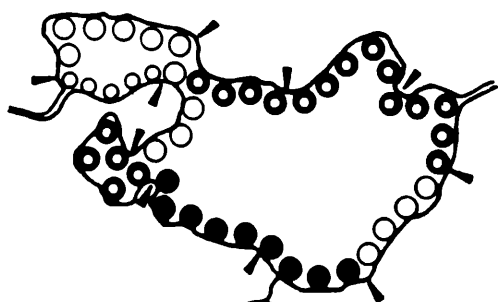
*Mentha aquatica*



*Menyanthes trifoliata*

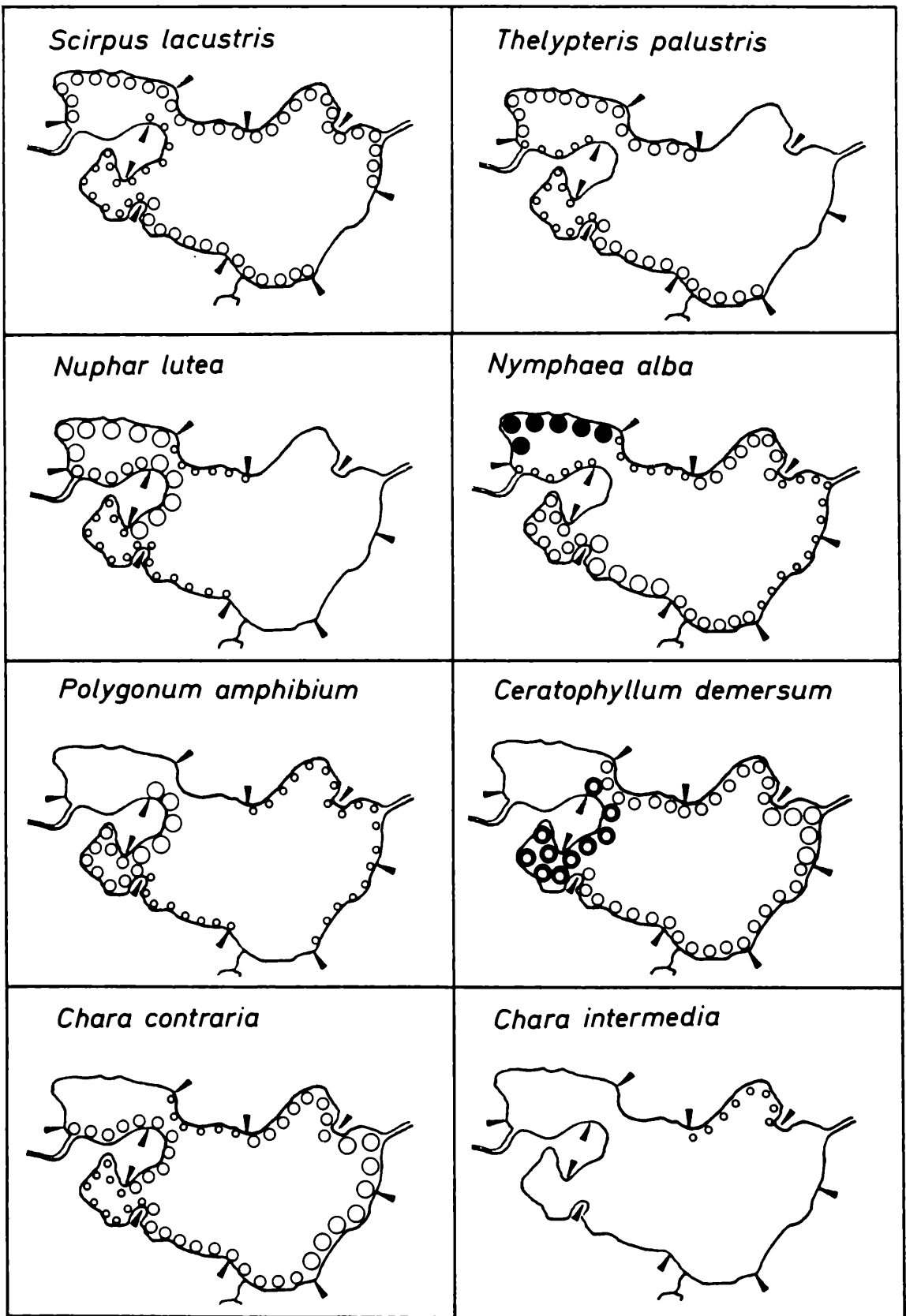


*Phragmites communis*



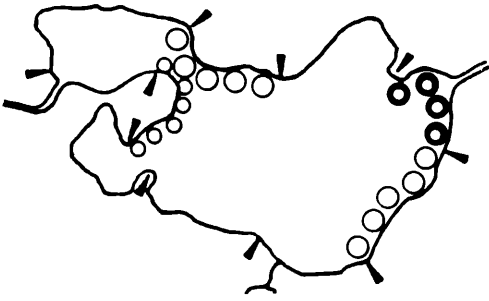
Karte 35a: KLOSTERSEEONER SEE – Verbreitung wichtiger Arten



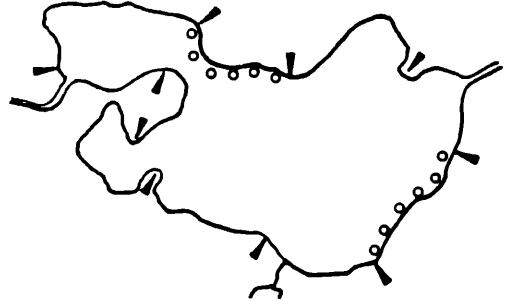


Karte 35b: KLOSTERSEEONER SEE – Verbreitung wichtiger Arten

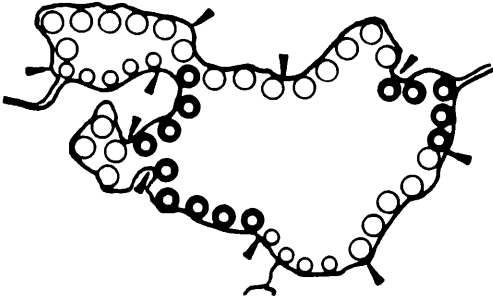
*Chara tomentosa*



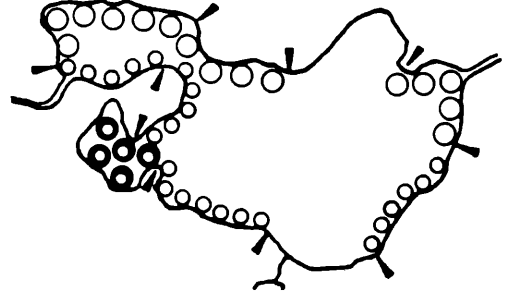
*Fontinalis antipyretica*



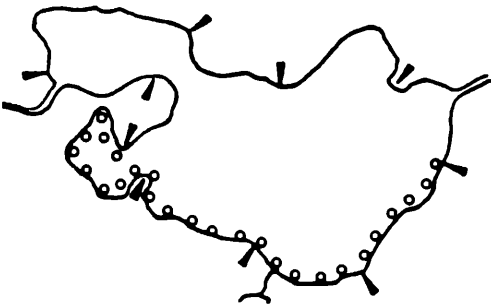
*Myriophyllum spicatum*



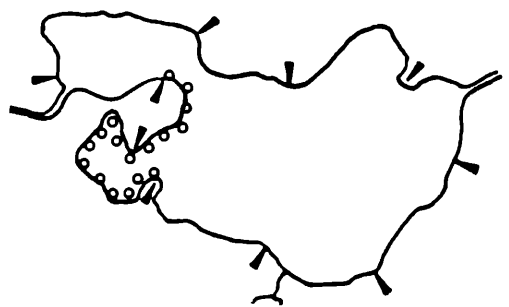
*Najas intermedia*



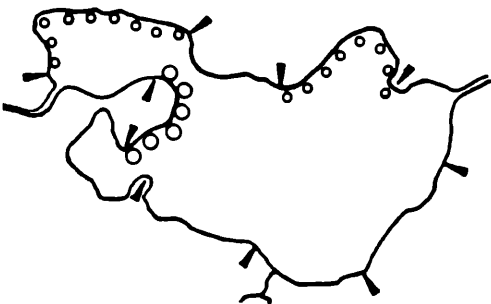
*Nitellopsis obtusa*



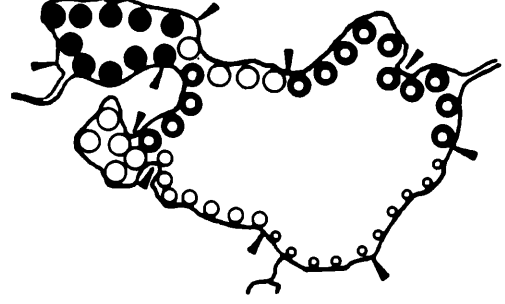
*Potamogeton crispus*



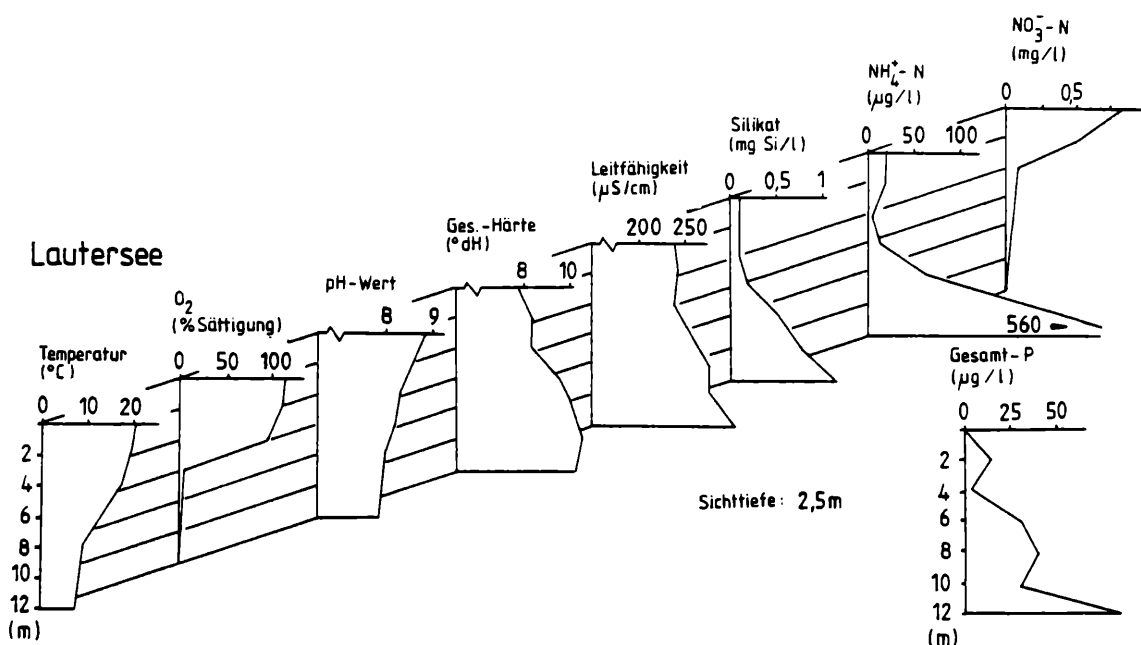
*Potamogeton perfoliatus*



*Potamogeton praelongus*



Karte 35c: KLOSTERSEEONER SEE – Verbreitung wichtiger Arten



**Abbildung 10**

LAUTERSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 23.8.1983

nischen Auflage bedeckten Teil des Sees. Sie bevorzugen eher das Ostufer. *Chara tomentosa* gedeiht in etwa 3 m Tiefe auf der Uferbank vor der Badeanstalt, wo auch *Chara contraria* verbreitet anzutreffen ist. Von einem weiteren Vertreter der Armleuchtergewächse, *Nitellopsis obtusa*, wachsen nur wenige Pflanzen entlang des Südufers.

lagern. Aus Gründen des Natur- und Gewässerschutzes sollte man darauf dringen, solche Verunreinigungen zu unterlassen und wenn möglich auch zu beseitigen. Das Sediment der schmalen Uferbank setzt sich überwiegend aus weichem Kalkschlamm zusammen, wobei im Südteil des Sees auch Felsbrocken den Grund des Sees bedecken.

## 15. Der Lautersee

### 15.1. Allgemeine Angaben

Der westlich von Mittenwald in 1014 m über NN gelegene Lautersee weist deutliche Zeichen anthropogener Belastungen auf. Verursacht werden sie u. a. durch den im Sommer regen Boots-, Bade- und Sportfischereibetrieb. Schäden an der von Natur aus schmalen Röhrichtzone und den Schwimmblattgewächsen sind eine Folge davon. Zur Befestigung der teilweise steil abfallenden Uferbank hat man darüberhinaus Steine und Kies aufgeschüttet, so daß die Ausbreitung des Röhrichts zusätzlich eingeschränkt wird. Von außen nicht sichtbar sind Verunreinigungen des Sees durch weggeworfene Abfälle, die in Abschnitten vor den Hotels, dem Bootsverleih und dem Badestrand auf dem Gewässergrund

### 15.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 10)

Der Lautersee wies am Untersuchungstag (23.8.1983) im Tiefenwasser eine völlige Sauerstoffzehrung und Schwefelwasserstoffbildung auf. In den obersten 3 Metern hatte sich auf Grund der Photosyntheseaktivität von Algen und makrophytischen Wasserpflanzen zwar eine ca. 15 % Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff eingestellt, bis 6 m Tiefe fielen die O<sub>2</sub>-Gehalte dann aber sehr rasch auf Null. Durch Abbau- und Lösungsprozesse reicherten sich im Tiefenwasser Silikat und Ammonium deutlich an. Auch die Gesamt-P-Gehalte zeigten über Grund ein Maximum. Überraschenderweise waren die Gesamt-P-Gehalte in den obersten vier Metern des Sees sehr niedrig. Der durchschnittliche Gehalt in der Wassersäule lag bei 30 µg P/l. Bei einer im Nov.

### 15.3. Artenliste (Lautersee)

#### Röhrichtarten

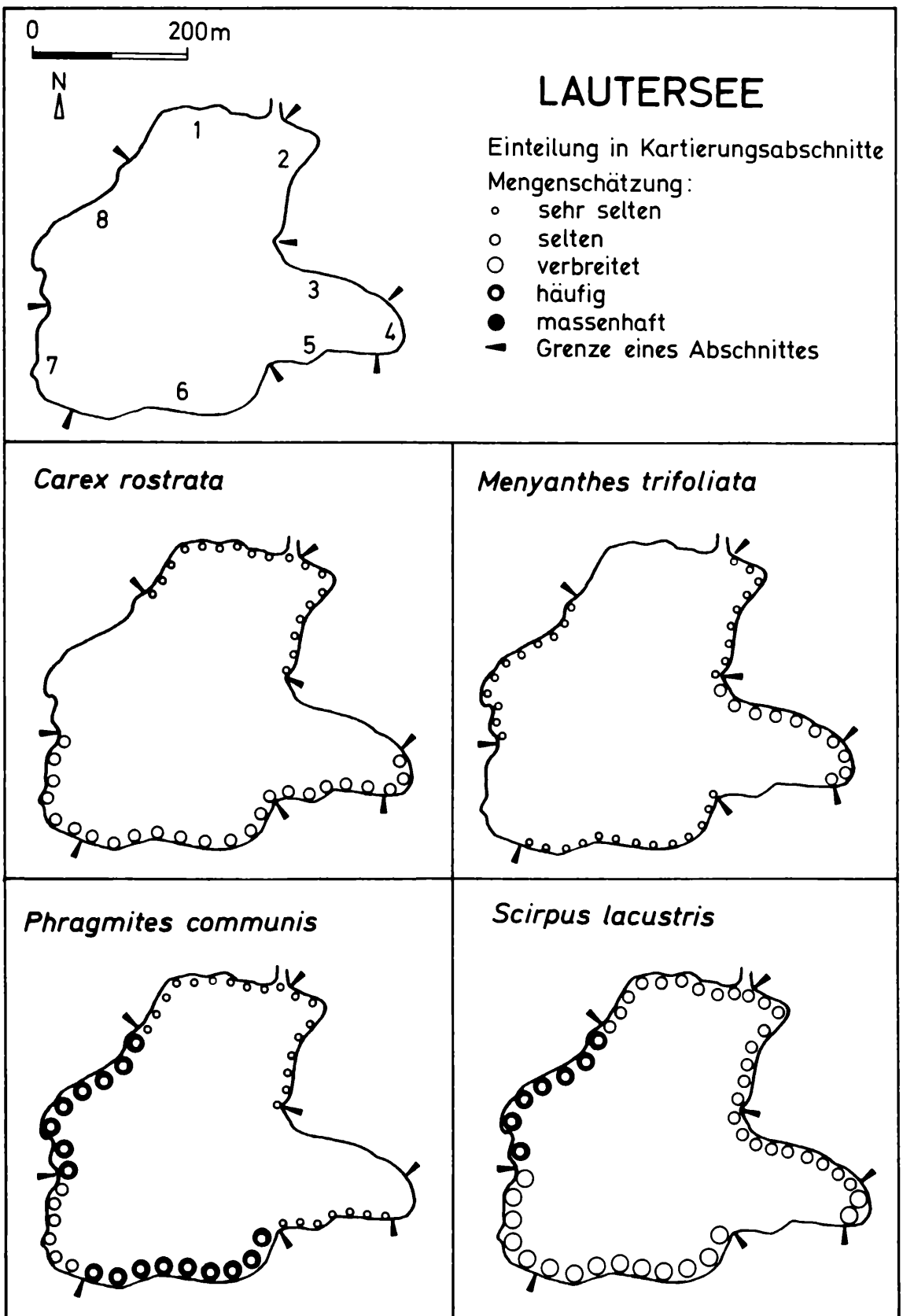
*Carex rostrata* STOK.  
Schnabel-Segge  
*Menyanthes trifoliata* L.  
Fieberklee  
*Phragmites communis* TRIN.  
Schilfrohr  
*Scirpus lacustris* L.  
Flechtsimse  
*Typha latifolia* L.  
Breitblättriger Rohrkolben

#### Schwimmblattarten

*Nymphaea alba* L.  
Weiße Seerose  
*Potamogeton natans* L.  
Schwimmendes Laichkraut

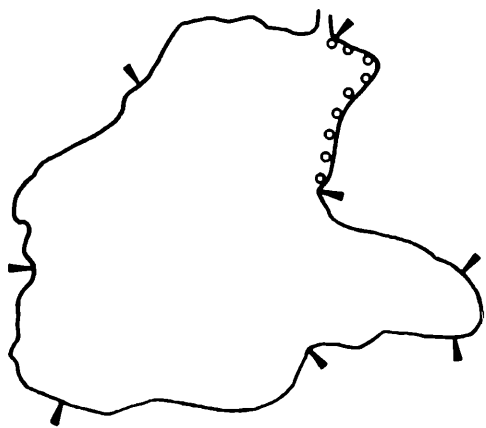
#### Untergetauchte Arten

*Chara intermedia* A. BR.  
*Myriophyllum spicatum* L.  
Ähren-Tausendblatt  
*Potamogeton praelongus* WULFEN  
Gestrecktes Laichkraut

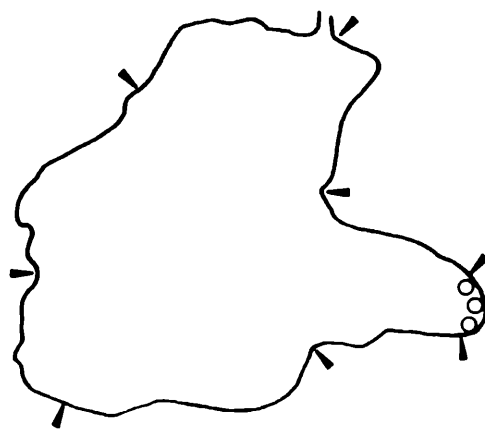


Karte 36a: LAUTERSEE – Verbreitung wichtiger Arten

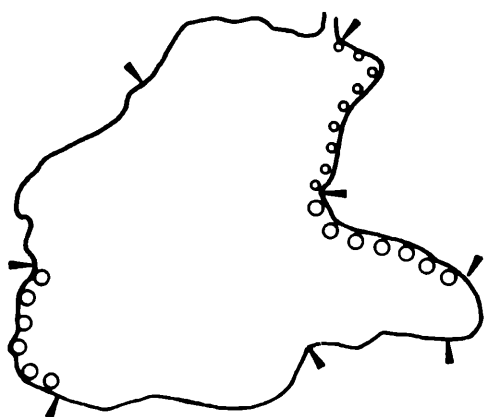
*Typha latifolia*



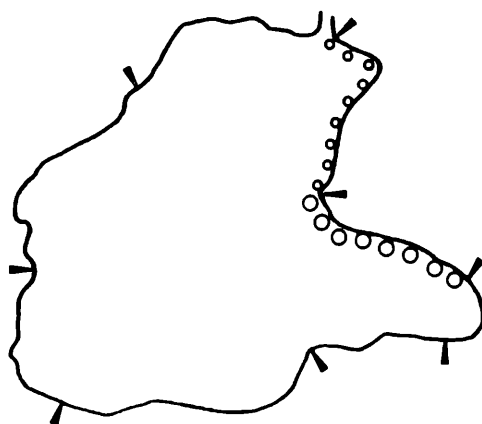
*Nymphaea alba*



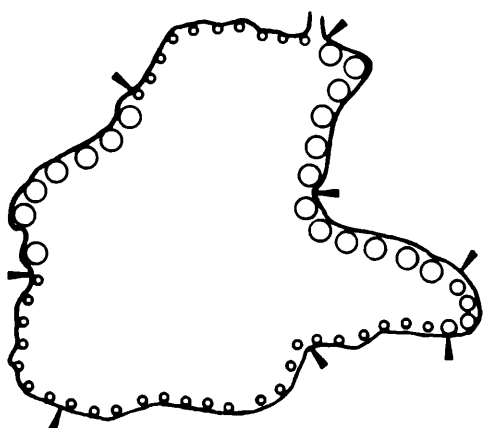
*Potamogeton natans*



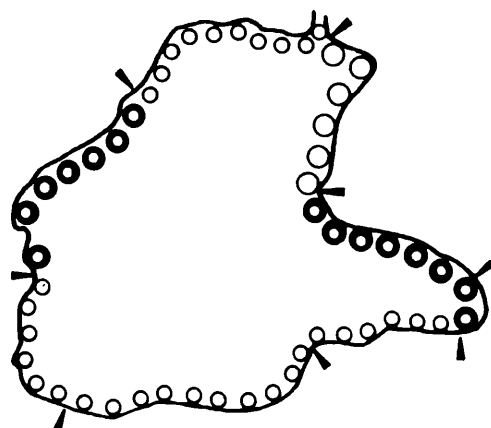
*Chara intermedia*



*Myriophyllum spicatum*



*Potamogeton praelongus*



Karte 36b: LAUTERSEE – Verbreitung wichtiger Arten

1984 z. Zt. der Vollzirkulation vom WWA Weilheim durchgeführten Untersuchung wurden Werte zwischen 13 und 28  $\mu\text{g P}$  mit einem Mittel von 17  $\mu\text{g P/l}$  ermittelt (KUNKEL, pers. Mitt.). Die Nitratkonzentrationen lagen bei dieser Untersuchung sehr einheitlich bei ca. 0,1 mg N/l und damit niedriger als während des Zeitpunkts unserer Probenahme. Das Tiefenprofil der Wasserhärte spiegelt die in der durchlichteten Zone stattfindende biogene Entkalkung wieder. Die dafür verantwortlichen photoautotrophen Organismen bewirkten durch den photosynthetisch bedingten Austausch zwischen Bicarbonat- und Hydroxyionen dabei auch den Anstieg des pH-Wertes in den obersten Wasserschichten.

#### 15.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 36 a, b)

Die Vegetation des Lautersees ist sehr artenarm und auch die Häufigkeit, in der die einzelnen Arten vorkommen, ist nur in wenigen Fällen beträchtlich. Üppige Röhrichtbestände gedeihen nur noch an wenigen Stellen, wobei Schilfrohr (*Phragmites communis*) und Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) dominieren. Die Schwimmblattvegetation ist besonders spärlich ausgebildet. Die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) fanden wir nur in einem Abschnitt (Nr. 4) mit der Häufigkeitsstufe 2 (= selten), das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) war kaum häufiger anzutreffen (vgl. Artenliste). Vor allem wegen der starken mechanischen Belastung durch Boots- und Badebetrieb konnten wir bei dieser Art nie Schwimmblätter entdecken. Vielmehr beschränkt sie sich auf die Ausbildung riemenförmiger Unterwasserblätter. Die untergetauchte Vegetation setzt sich fast ausschließlich aus dem Ährigen Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und dem Lang-

blättrigen Laichkraut (*Potamogeton praelongus*) zusammen. Lediglich in zwei Abschnitten ergänzt die Armleuchteralgenart *Chara intermedia* diese Vorkommen. Die geringen sommerlichen Sichttiefen sind mit Sicherheit ein Grund für den lückigen submersen Bewuchs.

### 16. Der Luttensee

#### 16.1 Allgemeine Angaben

Der unterhalb der gleichnamigen Kaserne, ca. 2 km nordwestlich von Mittenwald gelegene Luttensee weist einen Durchmesser von nur etwa 200 m und eine maximale Tiefe von 5,5 m auf. Früher wurde der See durch Abwässer der Kaserne mit Nährstoffen belastet. Nach Sanierungsmaßnahmen zeichnen den See heute wieder hohe Wassertransparenzen aus. Im August 1983 konnte man über der tiefsten Stelle den Gewässergrund noch gut erkennen. Von den Ufern aus nimmt die Tiefe bis zur Seemitte allmählich zu. Lediglich am Südufer und Teilen des Westufers hat sich am Gewässerrand ein Verlandungsufer und damit eine Abbruchkante von etwa 2 m Höhe gebildet. Als Sediment herrscht ein weicher hellgrauer Kalkschlamm vor.

Leider wurden in den Luttensee nach 1945 Kriegsmaterial versenkt, das heute z. T. noch zu erkennen ist. Vor allem am Nord- und Nordwestufer, die der Kaserne am nächsten liegen, hat man darüberhinaus Fässer, Reifen und andere Gegenstände in den See geworfen. Man sollte die Entfernung dieses Unrats unbedingt betreiben.

Der Badebetrieb hält sich am Luttensee in Grenzen. Bemerkenswerte Schäden an der Vegetation konnten nicht festgestellt werden. Ein Bootsverkehr findet nicht statt.

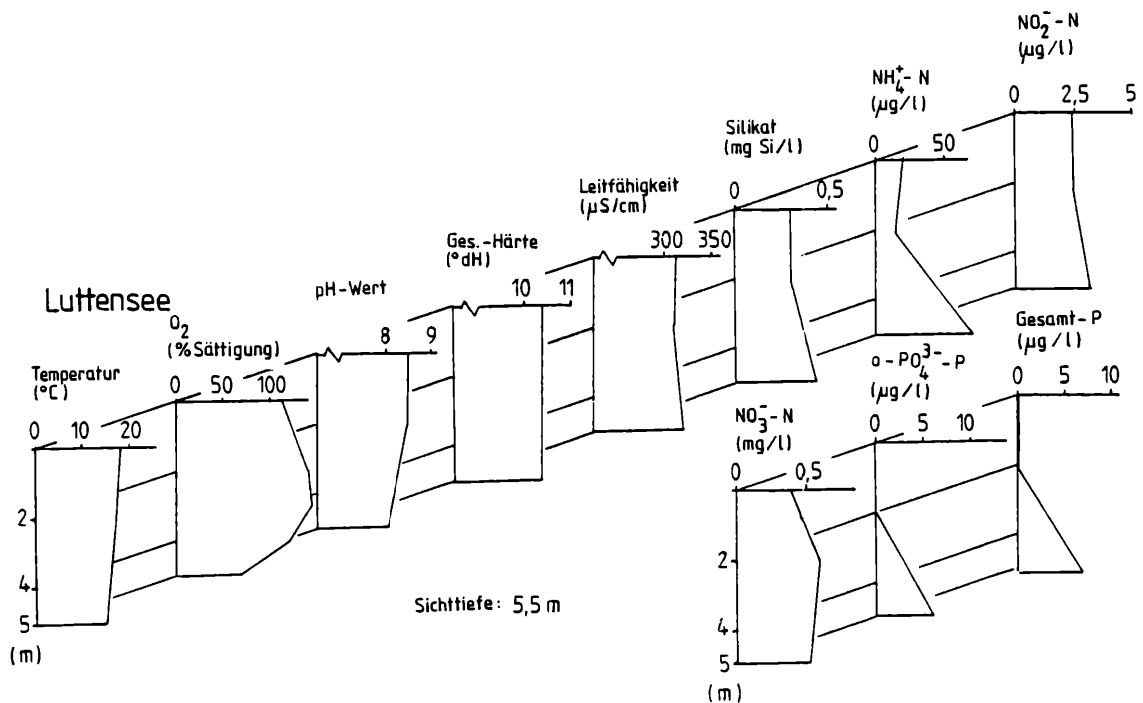


Abbildung 11

LUTTENSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 23.8.1983

## 16.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 11)

Der Luttensee weist zwischen Oberfläche und tiefster Stelle eine Temperaturdifferenz von lediglich etwa 3° C auf. Im Vergleich zum etwas höher gelegenen, direkt benachbarten Wildensee, den wir am gleichen Tag untersuchten, bestand in der Oberflächentemperatur der beiden Gewässer eine Temperaturdifferenz von 5° C (Luttensee 18,2° C, Wildensee 23,2° C). Das Zustandekommen dieser starken Abweichungen ist ohne eingehende Untersuchungen nicht schlüssig zu erklären. Man könnte sich aber z. B. vorstellen, daß der Luttensee, der wie der Wildensee vom Grundwasser beeinflusst wird, durch die steil aufsteigenden Berge im Westen täglich früher beschattet wird und möglicherweise auch stärker im Einflußbereich lokaler Talwinde liegt. Daraus könnte eine geringere Erwärmung und gleichzeitig bessere Durchmischung der oberen Wasserschichten beruhen. Die Schichtung des Wasserkörpers ist dabei offensichtlich noch stabil genug, um im Hochsommer Zirkulationen bis zum Gewässergrund zu verhindern. Dort findet nämlich eine Zehrung des Sauerstoffs auf 70 % der maximalen Sättigung statt. Bis vier Meter Tiefe konnten wir dagegen Sättigungswerte von bis zu 146 % ermitteln. Diese Übersättigungen rühren, wie im Fall des Wildensees, von den dichten Characeenrasen her, die den Grund des Sees bedecken, die Tiefenwanne ab etwa 4,5 m Tiefe ausgenommen. Ihren Ursprung haben die hohen O<sub>2</sub>-Konzentrationen sicherlich nicht von planktischen Algen, denn die hohe Wassertransparenz, die eine Sicht bis zum Grund zuließ, belegt das Fehlen dichter, solche Übersättigungen auslösender Phytoplanktonpopulationen.

Mit der Abnahme des Sauerstoffs geht eine geringfügige Zunahme der Silikat- und Ammoniumkonzentrationen über Grund einher. Das mittelharte und damit gut gepufferte Wasser des Luttensees ist nitrat- vor allem aber phosphatarm. Gesamt-Phosphat war in den obersten Metern garnicht, in der Tiefe nur bis zu 7 µg P/l nachweisbar.

## 16.3 Artenliste (Luttensee)

### Röhrichtarten

*Carex rostrata* STOK.  
Schnabel-Segge (02:2)  
*Menyanthes trifoliata* L.  
Fieberklee  
*Phragmites communis* TRIN.  
Schilfrohr  
*Scirpus lacustris* L.  
Flechtsimse

### Schwimtblattarten

*Nymphaea alba* L.  
Weiße Seerose  
*Potamogeton natans* L.  
Schwimmendes Laichkraut

### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH. (01:2)  
*Chara hispida* L.

## 16.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 37)

Bis auf den unmittelbaren Bereich der beiden Badestellen am West- und Ostufer umgibt den Luttensee ein intakter Röhrichtgürtel.

Es dominieren die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) und das Schilfrohr (*Phragmites communis*). Der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) kommt etwas seltener vor, die Schnabel-Segge (*Carex rostrata*) ausschließlich im Nordteil des Sees. Unter den beiden Schwimtblattpflanzen dominiert das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*). Die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) gedeiht seltener, wobei sie ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Nord- bzw. der gegenüberliegenden Südbucht hat.

Die untergetauchte Vegetation setzt sich fast ausschließlich aus der Armleuchteralgenart *Chara hispida* zusammen. Diese Alge gehört nach Beobachtungen von MELZER (1976) zu den streng oligotraphen d. h. nährstoffmeidenden Arten. Dabei konnte von FORSBERG (1965) eine besondere Empfindlichkeit gegenüber Phosphat experimentell nachgewiesen werden. Das massenhafte Auftreten der Alge im Luttensee belegt zusammen mit den niedrigen Gesamt-P-Gehalten den heute oligotrophen Charakter dieses Gewässers. Eine zweite Art, *Chara aspera*, kam noch im Südbereich des Sees, dabei aber nur im Flachwasser und zudem in geringer Häufigkeit (Schätzstufe 2 = selten) vor. Die Wüchsigkeit von *Chara hispida* ist außergewöhnlich. Wir maßen bis zu 2,2 m lange Exemplare. Die Art dringt bis max. 5 m Tiefe vor und meidet den äußersten Tiefenbereich ebenso wie die Flachwasserzone des Sees völlig.

## 17. Der Notzenweiher

### 17.1 Allgemeine Angaben

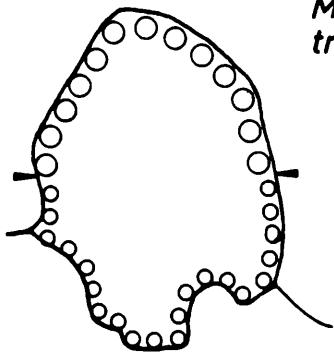
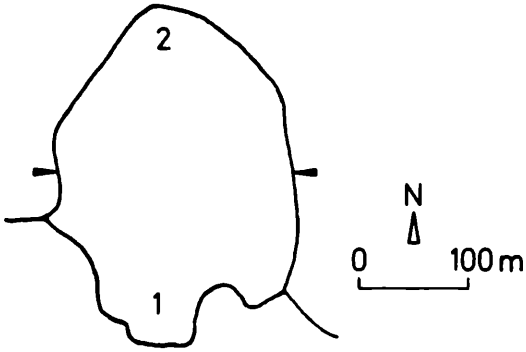
Der Notzenweiher wurde durch die Anlage eines Dammes und der damit verbundenen Aufstauung eines Baches künstlich geschaffen, wobei die heute mit Wasser gefüllte Senke nach EBERL (1930) gegen Ende der letzten Eiszeit entstand. Der nur 6,6 ha große Weiher liegt in 847,8 m über NN im Kempfener Wald, ca. 15 km östlich der Stadt. Seine maximale Tiefe beträgt 3,8 m, sein Umfang etwas über einen Kilometer, das Wassereinzugsgebiet 0,76 km<sup>2</sup> (Angaben WWA Kempten). Gespeist wird der Notzenweiher durch einen kleinen Zufluß im Süden sowie durch starke Quellen. Auf Grund der geringen Tiefe verläuft die Uferbank sehr flach. Dieser Umstand ist für ein massenhaftes Aufkommen von Wasserpflanzen zusammen mit den hohen sommerlichen Temperaturen des Wassers sehr förderlich. Etwa die Hälfte des Umlandes des Weihers setzt sich aus Wald, die andere Hälfte aus Grünland zusammen. Der Notzenweiher wird alle drei Jahre abgelassen und abgefischt. Durch diese Maßnahme erhofft man sich auch, die den Gewässergrund fast zu 100 % deckenden Wasserpflanzen zu dezimieren. Außer durch Fischerei wird der See auch zu Erholungszwecken genutzt.

# LUTTENSEE

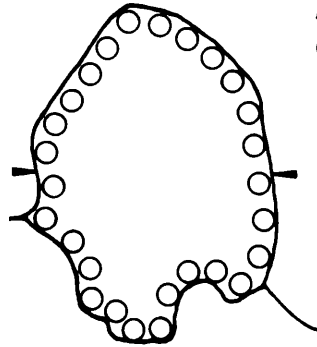
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

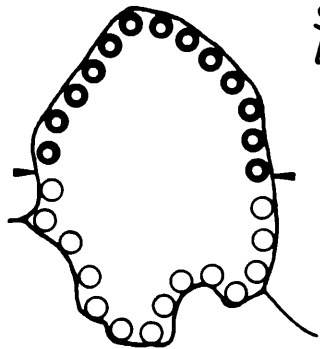
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



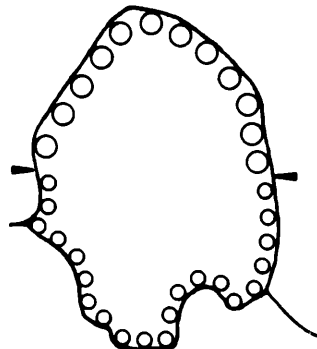
*Menyanthes trifoliata*



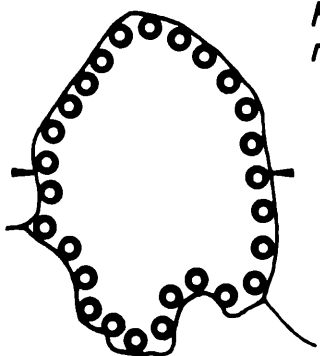
*Phragmites communis*



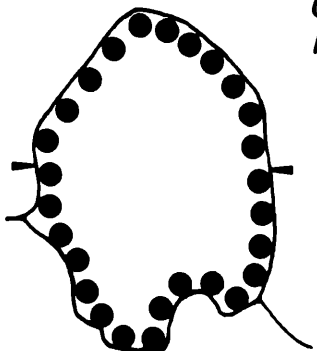
*Scirpus lacustris*



*Nymphaea alba*



*Potamogeton natans*



*Chara hispida*

Karte 37: LUTTENSEE – Verbreitung wichtiger Arten

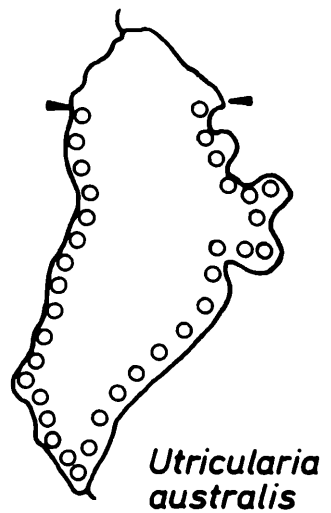
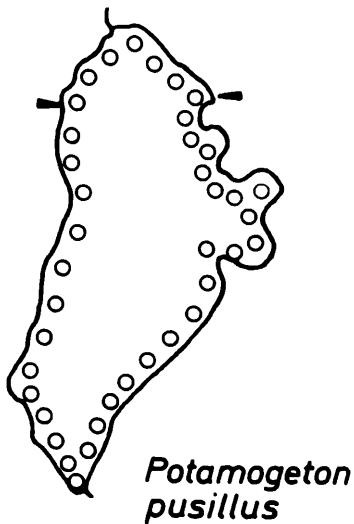
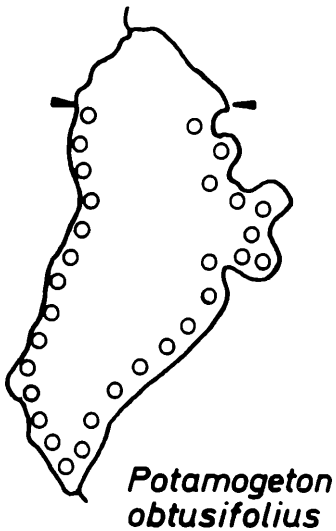
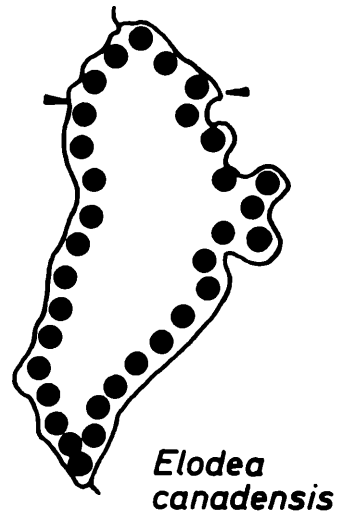
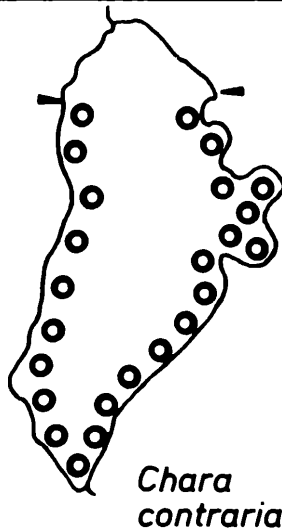
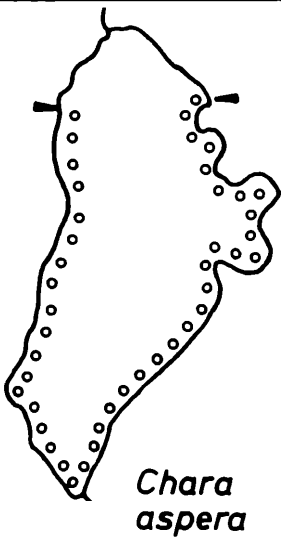
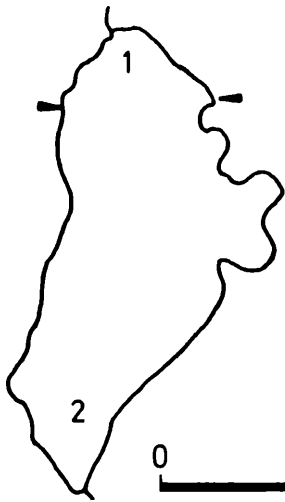


# NOTZENWEIHER

Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



Karte 38: NOTZENWEIHER – Verbreitung wichtiger Arten

## 17.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Unsere Untersuchungen beschränkten sich auf die

Entnahme zweier Oberflächenproben am 14.4.81 und 15.7.81. Folgende Parameter wurden erfaßt und dabei folgende Ergebnisse erzielt:

Tabelle 3

### Chemisch-physikalische Daten des Notzenweiher

	T °C	O <sub>2</sub> mg/l	pH	Leitf. µS	Ges.-Härte °dH	Ca <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l
14.4.81	--	--	8,4	245	6,44	14,2	1,0	0,8
15.7.81	19,1	9,7	9,7	111	3,08	8,4	0,4	0,05

Tabelle 3 (Fortsetzung)

### Chemisch-physikalische Daten des Notzenweiher

	SiO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg N/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µg N/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg N/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µg P/l	Ges-P µg P/l
14.4.81	0,02	n.n.	1,9	42	n.n.	57
15.7.81	0,18	0,05	4,0	19	n.n.	26

Wie auch bei den anderen von uns untersuchten flachen Gewässern, die keine vertikale sommerliche Schichtung aufweisen, bestand im Notzenweiher ein deutlicher Unterschied zwischen den Werten der Wasserhärte im Frühjahr und im Sommer. Bedingt durch die ungeheure Biomasse der Kanadischen Wasserpest kommt es im Verlauf der Vegetationsperiode zu einer biogen bedingten Kalkausfällung, wodurch die Wasserhärte, die Konzentration an gelöstem Calcium und in Folge dessen auch die Werte der Leitfähigkeit deutlich abnehmen. Auf Grund der geringen Wasserhärte und damit verbunden auch der geringen Bicarbonatkonzentration, besitzt das Wasser des Notzenweiher nur eine schwach ausgeprägte Pufferkapazität. Die Wasserpest als typischer Bicarbonatverwerter (vgl. RUTTNER 1947, 1948) konnte deshalb auch den pH-Wert des Wassers bis knapp 10 steigern.

Extrem niedrig sind die Nitratkonzentrationen des Notzenweiher. Daß diese geringen Gehalte nicht auf einer Aufnahme durch die Kanadische Wasserpest beruhen, belegt das Fehlen von Nitrat im Frühjahr, als die Pflanzen noch nicht entwickelt waren. Nach Untersuchungen von MELZER (1980) ist die Wasserpest eine Art mit extrem niedrigen Nitratreduktase-Aktivitäten. Ihren Stickstoffbedarf kann sie demzufolge gar nicht über die Assimilation und Reduktion von Nitrat decken, was die wasserchemischen Werte des Notzenweiher belegen, sondern dazu müssen Ammoniumionen herangezogen werden. Eine Versorgung über das Sediment spielt dabei mit Sicherheit eine große Rolle.

Mit 26 µg enthält das Wasser des Notzenweiher im Sommer nur wenig Gesamt-Phosphat. Die Verringerung gegenüber den Frühjahrswerten (57 µg P/l) könnte auf einer Festlegung in pflanzlicher Biomasse beruhen. Die durch eine Phosphatfestlegung bedingte Konzentrationserniedrigung im Wasser bietet der Armleuchteralge *Chara contraria* beste Voraussetzungen für eine Massenentwicklung. Daß sich die Art dabei im Zentrum des Weiher, eingeschlossen von einem dichten Elodea-Gürtel entwickelt, ist besonders günstig, bzw. dieser Gürtel dürfte erst die Voraussetzung für das Aufkommen der Alge geschaffen haben. Von außen eingetragene Phosphate

werden nämlich von der Wasserpest assimiliert, bevor sie die phosphatempfindlichen Characeen (vgl. FORSBERG 1965) überhaupt erreichen können.

### 17.3 Artenliste (Notzenweiher)

#### Röhrichtarten

*Cladium mariscus* (L.) POHL

Schneide

(02:1)

*Mentha aquatica* L.

Wasser-Minze

(02:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

(02:1)

*Solanum dulcamara* L.

Bittersüßer Nachtschatten

(02:1)

#### Wasserschweber

*Lemna minor* L.

Kleine Wasserlinse

(02:1)

#### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.

*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Elodea canadensis* MICHX.

Kanadische Wasserpest

*Fontinalis antipyretica* L.

Gemeines Quellmoos

(02:1)

*Potamogeton lucens* L.

Spiegelndes Laichkraut

(02:1)

*P. obtusifolius* MERT. & KOCH

Stumpflättriges Laichkraut

*P. pusillus* L.

Zwerg-Laichkraut

*Utricularia australis* R. BR.

Südlicher Wasserschlauch

### 17.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 38)

Den Notzenweiher umgibt ein schütterer Röhrichtgürtel, der im Bereich des Badesufers im Norden des Gewässers aber ganz fehlt. Alle vier Röhrichtarten bewerteten wir dabei mit der Schilfstufe 1 (= sehr selten). Vertreten waren das Schilfrohr (*Phragmites communis*), die Schneide (*Cladium mariscus*), der Bittersüße Nachtschatten (*Solanum dulcamara*) sowie die Wasserminze (*Mentha aquatica*). Schwimm-

blattpflanzen kommen am Notzenweiher nicht vor, dagegen mit der Kleinen Wasserlinse (*Lemna minor*) eine frei auf der Wasseroberfläche schwimmende Art. Wie die Röhrichtarten ist aber auch sie nur sehr selten vertreten. Die untergetauchte Vegetation wird durch ein Massenvorkommen der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) gekennzeichnet. In schmälere flachen Buchten, wie man sie im Süden und Osten des Weiher vorfindet, wird der gesamte Gewässergrund bedeckt. In den übrigen Bereichen erreicht der Pflanzengürtel etwa 30m Breite. Nach unseren Beobachtungen zeichnet die Art dabei eine so große Wüchsigkeit aus, daß die Folgen des Badebetriebs an den Elodea-Beständen kaum negativ in Erscheinung treten. Vereinzelt entdeckten wir zwischen den dichten *Elodea*-Rasen auch noch das Kleine Laichkraut (*Potamogeton pusillus*) sowie das Stumpfpflättrige und das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton obtusifolius* bzw. *Potamogeton lucens*). Die nicht wurzelnde Wasserschlauchart *Utricularia australis* und das Gemeine Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) gedeihen ebenfalls nur selten bzw. sehr selten und immer außerhalb der Badezone (Abschnitt 1).

In der zentralen Fläche des Weiher hat sich, eingeschlossen vom *Elodea*-Gürtel, ein ausgedehnter Rasen der Armleuchteralge *Chara contraria* gebildet, der jedoch im Bereich von Abschnitt 1 fehlt. Eine

zweite Armleuchteralgenart, *Chara aspera*, war gelegentlich zwischen den Röhrichtarten im äußersten Flachwasserbereich zu finden. Die im Notzenweiher dominierende Art *Chara contraria* rechnet KRAUSE (1981) zu den Vertretern nährstoffarmer Gewässer, das belegen auch die Untersuchungen von MELZER (1976) an den Osterseen.

## 18. Der Öschle- oder Sulzbergersee

### 18.1 Allgemeine Angaben

Der Öschlesee liegt im Vorland der Allgäuer Alpen in einer Höhe von 704 m ü. NN, etwa 5 km südlich von Kempten. Die größte Tiefe des Sees beträgt 15,2 m, die Fläche 36 ha, der Umfang 3,26 km und das Einzugsgebiet 3,63 km<sup>2</sup> (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1982). Seine Entstehung verdankt er dem würmezeitlichen Illergletscher. Der Öschlesee blieb als Teil eines größeren postglazialen Sees, des sog. Raunser Sees erhalten (SCHOLZ u. SCHOLZ 1981). Das Becken des Sees stellt somit eine glaziale Hohlform dar, die im Norden und Süden von kalkhaltigen Schotterterrassen begrenzt wird. Während das östliche Umland des Sees Reste der kiesig-sandigen Grundmoräne darstellen, haben sich im Westen auf Grund von Verlandungsprozessen Moore

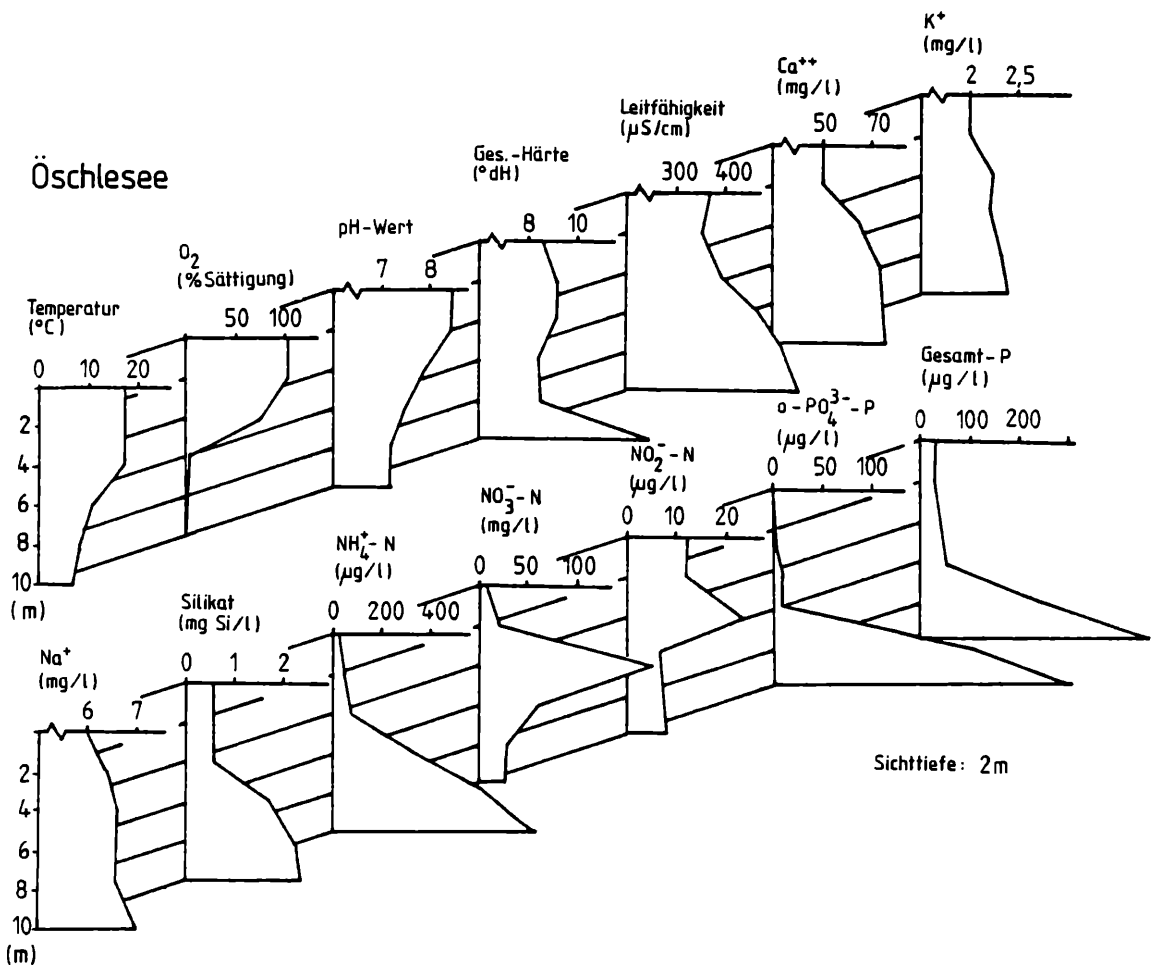


Abbildung 12

ÖSCHLESEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 24.8.1981

gebildet. Im Gegensatz zum flach ausgebildeten Nordufer, fällt das gegenüberliegende Südufer relativ steil ab.

Der Öschlesee wird heute durch Sportfischerei, vor allem aber durch Badende und Erholungssuchende sehr intensiv genutzt. Um die Bademöglichkeiten zu verbessern, wurde im Nordwesten des Sees eine Badeanstalt errichtet und im Bereich des Südufers Kies aufgeschüttet. Ein großer Teil des Seeumlandes wird als Viehweide genutzt. Vor allem im Nordteil des Sees reichen diese oft bis unmittelbar an das Ufer heran. Auf die Nährstoffsituation des Sees macht sich dieser Umstand negativ bemerkbar. Die sommerlichen Sichttiefen betragen häufig nur 2 m oder weniger, was als deutliches Zeichen einer hohen Trophie zu werten ist.

### 18.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 12)

Am ca. 15 m tiefen Öschlesee bildet sich während des Sommers eine deutliche vertikale Schichtung heraus. Ende August 1981 wies der Wasserkörper ein 4 m mächtiges, homothermes Epilimnion auf, dem sich bis 8 m Tiefe die Sprungschicht anschloß. Darunter herrschte bis zum Gewässergrund mit ca. 8° C wiederum Homothermie. Diese thermische Schichtung in drei unterschiedlich temperierte Zonen läßt sich auch am Sauerstoffgehalt des Wassers nachvollziehen. In der obersten, gut durchlichteten und durchmischten Zone des Sees wies das Wasser hohe O<sub>2</sub>-Konzentrationen auf, mit Sauerstoffsättigungen, die bei 100 % lagen. Bis 6 m Tiefe schloß sich eine Zone intensiver Sauerstoffzehrung an und unterhalb dieser Tiefe herrschten anaerobe Verhält-

nisse, wobei sich über dem Grund des Sees Schwefelwasserstoff bildete. Von diesen starken Unterschieden im O<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers wird die Löslichkeit einzelner Nährstoffe beeinflusst. Der Kurvenverlauf der Leitfähigkeit verdeutlicht eine allgemeine Tendenz: in der obersten, durchlichteten Schicht des Sees werden Nährstoffe verbraucht, wodurch die Leitfähigkeit sinkt, in der Tiefenzone werden Nährstoffe und gelöste Gase angereichert, wodurch die Leitfähigkeit dann zunimmt. Die erwähnte Tendenz ist u. a. an den Werten der Gesamthärte des Wassers zu erkennen: sie liegen im Epilimnion wesentlich niedriger als im Hypolimnion des Sees, da an der Oberfläche eine biogene Kalkausfällung und Kohlenstoffassimilation stattfindet, in der Tiefe durch erhöhte Kohlenstoffassimilation dagegen ein Wiederauflösen des ausgefällten Kalks. Der Kurvenverlauf der Calciumkonzentrationen verdeutlicht diesen Vorgang. Eine Assimilation durch Kieselalgen und damit eine Verarmung in den obersten Wasserschichten kann man an den Kieselsäurekonzentrationen erkennen. Die hohen Konzentrationen im Tiefenwasser rühren einmal daher, daß dort kein SiO<sub>2</sub> verbraucht wird und daher, daß dort eine Auflösung der Kieselschalen stattfindet. Besonders aufschlußreich sind die Tiefenprofile für die anorganischen Stickstoffverbindungen und für Phosphat. Bedingt durch die hohe Produktivität des Sees, die sich in geringen Sichttiefen äußert (zum Untersuchungszeitpunkt 2,0 m), war das Oberflächenwasser des Sees an gelösten Nährstoffen verarmt. Ammonium und gelöstes ortho-Phosphat waren nur in Spuren vorhanden und auch die Nitratvorräte des Wassers waren in den obersten 2 m des Sees fast völlig aufgebraucht.

### 18.3 Artenliste (Öschlesee)

#### Röhrichtarten

<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	
Gemeiner Froschlöffel	(01:2; 03:1)
<i>Cladium mariscus</i> (L.) POHL.	
Schneide	(01:2)
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	
Teich-Schachtelhalm	(02:1)
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	(01:2)
<i>Myosotis palustris</i> (L.) NATHH.	
Sumpf-Vergißmeinnicht	(01:1)
<i>Nasturtium officinale</i> R. BR.	
Gemeine Brunnenkresse	(03:1; 04:2; 06:1)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Ranunculus lingua</i> L.	
Zungen-Hahnenfuß	(01:1; 03:1; 06:1; 07:2)
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechsimse	
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(01:4; 02:1)
<i>Typha latifolia</i> L.	
Breitblättriger Rohrkolben	
<i>Veronica beccabunga</i> L.	
Bachbunge	(01:2)
<u>Wasserschweber</u>	
<i>Lemna minor</i> L.	
Kleine Wasserlinse	(01:1)

#### Schwimblattarten

<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	
<i>Nymphaea alba</i> L.	
Weißer Seerosen	
<u>Untergetauchte Arten</u>	
<i>Chara contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	(06:1)
<i>Ch. fragilis</i> DESV	
<i>Elodea canadensis</i> MICHX.	
Kanadische Wasserpest	
<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	
Gemeines Quellmoos	
<i>Nitella mucronata</i> (A. BR.) MIQUEL	
<i>Nitellopsis obtusa</i> (DESV.) J. GROVES	
<i>Potamogeton berchtoldii</i> FIEBER.	
Berchtolds Laichkraut	
<i>P. crispus</i> L.	
Krauses Laichkraut	
<i>P. lucens</i> L.	
Spiegelndes Laichkraut	
<i>P. perfoliatus</i> L.	
Durchwachsenes Laichkraut	(04:1)
<i>P. pusillus</i> L.	
Zwerg-Laichkraut	
<i>Utricularia australis</i> R. BR.	
Südlischer Wasserschlauch	(07:1)

Die Zunahme von Ammonium und gelöstem Phosphat in der Tiefe des Sees sowie die Abnahme von Nitrat hängen mit der Tätigkeit anaerober Mikroorganismen und den veränderten Redoxpotentialen des Wassers zusammen. Einen wichtigen Einblick in die Trophieverhältnisse eines Sees vermitteln die Gesamtphosphatgehalte des Wassers. In der trophogenen Zone lagen sie bei unseren Messungen zwischen 25 und 30  $\mu\text{g P/l}$ , im Tiefenwasser des Sees stiegen sie bis zu 450  $\mu\text{g P/l}$  an. Mit Ergebnissen des WWA Kempten (pers. Mitt.), die während des Sommers 1980 gewonnen wurden, stimmen diese Werte sehr genau überein. Während der herbstlichen Zirkulationsphase des Jahres 1980 ermittelte das WWA Kempten dann in der gesamten Wassersäule einheitliche Gesamt-P-Gehalte von 100  $\mu\text{g P/l}$ , ein Fünftel dieser Menge lag dabei in Form gelösten, reaktiven Phosphates vor. Der Öschlesee muß auf Grund dieser Daten als eutrophes Gewässer eingestuft werden.

#### 18.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 39 a, b)

Den Öschlesee umgibt ein gut ausgebildeter und vor allem sehr artenreicher Röhrichtgürtel, wobei das Schilfrohr (*Phragmites communis*) vorherrscht. Lediglich im Abschnitt 5 am Südostufer fehlt die Art völlig, was auf den in diesem Bereich sehr intensiven Badebetrieb zurückzuführen ist. Die Ursache für einen Rückgang des Schilfes im Abschnitt 1, der kleinen Bucht im Südwesten des Sees, liegt nach unseren Beobachtungen dagegen in einem Niederdrücken der Halme durch treibende Algenwatten. Die Hauptvorkommen der Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) liegen in den Abschnitten 2 und 4. Im Bereich des bereits erwähnten Badestrandes (Abschnitt 5) bildet die Art wegen der starken mechanischen Belastung durch Bade- und Bootsverkehr keine Überwasserhalme mehr aus, sondern sie gedeiht nur noch in ihrer vegetativen Unterwasserform mit hellgrünen, bandförmigen Blättern. Eine Röhrichtart, die immer auf eine stärkere Nährstoffbelastung von Gewässern hinweist (vgl. LANG 1968), ist der Breitblättrige Rohrkolben (*Typha latifolia*). Es wäre sehr aufschlußreich, wenn man am Öschlesee verfolgen würde, ob sich die Art, die heute nur am nördlichen und südlichen Ufer vorkommt, in Zukunft weiter ausbreiten, bzw. in ihrer Häufigkeit an den jetzigen Standorten zunehmen wird. Von den übrigen neun Röhrichtarten ist ein häufiges Vorkommen des Bittersüßen Nachschattens (*Solanum dulcamara*) in Abschnitt 1 erwähnenswert. Alle anderen Arten bewerteten wir in diesem Vorkommen höchstens noch mit der Schätzstufe 2 (= selten) und sie kamen darüberhinaus nur in einem oder einigen wenigen Abschnitten vor. Es waren dies die Echte Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), der Gemeine Froschlöffel (*Alisma plantago-aquatica*), der Zungen-Hahnenfuß (*Ranunculus lingua*), die Schneide (*Cladium mariscus*), der Teichschachtelhalm (*Equisetum fluviatile*), die Wasserminze (*Mentha aquatica*), das Sumpf-Vergißmeinnicht (*Myosotis palustris*) und der Bachbungen-Ehrenpreis (*Veronica beccabunga*).

Die dominierende Art der Schwimmblattzone ist im Öschlesee die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*). Besonders in den unzugänglichen und für den Bootsverkehr gesperrten Buchten im Westen des Sees tritt die Teichrose massenhaft auf. In den übrigen Seeteilen hat die starke Belastung durch Bade- und Bootsverkehr dazu geführt, daß die Art z. T. überwiegend in der submersen Form, mit den großen salatblattähnlichen Unterwasserblättern vorkommt. Im besonders belasteten Abschnitt 5 etwa, ist das ausschließlich der Fall. Zwischen den Teichrosen waren auch immer wieder Exemplare der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*) zu finden. Da diese Art im Gegensatz zur vorher genannten auf die Ausbildung von Schwimmblättern angewiesen ist, konzentriert sich ihr Vorkommen auf die stillen Buchten des Sees.

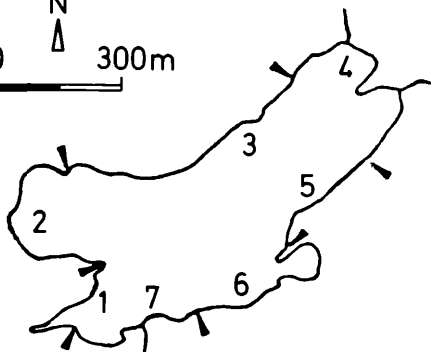
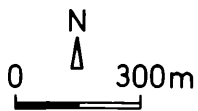
Die beiden häufigsten Arten der untergetauchten Vegetation sind die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) und das Spiegellnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*). Letztere Art war dabei in zwei verschiedenen Formen, der forma *cornutus* und der forma *vulgaris* vertreten. Gemein ist beiden Arten die Bevorzugung schlammigen Sedimentes und nährstoffreicheren Wassers (vgl. KOHLER 1973, LACHAVANNE U. WATTENHOFER 1975). Durch die bevorzugte Besiedlung eutropher Gewässer zeichnet sich auch das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) aus, das aber nur noch im Westteil des Sees häufig vorkommt. Drei Arten mit einer weiten Amplitude hinsichtlich ihrer Nährstoffansprüche sind Berchtold's-Laichkraut (*Potamogeton berchtoldii*), das Kleine Laichkraut (*Potamogeton pusillus*) sowie das Gemeine Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*). Das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*), das meso- und eutrophe Gewässer besiedelt, tritt im Öschlesee nur sehr selten in Abschnitt 4 vor.

Die submersen Gefäßpflanzen dringen wegen der schlechten Wassertransparenz im Öschlesee nur bis 3 m Tiefe vor. Characeen können als Schwachlichtalgen mit geringeren Lichtintensitäten auskommen, und so verwundert es nicht, daß sich die Art *Nitella mucronata* unterhalb der Gefäßpflanzen bis maximal 6 m Tiefe anschloß.

Außer im südlichen Uferbereich des Sees erreicht die Art große Pflanzendichten (Schätzstufe 4 = häufig). Sie gehört unter den Armleuchteralgen mit zu denjenigen, die die höchsten Nährstoffgehalte toleriert (KRAUSE 1981). Selten traten *Nitellopsis obtusa*, *Chara fragilis* und vor allem *Chara contraria* auf. Insbesondere *Chara fragilis* zählt nach unseren Beobachtungen dabei noch zu der Gruppe von Characeen, die nicht höchste Ansprüche an die Gewässergüte stellen.

Zwei weitere Wasserpflanzen mit spezieller Lebensweise sind die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) als nicht wurzelnde, frei auf der Wasseroberfläche treibende Art, die streng eutrappent ist, und der Südliche Wasserschlauch (*Utricularia australis*) als wurzellose, dem Gewässergrund aufliegende Art. Die Häufigkeit beider Arten schätzen mit der Stufe 1 = sehr selten ein.

# ÖSCHLE - oder SULZBERGSEE

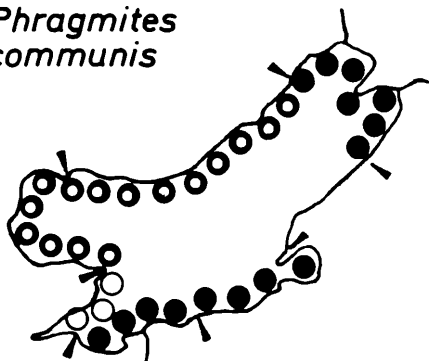


Einteilung in Kartierungsabschnitte

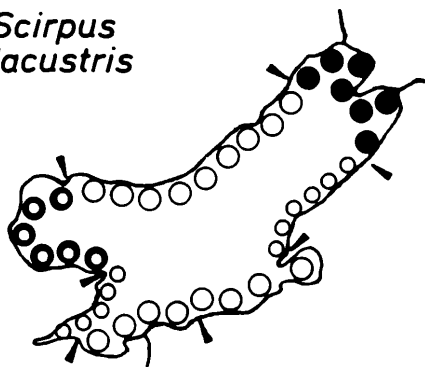
Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes

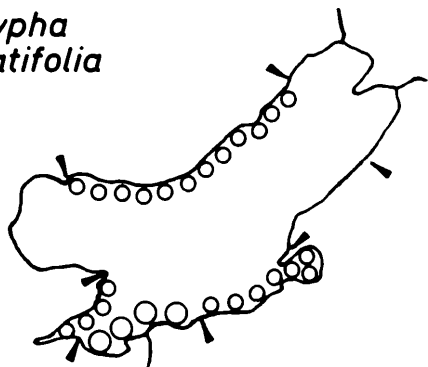
*Phragmites  
communis*



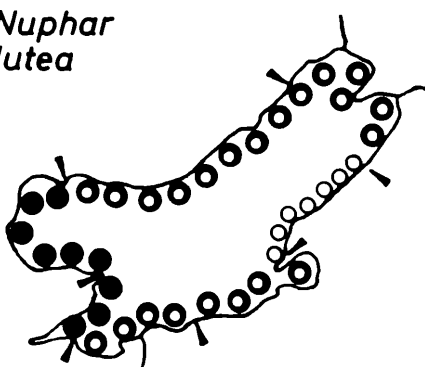
*Scirpus  
lacustris*



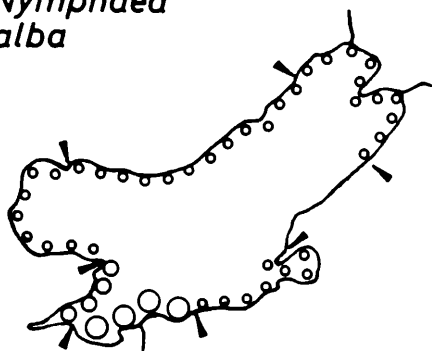
*Typha  
latifolia*



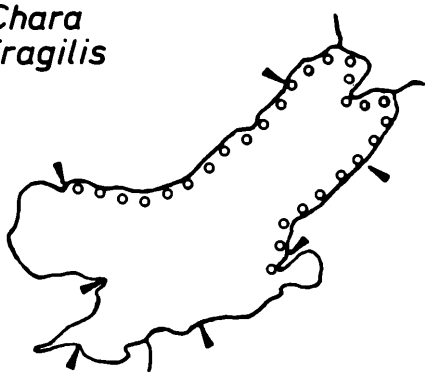
*Nuphar  
lutea*



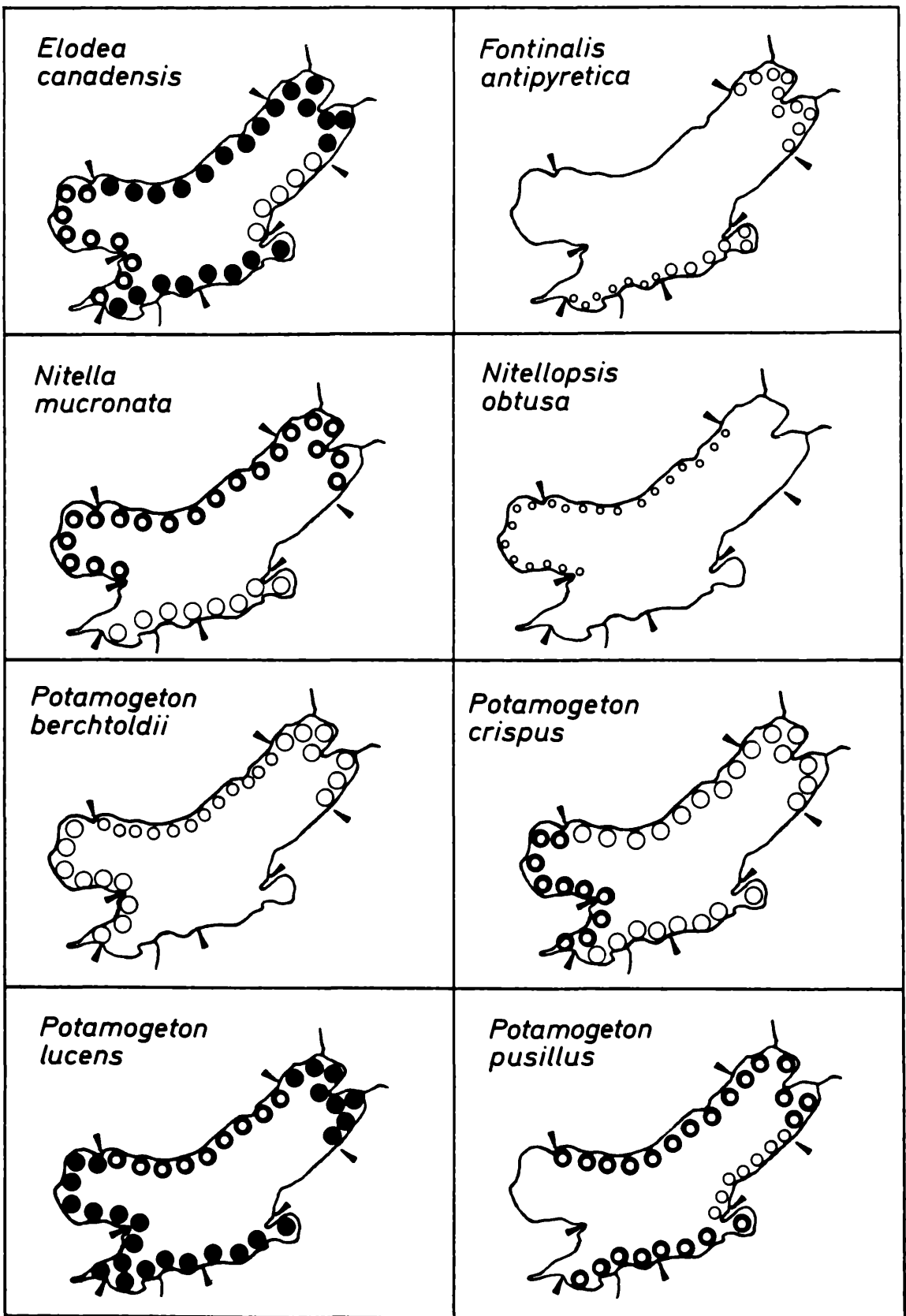
*Nymphaea  
alba*



*Chara  
fragilis*



Karte 39a: ÖSCHLESEE – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 39b: ÖSCHLESEE – Verbreitung wichtiger Arten

## 19. Die Osterseen

### 19.1 Allgemeine Angaben

Über die Entstehungsart, Hydrologie, Morphologie und die chemisch-physikalischen Verhältnisse dieser Seenlandschaft berichtet MELZER (1976). An dieser Stelle sollen daher nur einige kurze, zusammenfassende Angaben wiedergegeben werden. Wegen näherer Details wird auf die erwähnte Arbeit verwiesen.

Die sich südlich an den Starnberger See anschließenden Osterseen stellen eine durchflossene Seenkette aus 19 Einzelgewässern dar, die natürlicherweise miteinander in Verbindung stehen. Die Durchströmung erfolgt in Süd-Nord-Richtung. Ihre

Entstehung verdanken die Seen einem wärmeiszeitlichen Toteisgebiet. Dabei spiegeln die einzelnen Seen in ihrer Morphologie diese Entstehungsart deutlich wieder: sie weisen alle die für Toteisseen typische Trichterform des Seebeckens auf und sie besitzen eine sehr schmale Uferbank, der sich eine steil abfallende Uferhalde anschließt. Die Morphometrie des Großen Ostersees weicht von der erwähnten Regelmäßigkeit dabei nur scheinbar ab, denn dieser setzt sich aus mehreren Hauptbecken zusammen, die für sich jeweils die morphologischen Merkmale von Einzelgewässern aufweisen. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über wichtige morphometrische Daten der 19 größten Seen des Osterseegebietes.

**Tabelle 4**

<b>Morphometrische Übersicht</b> (nach ZORELL 1941, etwas geändert)				
<b>Name des Sees</b>	<b>größte Tiefe m</b>	<b>mittl. Tiefe m</b>	<b>Fläche ha</b>	<b>Volumen 100 m<sup>3</sup></b>
Waschsee	5,4	3,0	0,85	25,6
Schiffhüttensee	6,0	3,5	1,17	40,8
Sengsee	15,2	7,2	5,43	387,9
Wolfelsee	5,8	3,1	1,06	32,6
Fohnsee	23,7	10,8	21,19	2298,3
Herrensee	10,8	4,9	3,00	148,2
Fischkaltersee	11,6	5,7	3,38	191,8
Bräuhaussee	12,6	5,7	5,15	295,1
Forchensee	8,2	3,3	0,92	30,0
Eishaussee	19,6	6,6	7,72	511,3
Großer Ostersee	29,8	11,7	119,23	14000,0
Ö. Breitenauersee	15,6	6,7	2,39	160,0
W. Breitenauersee	17,1	5,8	6,09	352,6
Ameisensee	18,9	9,2	3,76	346,7
Stechsee	15,2	6,5	7,54	486,8
Gröbensee	15,2	5,8	6,07	353,8
Gartensee	13,7	5,0	7,46	371,1
Ursee	11,8	5,0	2,21	111,5
Lustsee	18,0	6,6	5,92	389,4

(Anmerkung zur Tabelle: der Herrensee wurde früher Staltacher Schiffhüttensee genannt, der Ameisensee auch Ameissee)

An den Osterseen übersteigt die Wasserzufuhr durch unterseeische Quelltrichter (sog. Limnokrenen) und diffuse Grundwasserzutritte die durch Oberflächenzuflüsse bei weitem. Während z. B. der einzige größere Zufluß, der in den Großen Ostersee mündende Steinbach, bei Trockenheit versiegt, bleibt eine lebhaft auf Grundwasserzutritt beruhende Durchströmung der Seenkette erhalten. Für die chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnisse der Seen spielt diese durch Grundwasser hervorgerufene Wassererneuerung eine überragende Rolle. Auf jeden Fall verhinderte sie eine rasche Verlandung und stärkere Trophierung der Seen.

In den letzten Jahrzehnten fand an den ortsnahen Gewässern der Seenkette eine rapide Verschlechterung der Gewässerqualität auf Grund von Abwässereinleitungen sowie oberflächlichen und unterirdischen Nährstoffeinschwemmungen statt. Zusätzlich nahm ein ungelentker und immenser Besucherstrom äußerst negativen Einfluß auf die Flora und Fauna der Seen. Um Abhilfe zu schaffen, wurde einerseits im Ortsbereich Iffeldorf/Staltach eine Ka-

nalisation erbaut, wobei der Anschluß an die Kläranlage Penzberg im Herbst 1981 erfolgte, und andererseits erließ man im Juni 1981 eine Naturschutzverordnung für das gesamte Seengebiet. Das Baden und Lagern wurde danach auf ausgewiesene Bereiche am Fohnsee und Großen Ostersee beschränkt. Während sich nach unseren Beobachtungen die Röhricht- und Ufervegetation als Folge der Unterschutzstellung in den meisten Bereichen rasch erholte, setzte eine Regenerierung der Seen nicht unmittelbar ein.

### 19.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 13 a-f)

Wir beziehen uns bei der Erläuterung der chemisch-physikalischen Verhältnisse der Osterseen auf Untersuchungen, die im August 1981 durchgeführt wurden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse werden mit denen von MELZER (1976) verglichen, die im August 1974 ermittelt wurden. Über wasserchemi-



sche Analysen, die nach dem Jahr 1981 vorgenommen wurden, und die zur Aufklärung des Effektes der Abwasserfernhaltung dienen sollten, wird an anderer Stelle berichtet. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auch noch auf Ergebnisse eines vom Institut für Botanik der TUM und der Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung (1985) gemeinsam erarbeiteten Forschungsprogramms, das Untersuchungen zur Ökologie von Wasserpflanzen zum Inhalt hatte, und das am Fohn- und Lustsee durchgeführt wurde.

Trotz ihrer engen räumlichen Nachbarschaft und ihrer oft sehr ähnlichen Tiefe weisen die einzelnen Seen des Osterseengebietes deutliche Temperaturunterschiede auf. Bedingt werden diese hauptsächlich durch das Grundwasser, das den einzelnen Seen in unterschiedlicher Menge zuströmt. Typische Grundwasserseen mit tiefen Oberflächentemperaturen im Sommer und relativ hohen Temperaturen im Winter sind die südlich gelegenen Seen bei Iffeldorf, der Wasch-, Schiffhütten- und Sengsee. Zu diesem Typus gehört auch noch der im Norden der Seenkette gelegene Lustsee. Allen diesen Seen gemeinsam ist im Sommer eine Wassertemperatur über Grund von ca 8 - 10° C, die der Temperatur des zuströmenden Grundwassers entspricht und außerdem die Tatsache, daß diese Seen in Winter, wenn überhaupt, dann wesentlich später als alle übrigen zufrieren.

Auf Grund ihrer z. T. sehr starken Windabschirmung durch Wälder, die bis an den Gewässerrand heranreichen, stellt sich im Sommer an manchen Seen keine besonders deutlich ausgeprägte vertikale Temperaturschichtung ein. Häufig fehlt ein ausgeprägtes homothermes Epilimnion und die Temperatur nimmt von der Oberfläche her bereits mehr oder weniger kontinuierlich ab. Bei den nördlichen Seen (vor allem Garten- und Gröbensee), die dem Wind stärker ausgesetzt sind, ist die Dreiteilung des Wasserkörpers in Epi-, Meta- und Hypolimnion dagegen deutlicher zu erkennen. Für den grundwasserbeeinflussten Lustsee trifft das aber nicht zu. Wegen seiner hohen Wassertransparenz können langwellige Wärmestrahlen tiefer als in alle anderen Seen eindringen, so daß er der See mit den höchsten Temperaturen unterhalb 10 m Tiefe ist.

Eine Sonderstellung nimmt der Fischkaltersee bezüglich seiner Temperaturen ein. An diesem See wurde eine künstliche Zwangsdurchmischung durch das Einblasen von Luft an der tiefsten Stelle induziert, so daß sich der See das ganze Jahr über im Stadium der Vollzirkulation befindet. Mit einer gewissen Dämpfung stellt sich dabei die Temperatur des Wassers auf die der Luft ein. Im Sommer kann die Temperatur über der tiefsten Stelle des Sees (11 m) auf über 20 °C ansteigen, im Winter kühlt sich der See von der Oberfläche bis zum Grund auf fast 0° C ab. Für die Zusammensetzung und die Biologie der wasserbewohnenden Organismen hatte diese Zwangsdurchmischung weitreichende Folgen.

Das Grundwasser ist nicht nur für Unterschiede in den Temperaturverhältnissen der Seen verantwortlich, sondern es beeinflusst auch den Sauerstoffhaushalt nachhaltig. Die Tatsache, daß die Grundwasserseen im Sommer über dem Grund niemals ein

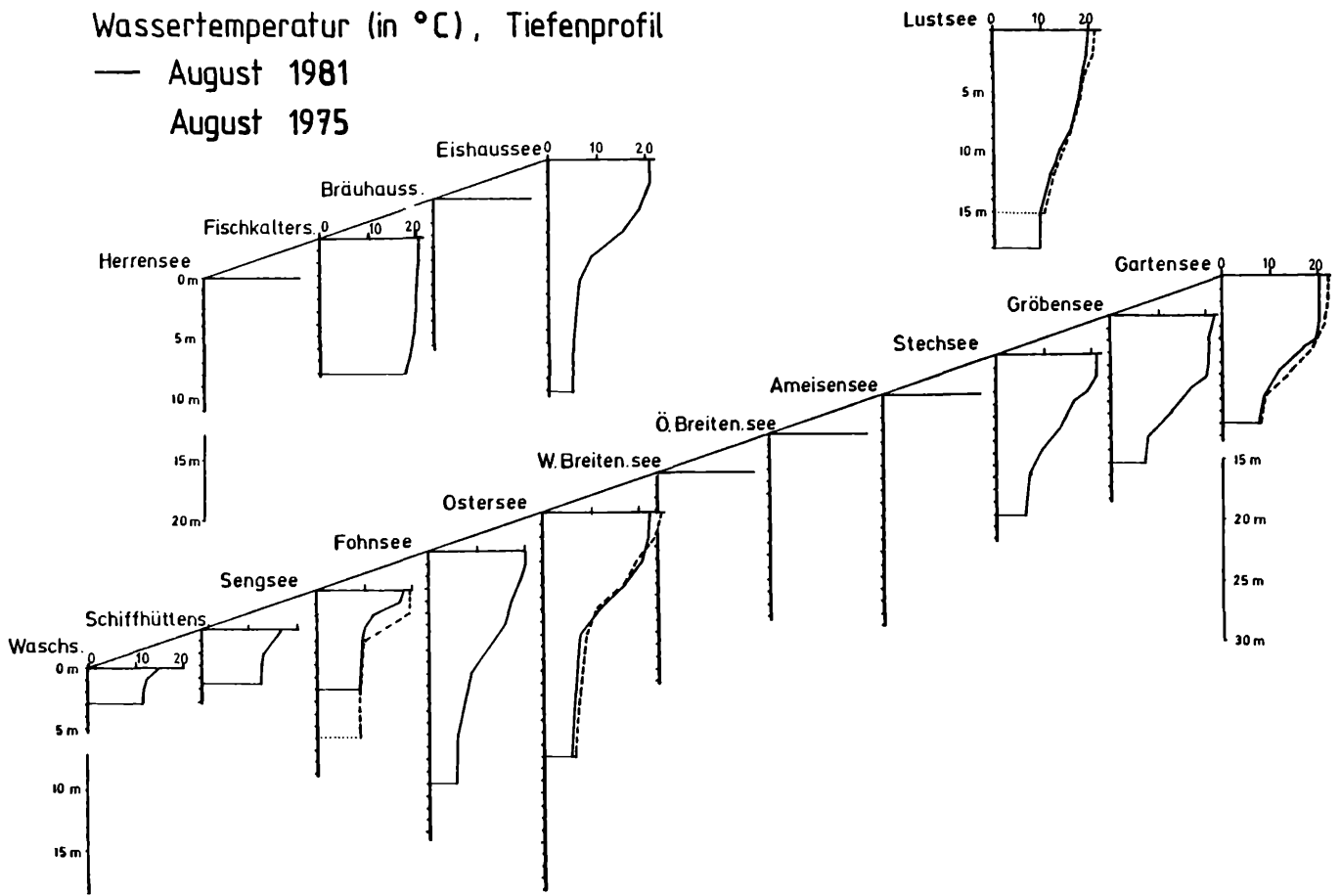
völliges Sauerstoffdefizit aufweisen, liegt im Grundwasserzustrom begründet. Nach Messungen von MELZER (1976) weist das aus Quelltrichtern aufstoßende Grundwasser relativ hohe Sauerstoffsättigungen von etwa 60-80 % auf und es sinkt wegen seiner niedrigen Temperatur im Sommer zu den tiefsten Stellen der Seen ab. Dadurch wird in das Hypolimnion dieser Seen Sauerstoff nachgeliefert. An den übrigen Seen, denen kein Grundwasser zuströmt, werden ausschließlich sauerstoffzehrende Zersetzungsprozesse wirksam, die den Vorrat an Sauerstoff im Tiefenwasser dieser Seen mehr oder weniger rasch aufbrauchen, je nachdem wieviel Biomasse im See gebildet wird und zum Gewässergrund absinkt. Trotz ihrer extrem hohen Produktivität konnten wir an den drei Grundwasserseen bei Iffeldorf (Wasch-, Schiffhütten- und Sengsee) niemals einen Schwefelwasserstoffgeruch des Tiefenwassers wahrnehmen, der an den ortsfernen, sehr gering belasteten, aber grundwasserunbeeinflussten Seen gegen Ende des Sommers immer festzustellen war. Nach den bisher beschriebenen Vorgängen leuchtet es ein, daß die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser stark belasteter, dabei aber gleichzeitig vom Grundwasser nicht beeinflusster Seen besonders kritisch sein müssen. Das trifft besonders für die Seen bei Staltach (ohne Herrensee) zu. Beim Fischkaltersee hat sich die Situation allerdings nach der erwähnten Zwangsdurchmischung grundlegend verändert. Aus der Graphik wird dieser Umstand allerdings nicht ersichtlich, denn drei Tage vor der Messung fiel der für die Belüftung des Sees verantwortliche Kompressor aus und es stellte sich eine rasante Zehrung ein. Ist die Durchlüftung in Gang, so bestehen zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser kaum Unterschiede im Sauerstoffgehalt.

Zwei Seen seien noch hervorgehoben, die Besonderheiten in ihrer vertikalen Sauerstoffschichtung aufweisen. Beim Eishaussee handelt es sich um einen meromiktischen See, dessen Tiefenwasser überhaupt nicht mehr in Durchmischungsvorgänge einbezogen wird und sich deshalb mit Ionen und gelösten Gasen angereichert hat. Zurückzuführen ist die Teildurchmischung einerseits auf die starke Windabschirmung und andererseits auf die Ausformung des Sees in zwei tiefe Einzelbecken.

Den extremen Gegensatz dazu stellt der Lustsee dar, der hohe Sauerstoffübersättigungen im Tiefenwasser aufweist. Ursache dafür sind die in Tiefen zwischen 8 und 15 m massenhaft vorkommenden Characeen, die durch ihre Photosyntheseaktivität die hohen Sauerstoffgehalte hervorrufen. Im Jahr 1981 konnten wir aber direkt über Grund eine starke Zehrung nachweisen, die 1974 noch nicht auftrat. Nach Messungen von BAUER (1985) ging in den Jahren 1982 und 1983 die Sauerstoffkonzentration sogar gegen Null. Als Grund dafür vermuten wir eine Belastung des Sees durch nährstoffangereichertes Grundwasser, das von einer dicht benachbarten Mülldeponie versickern dürfte. Eine genaue Aufklärung dieser Verschlechterung im O<sub>2</sub>-Haushalt des Lustsees sollte unbedingt erfolgen, da der Lustsee ein hydrobotanisch besonders interessantes und schützenswertes Gewässer darstellt.

Wassertemperatur (in °C), Tiefenprofil

— August 1981  
 August 1975



Sauerstoffsättigung (in %), Tiefenprofil

— August 1981  
 - - - August 1974

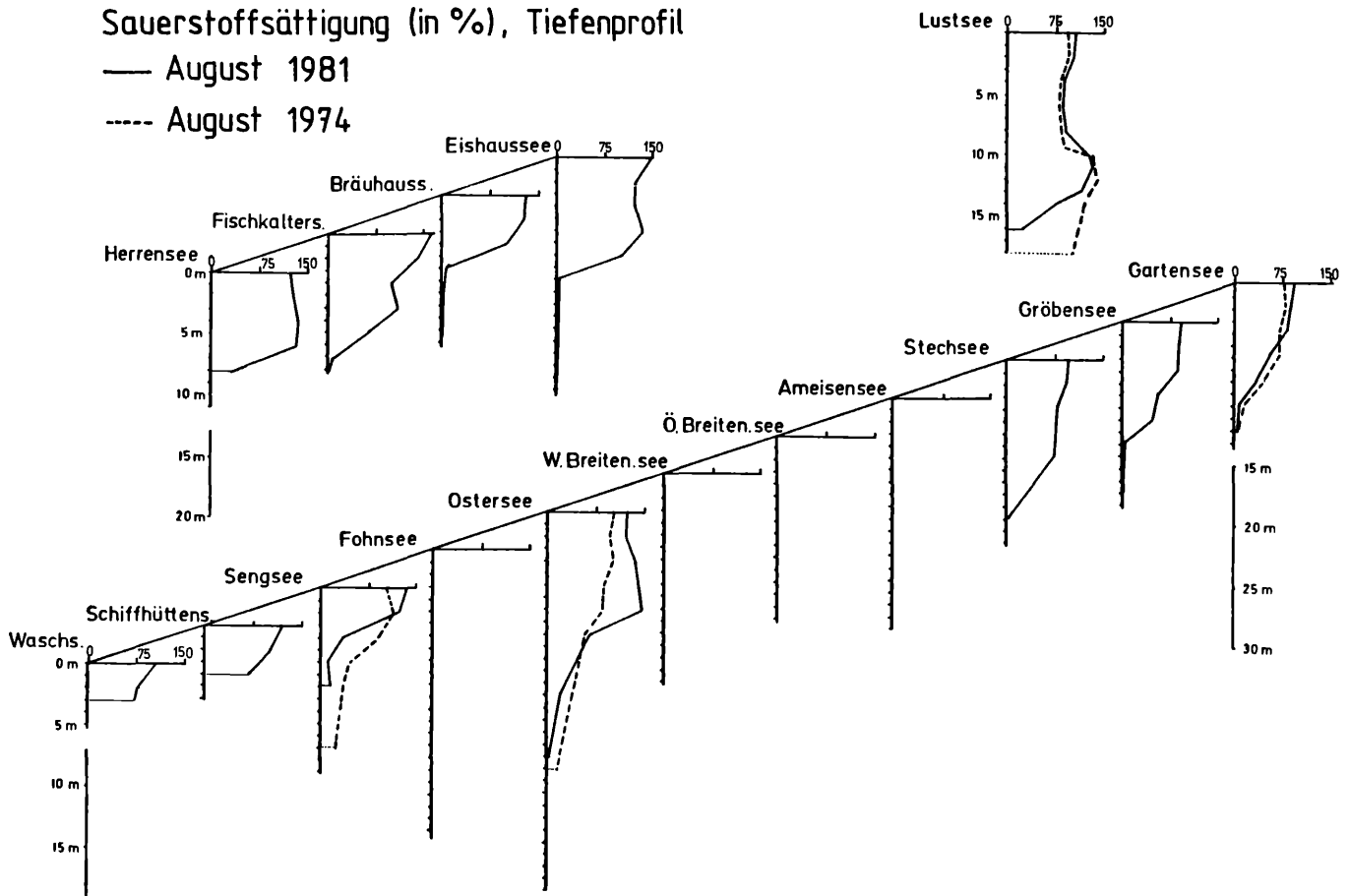


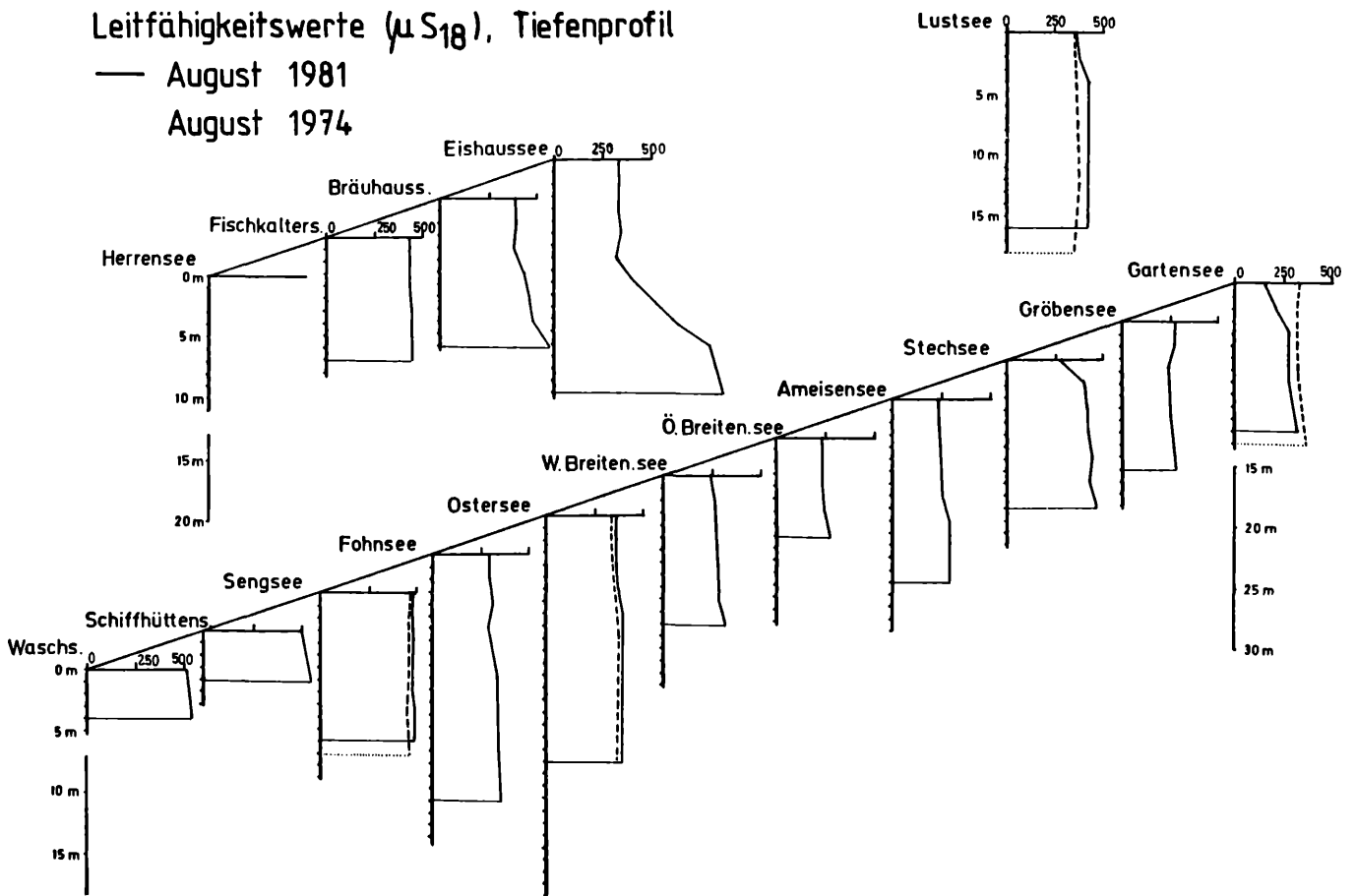
Abbildung 13a

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofil vom August 1975 und August 1981

# Leitfähigkeitswerte ( $\mu S_{18}$ ), Tiefenprofil

— August 1981

----- August 1974



# pH - Werte , Tiefenprofil

— August 1981

----- August 1974

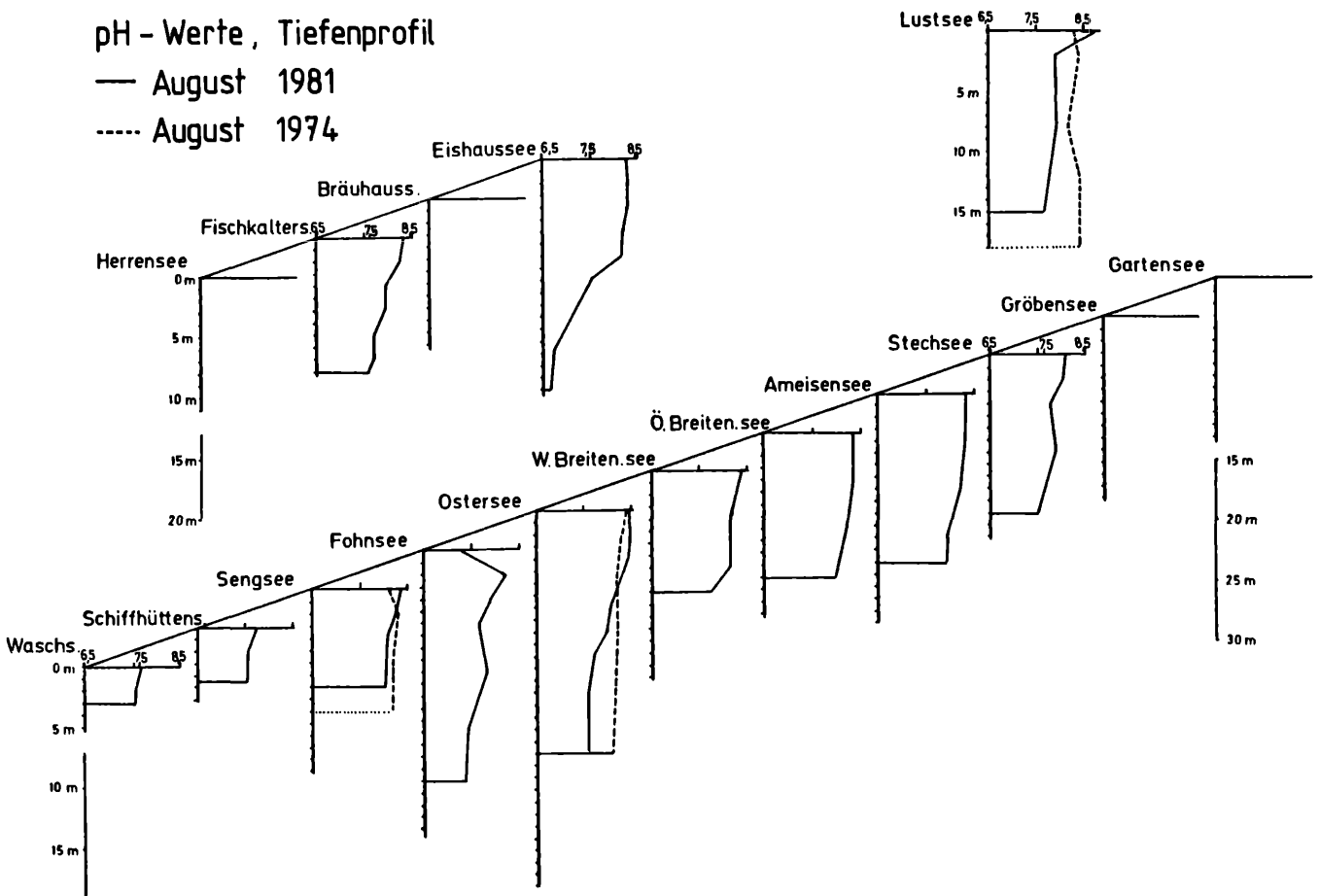
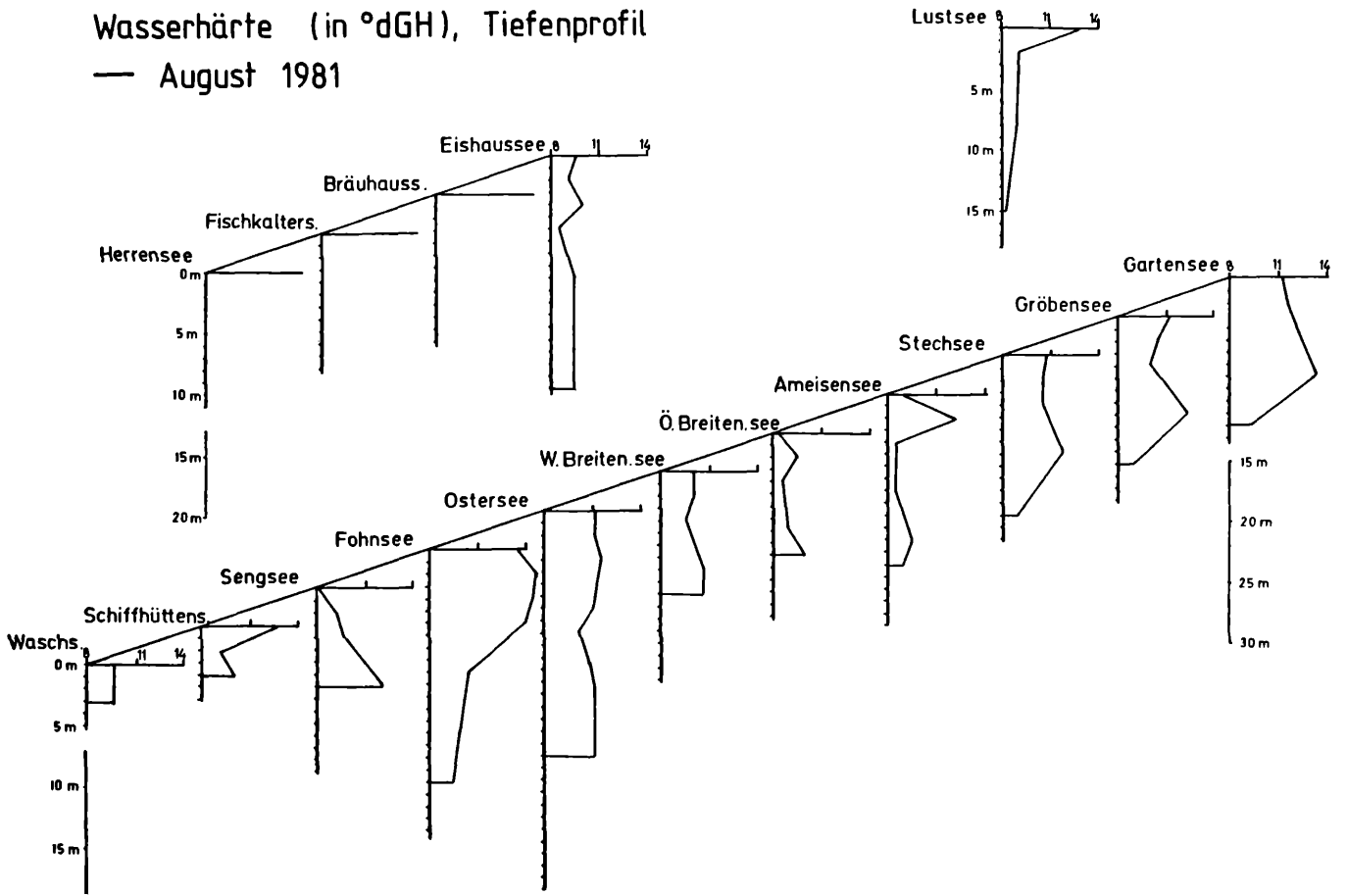


Abbildung 13b

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom August 1975 und August 1981

Wasserhärte (in °dGH), Tiefenprofil  
 — August 1981



Kieselsäure (mg SiO<sub>2</sub>/l), Tiefenprofil  
 — August 1981

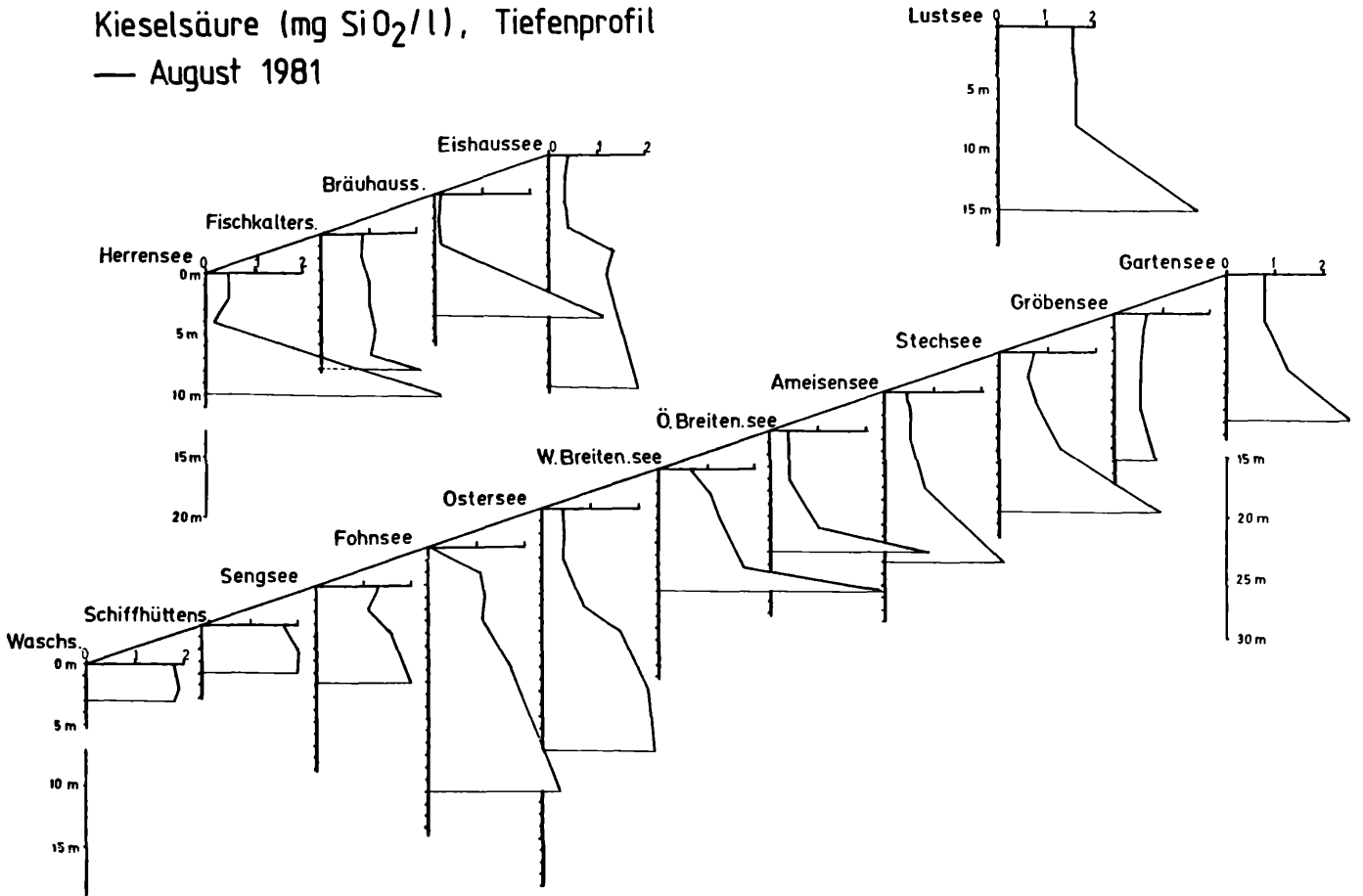


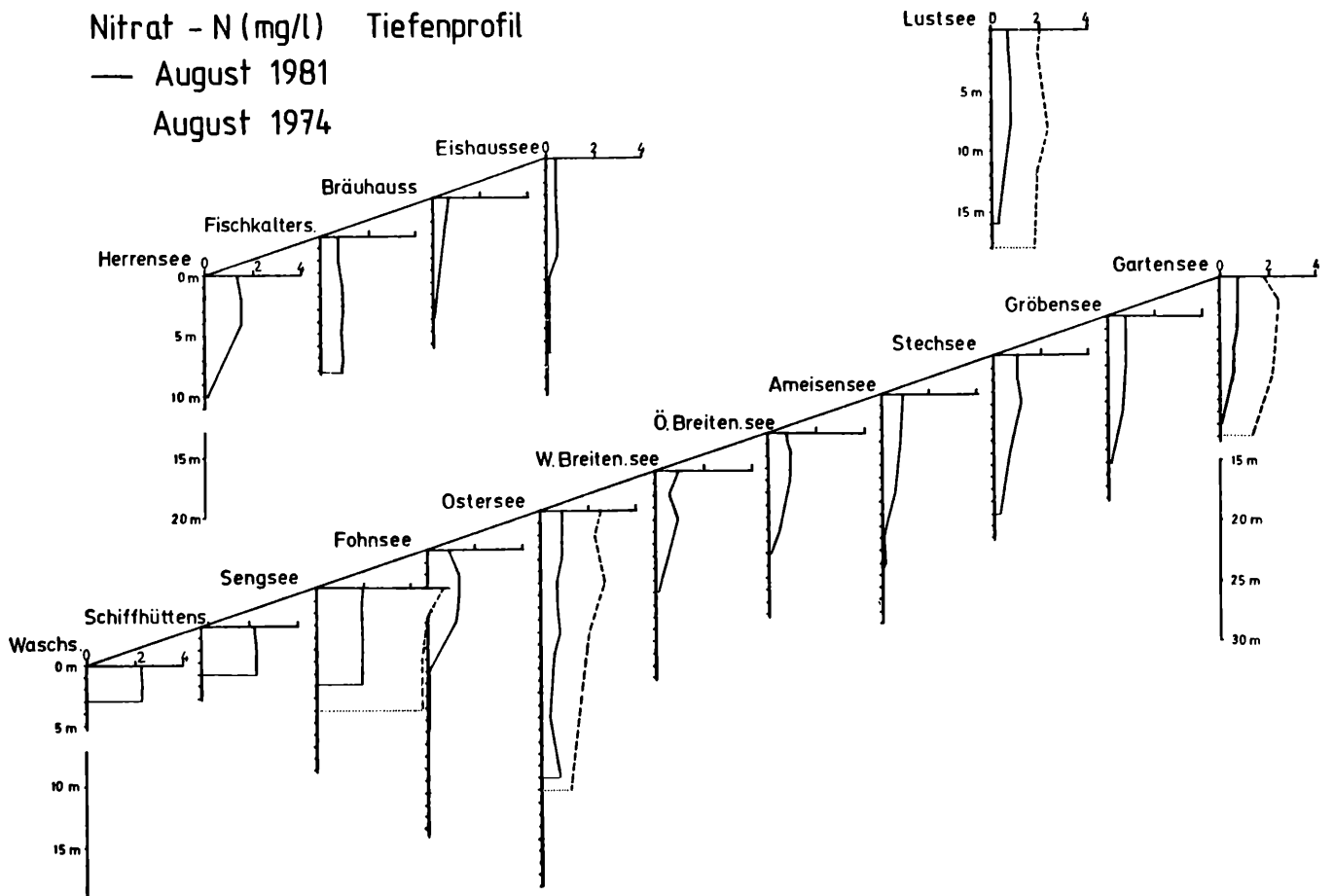
Abbildung 13c

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom August 1975 und August 1981

Nitrat - N (mg/l) Tiefenprofil

— August 1981

--- August 1974



Nitrit - N ( $\mu\text{g/l}$ ) Tiefenprofil

— August 1981

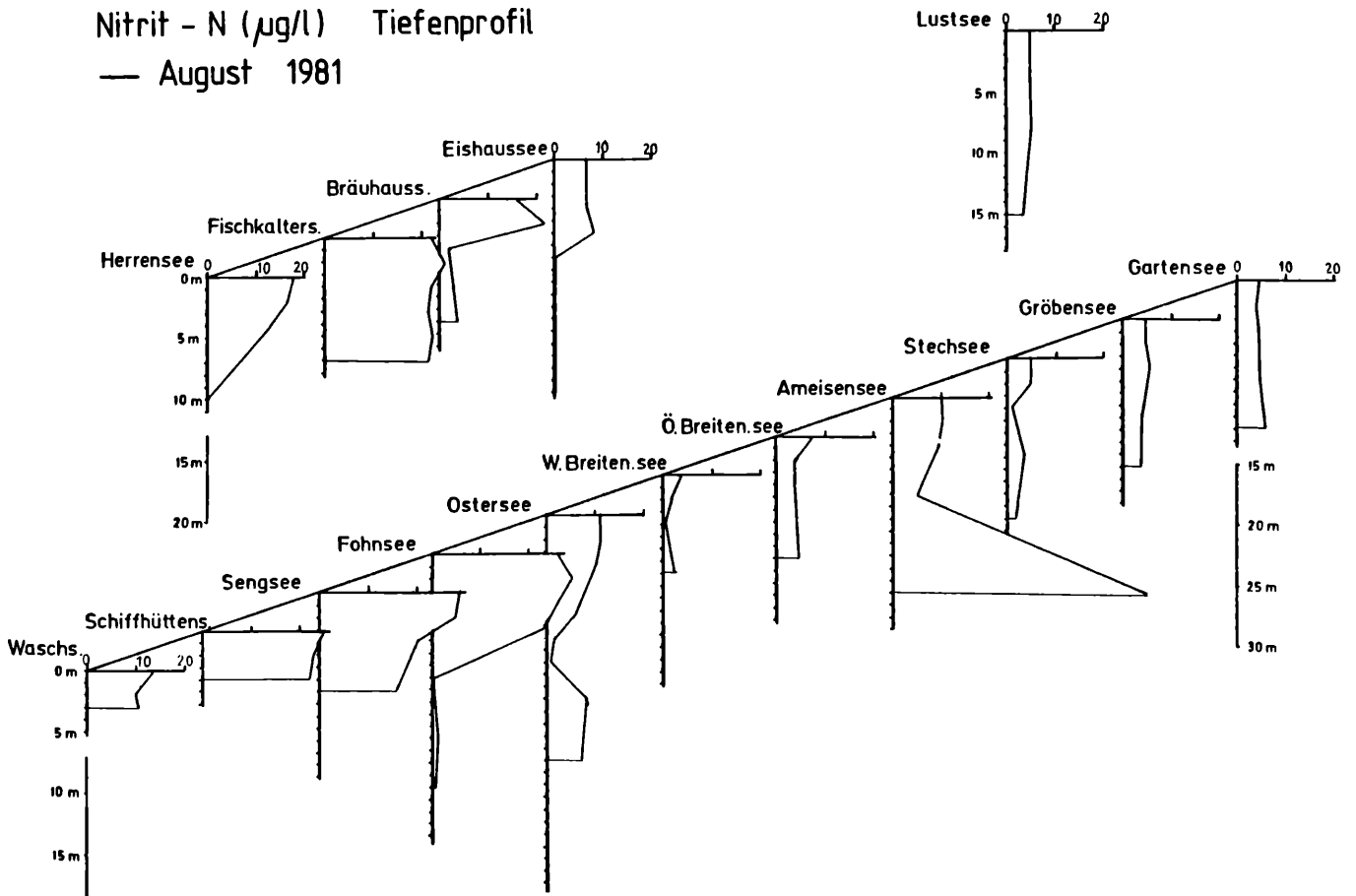


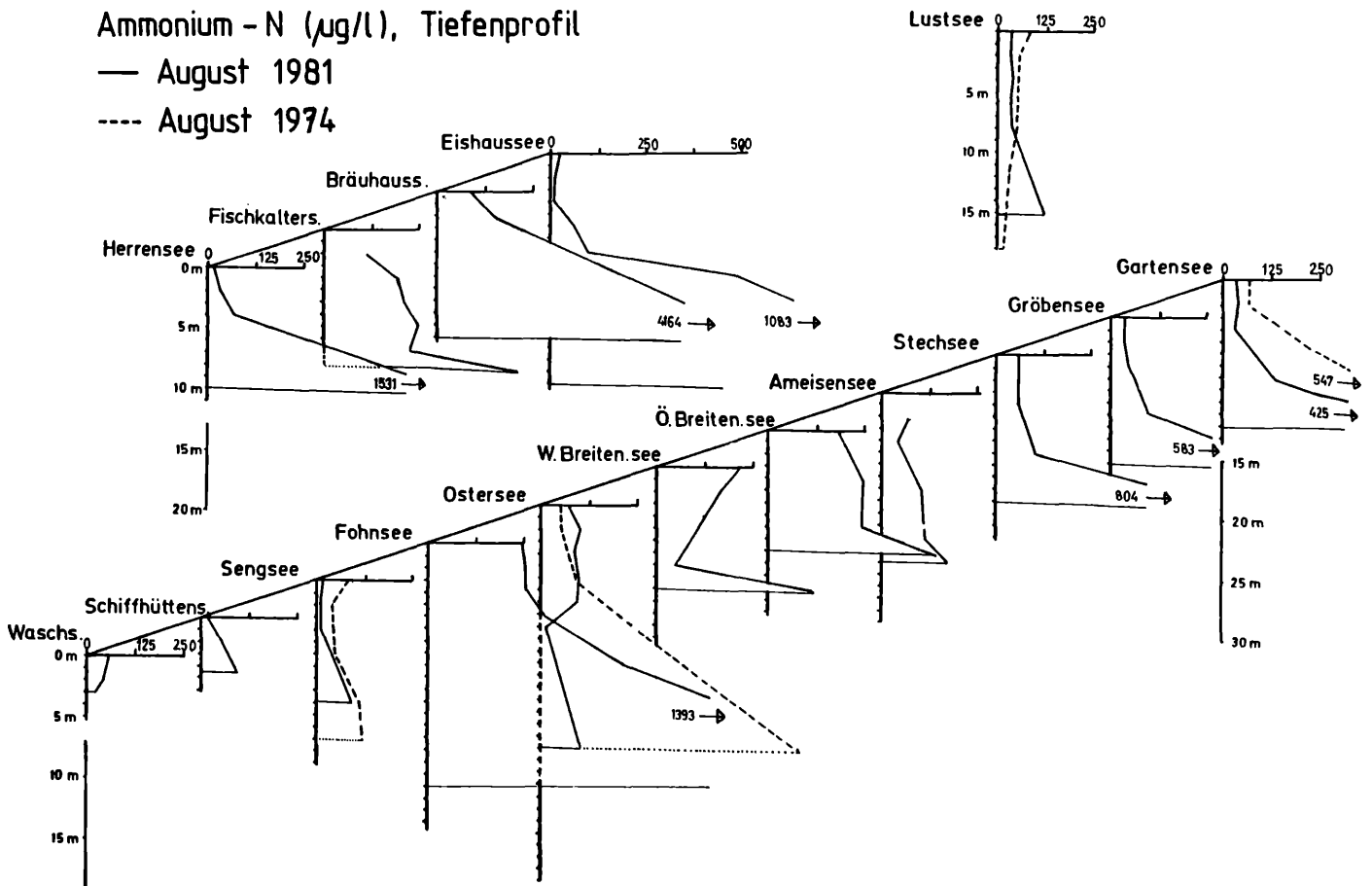
Abbildung 13d

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom August 1975 und August 1981

Ammonium - N ( $\mu\text{g/l}$ ), Tiefenprofil

— August 1981

---- August 1974



Gelöstes Orthophosphat ( $\mu\text{g P/l}$ ), Tiefenprofil

— August 1981

---- August 1974

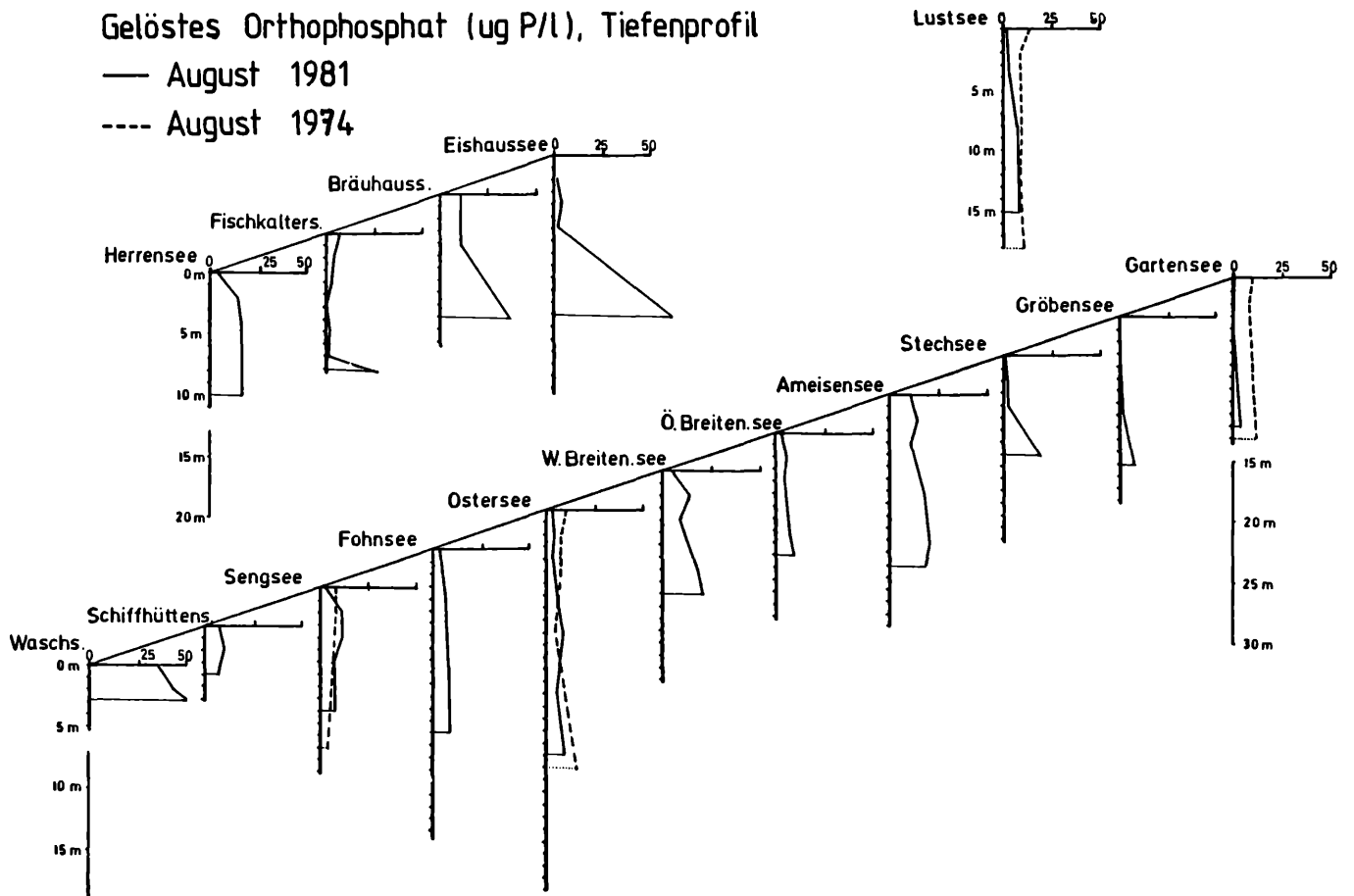


Abbildung 13e

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom August 1975 und August 1981

# Gesamtphosphat ( $\mu\text{gP/l}$ ), Tiefenprofil

— August 1981

---- August 1974

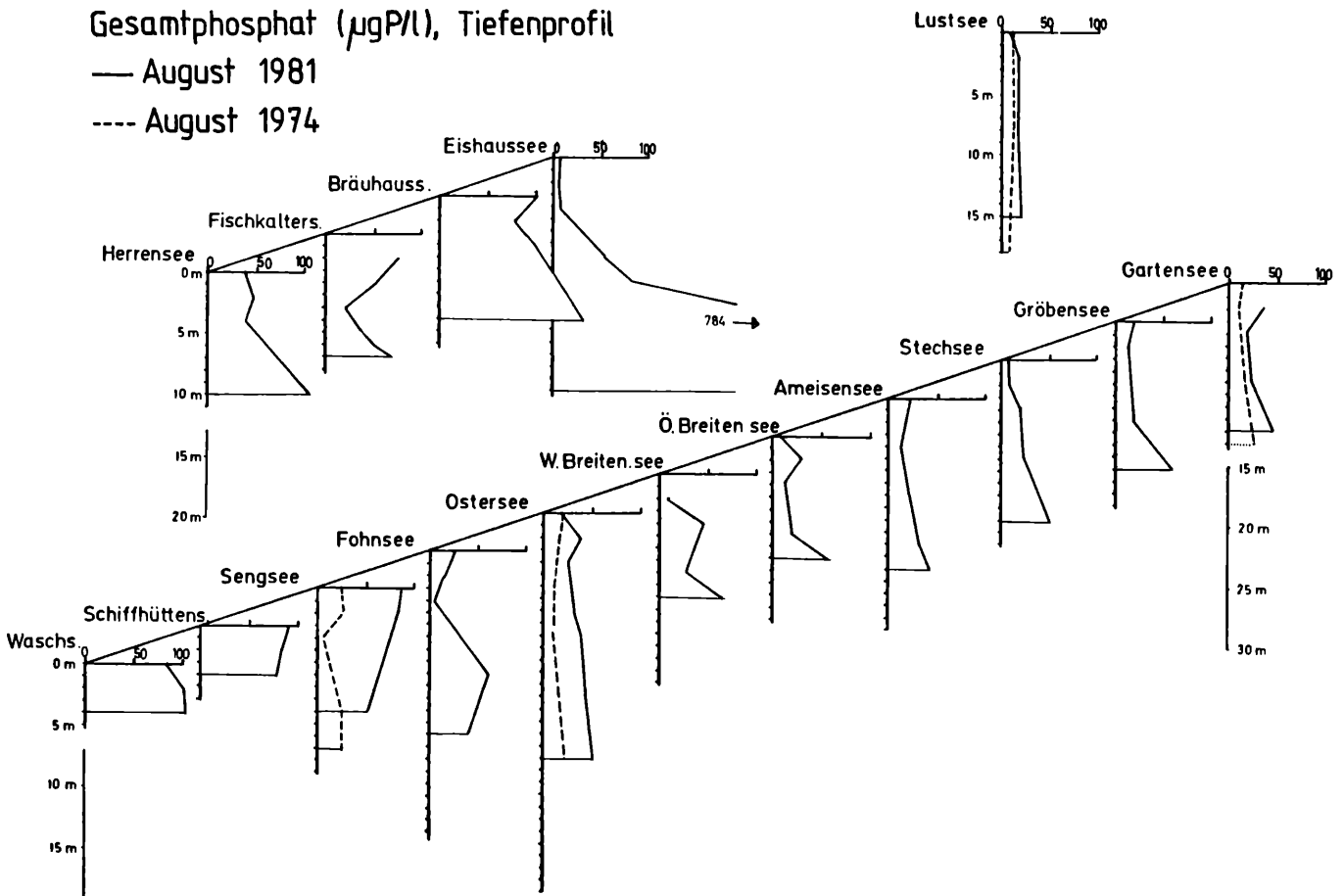


Abbildung 13f

OSTERSEEN, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom August 1975 und August 1981

Die Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse der Osterseen wurden wegen ihrer grundlegenden Bedeutung für das Verständnis der übrigen chemisch-physikalischen Daten besonders ausführlich dargestellt. Bei deren Erläuterung wird nur noch auf wichtige Unterschiede eingegangen, die zwischen den einzelnen Seen bestehen. Darüber hinausgehende Informationen sind den Graphiken zu entnehmen. Hingewiesen wird zusätzlich auch noch auf Abweichungen, die zwischen den von uns und den von MELZER (1976) durchgeführten Untersuchungen bestehen.

Die Osterseen wiesen im August 1981 Wasserhärten zwischen 8 und 14° dGH auf, wobei entlang der Seenkette keine eindeutige Zu- oder Abnahme der Werte festzustellen ist. MELZER (1976) beobachtete dagegen höchste Werte für die Wasserhärte in den Grundwasserseen bei Iffeldorf mit einer Abnahme zum Ende der Seenkette hin (da damals nur Oberflächenwerte ermittelt wurden, übernahmen wir sie nicht in die Graphik). Bei den Leitfähigkeitswerten wird die erwähnte Tendenz deutlich: die drei Iffeldorfer Grundwasserseen weisen die höchsten Werte auf, zum Gartensee hin nehmen sie ab. Die hohen Leitfähigkeitswerte im Tiefenwasser des Eishaussees belegen seinen meromiktischen Charakter. Das wird auch beim pH-Wert deutlich. Nur beim Eishaussee stellten wir einen starken pH-Abfall auf unter pH 7 fest, der auf hohen Kohlensäurekonzentrationen im Tiefenwasser beruht. Die übrigen

Seen weisen den für gut gepufferte Hydrogencarbonat-reiche Gewässer typischen pH-Wert um 8,3 auf.

Beim Kieselsäuregehalt ist bei den meisten Seen eine Verarmung an der Oberfläche und eine auf Rücklösungsprozessen beruhende Anreicherung im Tiefenwasser festzustellen. Die grundwasserbeeinflussten Seen besitzen dagegen durchgehend hohe Kieselsäurekonzentrationen, was auf den ständigen Nachschub durch das Grundwasser zurückzuführen ist, der den Verbrauch im See kompensiert. Im Gegensatz zu den drei Iffeldorfer Grundwasserseen konnten wir beim Lustsee eine Anreicherung im Tiefenwasser feststellen.

Die anorganischen Stickstoffverbindungen Nitrat und Ammonium weisen einen gegenläufigen Kurvenlauf auf. Während Nitrat in der Tiefe der Seen bei geringem oder fehlendem Sauerstoffgehalt durch denitrifizierende Bakterien aufgebraucht wird, akkumuliert sich Ammonium als Abbauprodukt organischer Biomasse über dem Grund der Seen. Besonders hoch ist diese Akkumulation am Bräuhaussee, wo wir im Tiefenwasser über 4 mg  $\text{NH}_4\text{-N/l}$  nachweisen konnten. Wenn der Fischkalterssee durch die Zwangsdurchmischung nicht zu einem völlig veränderten Gewässer gemacht worden wäre, würden seine Ammoniumgehalte vermutlich die des Bräuhaussees noch überschreiten. Im Gegensatz zum Jahr 1974 wies der Große Ostersee bei unseren Messungen keinen Anstieg der Ammo-

niumgehalte im Tiefenwasser auf. Die übrigen Kurven, die zu den beiden verschiedenen Untersuchungsterminen ermittelt wurden, entsprechen sich ziemlich genau. Am Lustsee konnte 1981 aber die leichte Tendenz eines Anstiegs über Grund ermittelt werden. Die Iffeldorfer Grundwasserseen weichen von den übrigen Seen ab. Einerseits sind die Ammoniumkonzentrationen sehr gering und andererseits treten über der tiefsten Stelle der Seen keine Anreicherungen auf. Da das Grundwasser die tiefsten Stellen dieser Seen immer wieder mit Sauerstoff versorgt, kann dort entstehendes Ammonium nämlich umgehend nitrifiziert werden. Die Sauerstoffzufuhr verhindert dabei auch gleichzeitig eine Denitrifikation, so daß der Nitratgehalt von der Oberfläche bis zum Grund gleich hoch ist. Auffällig im Vergleich zu den übrigen Seen ist der deutlich höhere Nitratgehalt der Iffeldorfer Grundwasserseen, was auf einer Nitratbelastung des Grundwassers im südlichen Bereich des Seengebietes beruht. Im Vergleich zu den Ergebnissen von MELZER (1976) liegen die Nitratgehalte bei unseren Messungen insgesamt wesentlich niedriger. Analysen, die MELZER 1975 und die wir in den Jahren nach 1981 (unveröff.) durchführten, zeigen, daß zwischen den einzelnen Jahren z. T. erhebliche Unterschiede im Nitratgehalt der Seen vorliegen. Wir vermuten, daß hier ein enger Zusammenhang mit den Nitratgehalten des Grundwassers vorliegt, die in Abhängigkeit von den Mineralisationsraten der Böden und der Düngungsintensität und -zeit stark schwanken können. Der schnelle Wasserumsatz der Seen bewirkt dabei eine rasche Verteilung innerhalb der Seenkette.

Da Phosphor den Minimumfaktor der Primärproduktion in den meisten unserer Gewässer darstellt (vgl. dazu STEINBERG & MELZER 1982), kann man aus seinen Konzentrationen zumeist eindeutig auf den Grad der Gewässerbelastung rückschließen. Gelöstes, sog. reaktives Phosphat (zur Definition siehe STEINBERG & MELZER 1982) ist dabei in der durchlichteten Zone von Seen nur in Spuren oder garnicht vorhanden. In den meisten Fällen gilt das für produktive wie auch für unproduktive Seen. Einen Unterschied kann man dagegen zwischen den Gesamtphosphatkonzentrationen solcher Seen feststellen. Diese Aussage trifft auch für die Osterseen zu. Besonders hoch waren die Gesamt-P-Gehalte an den drei Grundwasserseen bei Iffeldorf, die über viele Jahre stark belastet wurden, sowie an den Staltacher Seen (vor allem Fischkalter und Bräuhaussee). Die Konzentrationen an Gesamtphosphat erreichten hier Werte von ca. 100 µg P/l. Mit größerer Entfernung von den Ortschaften kommt es zu einer deutlichen Abnahme und durchschnittlichen Oberflächenwerten von 15-30 µg P/l. Die Zunahme im Tiefenwasser dieser Seen wird durch absinkendes organisches Material sowie durch eine Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment bedingt und deutet nicht zwangsweise auf eine starke Belastung hin. Einen Sonderfall stellt der meromiktische Eishaussee dar, dessen hohe Konzentrationen an gelöstem- und Gesamt-Phosphat durch die besonderen Schichtungsphänomene und nicht durch eine übermäßige Belastung hervorgerufen werden. Das belegen die niedrigen Werte des Oberflächenwassers. Im Vergleich zu den Untersuchungen von MELZER (1976) liegt der Gesamt-P-Gehalt des Sengsees bei

unseren Messungen deutlich höher, bei den übrigen Seen war ein Anstieg weniger deutlich ausgeprägt. Fast verdreifacht hat sich auch die Konzentration im Oberflächenwasser des Bräuhaussees, der heute zu den phosphatreichsten Seen der Seenkette gehört (der Wert von MELZER wurde in der Graphik nicht vermerkt). Nach Untersuchungen von BAUER (1985) muß auch der Lustsee zu den Gewässern gezählt werden, deren Gesamt-P-Gehalt in den letzten Jahren angestiegen ist. BAUER konnte Konzentrationen im Oberflächenwasser bis ca. 50 µg P/l nachweisen, während sie bei MELZER 15 µg P/l nie überschritten. Es ist zu hoffen, daß es sich bei den von BAUER ermittelten Werten um Ausnahmen handelt und der Lustsee seinen oligotrophen Charakter nicht verlieren wird. Messungen im August 1985 (MELZER, unveröff.) ergaben Gesamt-P-Konzentrationen zwischen 2 und 8 µg P/l in den obersten 10 m. Auch konnte der von BAUER beobachtete starke Sauerstoffrückgang in der Tiefe nicht mehr belegt werden. War im Sommer 1983 über Grund sogar eine leichte Schwefelwasserstoffproduktion eingetreten, so konnten im August 1985 im 16 m Tiefe noch über 100 % Sauerstoffsättigung ermittelt werden. Man kann davon ausgehen, daß der Lustsee in seinen chemisch-physikalischen Verhältnissen stark von der Menge des zuströmenden Grundwassers und damit von der Witterung abhängt. Wie eng diese Beziehungen sind, müßte eingehend untersucht werden. Im Auge behalten sollte man dabei auf jeden Fall, ob sich die in der Nähe des Lustsees gelegene Mülldeponie negativ auf die Wasserqualität auswirkt.

---

### 19.3 Artenliste (siehe S. 95)

---

### 19.4 Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 40-61)

Die beiden häufigsten Röhrichtarten an den Osterseen sind das Schilfrohr (*Phragmites communis* Karte 40) und die Schneide (*Cladium mariscus* Karte 41). Während letztere die grundwasserbeeinflussten und nährstoffreichen Seen bei Iffeldorf meidet, konnten wir das Schilfrohr an jedem See nachweisen. Bei dieser Art fallen dabei besonders starke Wüchsigkeitsunterschiede auf, je nachdem, ob sie nährstoffreiche oder nährstoffarme Standorte besiedelt. An den südlichen, eutrophen Seen erreicht das Schilfrohr Halmhöhen von bis zu 3 m und dabei sehr hohe Bestandsdichten. Das Gegenteil ist am Lustsee der Fall, wo die einzeln stehenden Halme die Wasseroberfläche oft nur unbeträchtlich überragen und zudem kaum blühende Pflanzen anzutreffen sind. Im Bereich der Verbindungskanäle zwischen den Seen macht sich die eutrophierende Wirkung der Strömung deutlich bemerkbar, denn sowohl das Schilfrohr als auch die Schneide gedeihen hier besonders üppig.

Gegenüber einer mechanischen Belastung durch Badende und Erholungssuchende reagiert das Schilfrohr durch einen raschen Rückgang. An den Osterseen fehlt die Art in den offiziellen Badebereichen fast völlig. Am Fohnsee und am Großen Ostersee konnten wir im Vergleich zu den Untersuchungen von MELZER (1976) einen allgemeinen Rückgang verzeichnen. Es ist zu vermuten, daß in den

(Fortsetzung S. 96)



### 19.3 Artenliste (Osterseen)

Die Verbreitung der wichtigsten Arten wird in Form von Karten wiedergegeben. Bei weniger häufigen Arten wurden lediglich im Text Angaben zum Vorkommen gemacht. Das unterblieb bei den Arten, die nur an wenigen Stellen und mit äußerst geringer Häufigkeit vertreten waren. Hier wird in der Artenliste vermerkt, in welchem See sie zu finden waren. Die Abkürzung der Seennamen ist der nachfolgenden Aufstellung zu entnehmen. Sind zwei Seennamen dabei mit einem Bindestrich verbunden, wird dadurch eine Verbreitung im Verbindungskanal zwischen den beiden Seen symbolisiert.

(A = Ameisensee, B = Bräuhaussee, ÖB = Östl. Breitenauersee, WB = Westl. Breitenauersee, E = Eishaussee, Fi = Fischkaltersee, Fo = Fohnsee, Ga = Gartensee, Gr = Gröbensee, H = Herrensee, L = Lustsee, O = Großer Ostersee, Sch = Schiffhütensee, Se = Sengsee, St = Stechsee, U = Ursee, Wa = Waschsee, Wo = Wolfensee)

#### Röhrichtarten

<i>Agrostis stolonifera</i> L.	
Weißes Straußgras	(A-St, H, L, O)
<i>Caltha palustris</i> L.	
Sumpf-Dotterblume	(Fo-O)
<i>Cicuta virosa</i> L.	
Wasserschierling	(Wa, Wa-Sch)
<i>Cladium mariscus</i> L.	
Schneide	Karte 41
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	
Tannenwedel	Karte 61
<i>Iris pseudacorus</i> L.	
Wasser-Schwertlilie	(Wa)
<i>Juncus articulatus</i> L.	
Glieder-Binse	
<i>Juncus subnodulosus</i> SCHR.	
Stumpfbblütige B.	(O,Fo,St-Gr)
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	
Gemeiner Gilbweiderich	(St-Gr)
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	
Fiebertee	Karte 43
<i>Nasturtium officinale</i> R. BR.	
Gemeine Brunnenkresse	(St,Wa)
<i>Peucedanum palustre</i> L.	
Sumpf-Haarstrang	(Gr-Ga, Ga-U)
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	Karte 40
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechtsimse	Karte 42
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(Fo-O,Sch,Wa,St)
<i>Sparganium erectum</i> L.	
Ästiger Igelkolben	(Se-Wo)
<i>Typha latifolia</i> L.	
Breitblättriger Rohrkolben	(Fi,Ga,Sch,Se,St,Wa)
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	
Blauer Wasser-Ehrenpreis	(Wa)
<i>Veronica beccabunga</i> L.	
Bachbunze	(Wa)

#### Wasserschweber

*Lemna minor* L.  
Kleine Wasserlinse

#### Schwimtblattarten

<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	Karte 45
<i>Nymphaea alba</i> L.	
Weißer Seerosen	Karte 44
<i>Potamogeton natans</i> L.	
Schwimmendes Laichkraut	Karte 46

#### Untergetauchte Arten

<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	
Gemeines Hornblatt	
<i>Chara aspera</i> DETH.	Karte 48
<i>Ch. contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	Karte 49
<i>Ch. delicatula</i> AGARDH	
<i>Ch. fragilis</i> DESV	
<i>Ch. hispida</i> L.	Karte 47
<i>Ch. intermedia</i> A. BR.	Karte 51
<i>Ch. tomentosa</i> L.	Karte 50
<i>Ch. vulgaris</i> L.	
<i>Elodea canadensis</i> MICHX.	
Kanadische Wasserpest	
<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	
Gemeines Quellmoos	Karte 60
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	
Ähren-Tausendblatt	Karte 58
<i>M. verticillatum</i> L.	
Quirl-T.	Karte 59
<i>Nitella opaca</i> AGARDH	
<i>Potamogeton berchtoldii</i> FIEBER	(0)
Berchtolds-Laichkraut	
<i>P. coloratus</i> VAHL.	
Gefärbtes-L.	Karte 52
<i>P. crispus</i> L.	
Krauses-L.	
<i>P. gramineus</i> L.	
Gras-L.	(WB)
<i>P. filiformis</i> PERS.	(O,St)
Faden-L.	
<i>P. lucens</i> L.	
Spiegelndes-L.	
<i>P. x nitens</i> WEB.	
Glanz-L.	(Fo)
<i>P. pectinatus</i> L.	
Kamm-L.	Karte 53
<i>P. perfoliatus</i>	
Durchwachsenes-L.	Karte 54
<i>P. praelongus</i> WULF.	
Gestrecktes-L.	(0)
<i>Ranunculus circinatus</i> SIBTH.	
Spreizender Wasserhahnenfuß	
<i>R. trichophyllus</i> CHAIX.	
Haarblättriger W.	(0)
<i>Utricularia australis</i> R. BR.	
Südllicher Wasserschlauch	Karte 57
<i>U. minor</i> L.	
Kleiner W.	Karte 56
<i>U. ochroleuca</i> HARTM.	
Ockerfarbener W.	Karte 55
<i>Zannichellia palustris</i> L.	
Sumpf-Teichfaden	(Wa)

kommenden Jahren eine Regeneration der Bestände eintritt, da die mechanische Belastung nach dem Inkrafttreten der Naturschutzverordnung merklich zurückgegangen ist. Bei der Schneide, deren Name auf die messerscharf gesägten Blätter zurückzuführen ist, stimmen die Verbreitungsbilder zwischen den Untersuchungsjahren 1974/75 und 1981 dagegen sehr genau überein. Die Abweichungen liegen meist nur im Bereich einer Schätzstufe. Die sehr robusten und wie erwähnt äußerst scharfgesägten Blätter stellen für diese Art offensichtlich einen natürlichen und sehr effizienten Schutz gegenüber Badenden und Erholungssuchenden dar. Lediglich am Ameisensee und den beiden Breitenauer Seen hat die Art deutlich zu-, am Fischkaltersee dagegen abgenommen.

Die Flechtsimse (*Scirpus lacustris* Karte 42) kann im Gegensatz zu den beiden vorher beschriebenen Arten nicht nur in einer emersen, sondern auch in einer untergetauchten Flutform vorkommen. Bei starker mechanischer Belastung werden die blütentragenden Halme rasch dezimiert und es überdauern nur die in Tiefen unter 2 m vorkommenden Unterwasserblätter. Da in den Jahren vor der Untersuchung an den Osterseen ein sehr starker und unkontrollierter Badebetrieb herrschte, überrascht es nicht, daß im Vergleich zu den Untersuchungen von MELZER (1976) ein allgemeiner Rückgang dieser Art zu verzeichnen ist.

Beim Fieberklee (*Menyanthes trifoliata* Karte 43) konnten wir gegenüber den Vegetationsverhältnissen im Jahr 1975 einen Rückgang in vielen Uferbereichen feststellen. Verschwunden ist die Art aus dem Bräuhaussee, dem Sengsee und dem Gröbensee, während für den Herrensee ein neues, aber sehr spärliches Vorkommen registriert werden konnte. Nach unseren Beobachtungen werden im Frühjahr junge Sproßteile des Fieberklee und auch anderer Röhricht- und Schwimmblattpflanzen von Schwänen sehr häufig abgefressen. Das dürfte ein sehr wichtiger Grund für die allgemeine Verminderung der Bestände sein.

### Schwimmblattvegetation

Die Weiße Seerose (*Nymphaea alba* Karte 44) besitzt eine deutliche Vorliebe für windgeschützte Ufer und Buchten. Auch bei dieser Art war im Zeitraum zwischen 1975 und 1981 ein drastischer mengenmäßiger Rückgang festzustellen. Von den massenhaften Beständen im Herrensee, Fischkaltersee und Bräuhaussee ist bis heute nicht mehr viel übrig geblieben. Auch hier machen wir für die Auslichtung der Bestände hauptsächlich die Schwäne verantwortlich. Eine Zerstörung durch Badende oder Boote trägt im Vergleich dazu kaum etwas bei, da sich diese Art der Belastung nur auf wenige Stellen innerhalb der Seenkette beschränkt. Nach unseren eigenen Beobachtungen schritt der Rückgang der Weißen Seerose bis zum Sommer 1985 weiter voran. Im Fischkaltersee, den 10 Jahre vorher ein dichtes und sehr auffälliges Band mit blühenden Seerosen umgab, konnten nur noch vereinzelt blühende Exemplare ausgemacht werden. Weniger deutlich ist die Abnahme der Weißen Seerose im nördlichen Teil der Seenkette im Vergleich zum Jahr 1975. Vor allem an den häufigen Vorkommen in den Verbindungskanälen hat sich kaum etwas geändert. Dies

belegt die Vermutung, daß an den Osterseen nicht der Bootsverkehr den Rückgang dieser Art nach sich gezogen hat.

Im Gegensatz zur Weißen Seerose kann die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea* Karte 45) in einer submersen Form gedeihen, in der keine Schwimmblätter, sondern nur salatblattähnliche Unterwasserblätter gebildet werden. Vom Ufer oder vom Boot aus ist daher oft gar nicht zu erkennen, daß teilweise üppige Bestände vorkommen, da diese in größere Wassertiefen (bis 6 m) vordringen und damit für den Betrachter unsichtbar bleiben. Bei der Kartierung haben wir diese untergetauchte, rein vegetative Form mit der schwimmblattbildenden und blühenden Form zusammengefaßt. Der Rückgang der Art gegenüber 1975 wird vornehmlich durch die Dezimierung der letzteren Form verursacht.

Bei der dritten in den Osterseen gedeihenden Schwimmblattart, dem Schwimmenden Laichkraut (*Potamogeton natans* Karte 46), sind nur unwesentliche Veränderungen gegenüber 1975 zu vermerken. Einige sehr seltene bzw. seltene Vorkommen im Großen Ostersee waren 1981 nicht mehr nachzuweisen, aus dem Bräuhaussee verschwand die Art völlig, während sie im Wolfensee, Herrensee und Lustsee erstmals auftrat, dabei aber nie große Häufigkeiten erreichte.

### Untergetauchte Vegetation

Von den insgesamt 30 Arten des Osterseegebietes sollen im folgenden nur die häufigsten und für eine Bioindikation des Gewässerzustandes wichtigsten Arten an Hand von Verbreitungskarten und ergänzenden Beschreibungen näher erläutert werden. Die Untersuchungen von MELZER (1976) haben deutlich gezeigt, daß die submerse Vegetation besonders zuverlässige Hinweise auf den Belastungsgrad dieser Gewässer liefert. Es gibt an den Osterseen Arten, die sich in ihrem Vorkommen ausschließlich auf die oligotrophen Seen beschränken und andere, die nur in den stärker phosphat-belasteten, ortsnahen Seen gedeihen. Bei den Röhricht- und Schwimmblattpflanzen war diese eindeutige Artenabfolge nicht zu beobachten. Innerhalb der zuletzt erwähnten Pflanzengruppen gelang es jedoch, hochsignifikante Zusammenhänge zwischen den Nährstoffgehalten des Wassers und der Wüchsigkeit der Arten, etwa über die Blattflächen, herzustellen.

Innerhalb der verschiedenen heimischen Arten der Gattung *Chara* bestehen in der ökologischen Amplitude deutliche Unterschiede. Im Gebiet der Osterseen, mit seinen feinen Abstufungen in der Nährstoffbelastung, kann man besonders genau erkennen welche Arten sich in ihrem Vorkommen auf die saubersten Bereiche innerhalb der Seenkette konzentrieren. An Hand der Verbreitungskarten ist zu ersehen, daß dies für die Arten *Chara hispida* (Karte 47) und *Chara aspera* (Karte 48) zutrifft. Die zuerst genannte Art weist einen Verbreitungsschwerpunkt im Lustsee und Herrensee auf und gedeiht auch noch in Bereichen des Westlichen Breitenauersees, in denen starke Grundwasseraustritte zu verzeichnen sind. Gegenüber 1975 (MELZER 1976) hat die Art im Lustsee an Häufigkeit abgenommen, im Herrensee dagegen zugenommen. Für *Chara aspera* stellten wir 1981 im Lustsee die gleiche Häufigkeit fest wie sechs Jahre vorher, deutlich zurück-

(Fortsetzung S. 119)

Starnberger See

SEESHAUPT

Gartensee Ursee

Bodenbach

Lustsee Gröbensee

Stechsee

Ameisensee

Östl. Breitenauersee

Westl. Breitenauersee

Grosser Ostersee

LAUTERBACHER MÜHLE

STALTACH

Eishaussee

Bräuhäussee

Herrensee

Fohnsee

Fischkältersee

Forchensee

Wolfensee

Sengsee

Schiffhüttensee

Waschsee

IFFELDORF

# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Phragmites communis*

## Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- ▼ Grenze eines Kartierungsabschnittes
- U Grundwasseraustritt

0 500

Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981

Starnberger See

SEESHAUPT



# OSTERSEEN

Verbreitung von:  
*Cladium mariscus*

## Mengenschätzung:

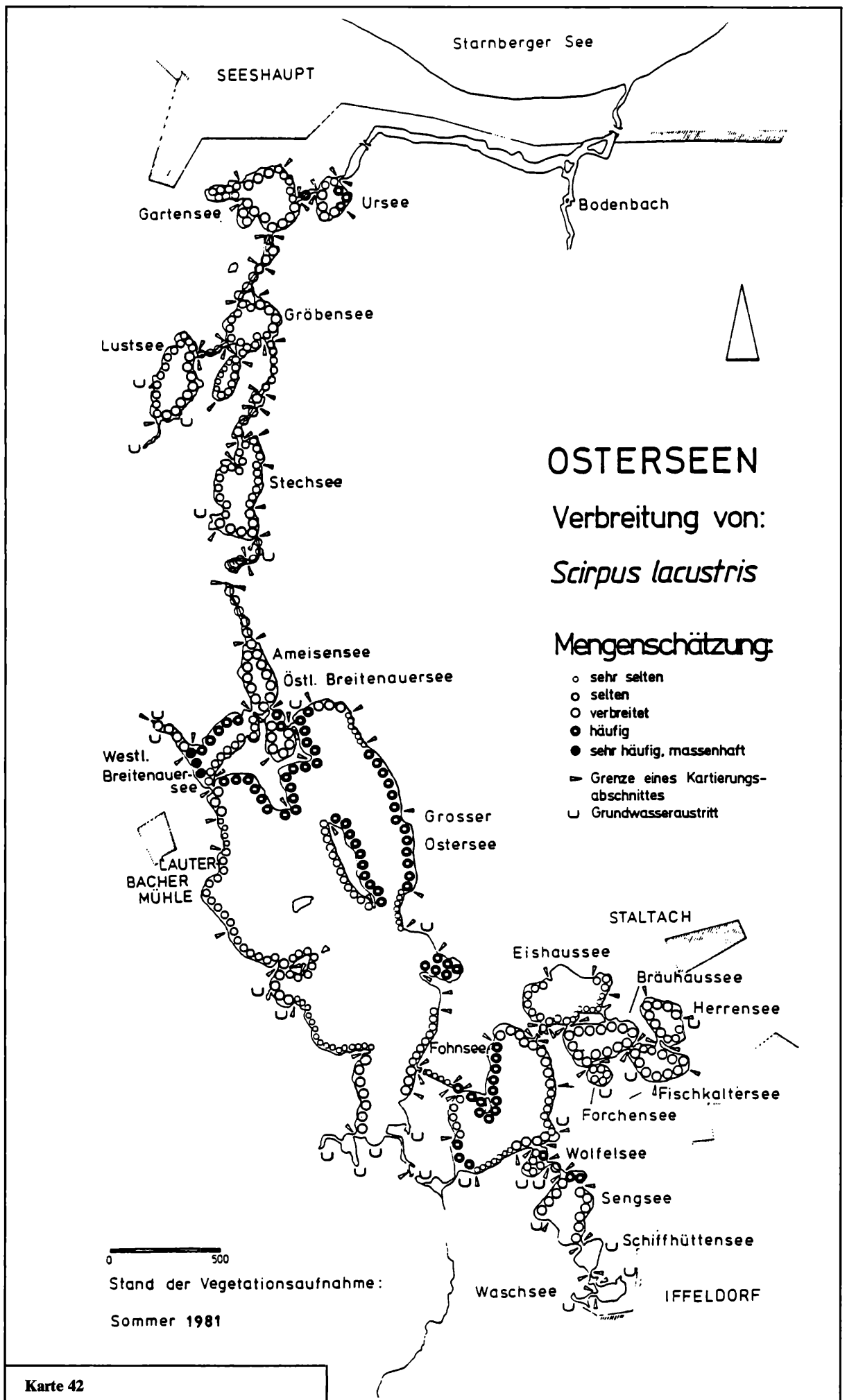
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ┌ Grundwasseraustritt

0 500

Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981

Karte 41



# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Scirpus lacustris*

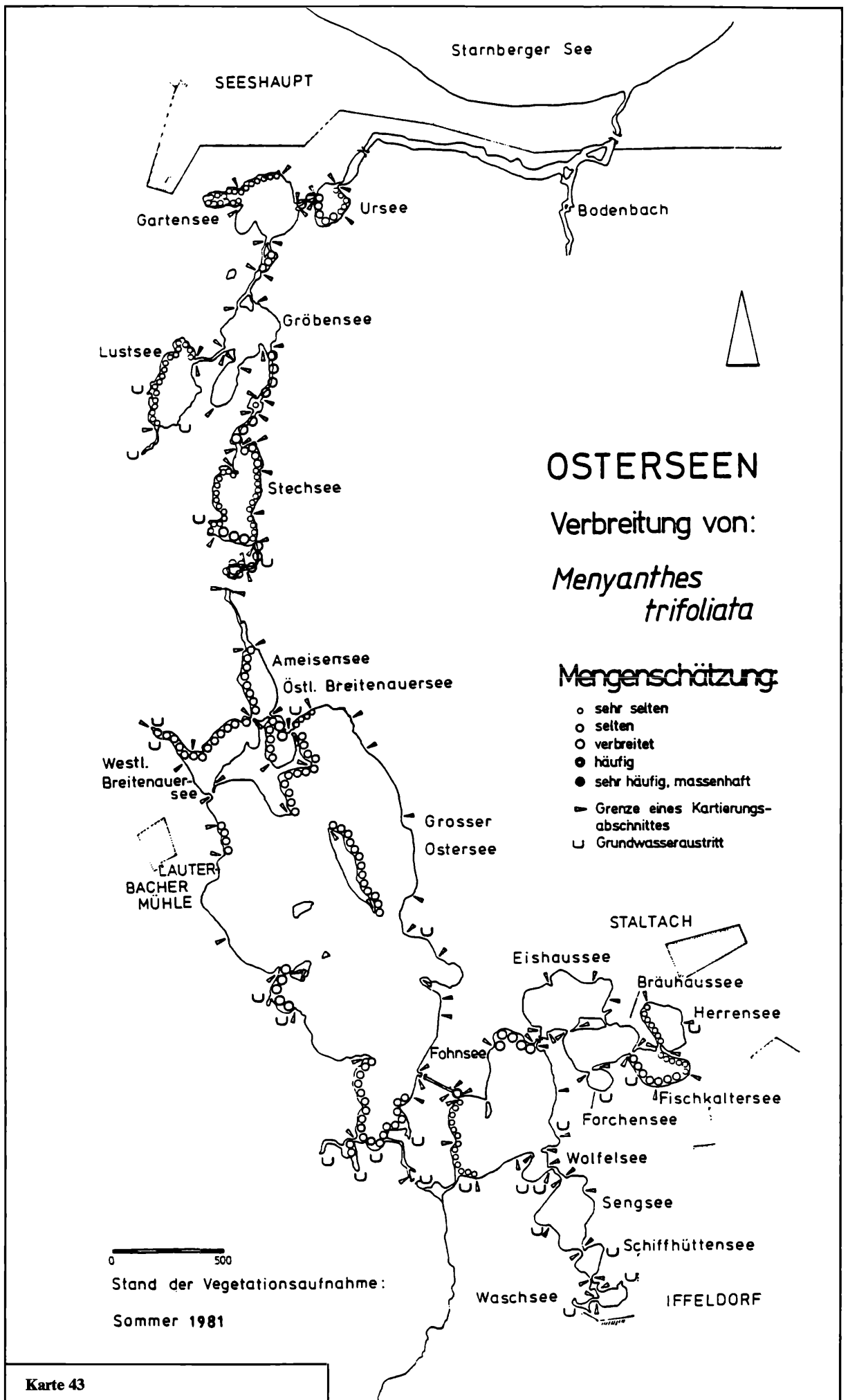
## Mengenschätzung:

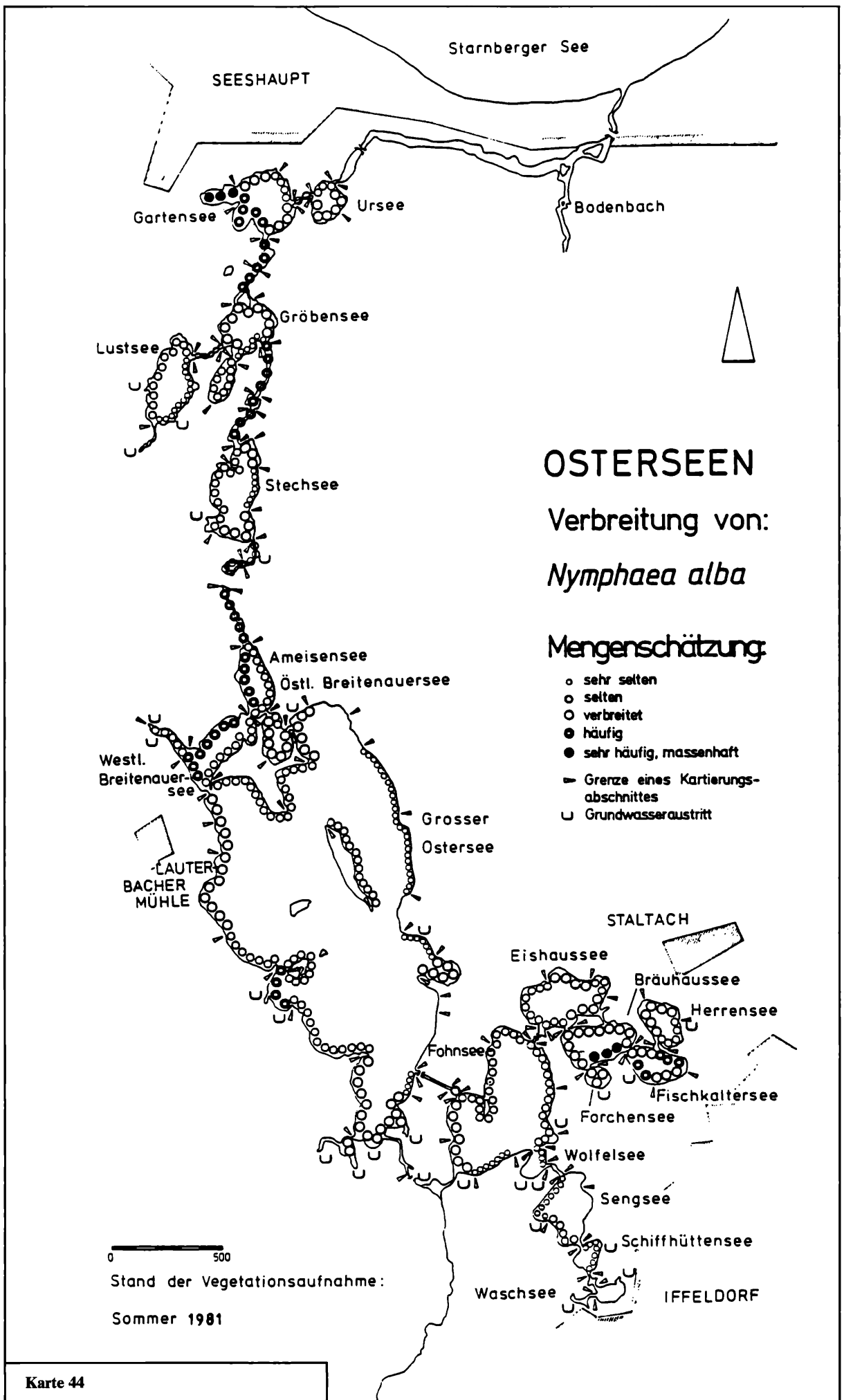
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ⊂ Grundwasseraustritt

0 500

Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981





SEESHAUPT

Starnberger See

Gartensee

Ursee

Bodenbach

Gröbensee

Lustsee

Stechsee

Ameisensee

Östl. Breitenauersee

Westl. Breitenauersee

Grosser Ostersee

LAUTERBACHER MÜHLE

STALTACH

Eishaussee

Bräuhäussee

Herrensee

Fischkaltersee

Forchensee

Wolfensee

Sengsee

Schiffhüttensee

Waschsee

IFFELDORF

# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Nymphaea alba*

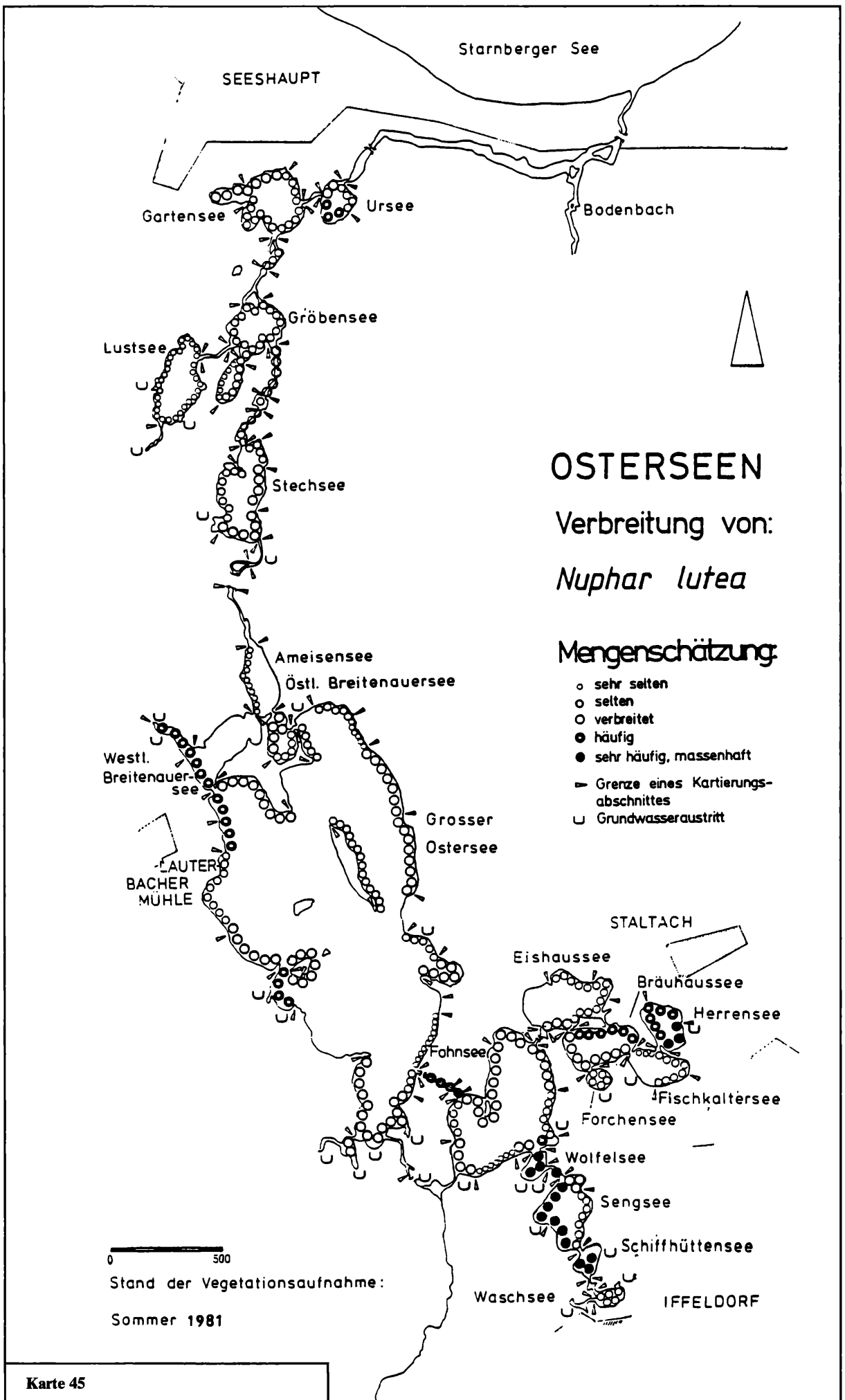
## Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- ▴ Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ⊂ Grundwasseraustritt

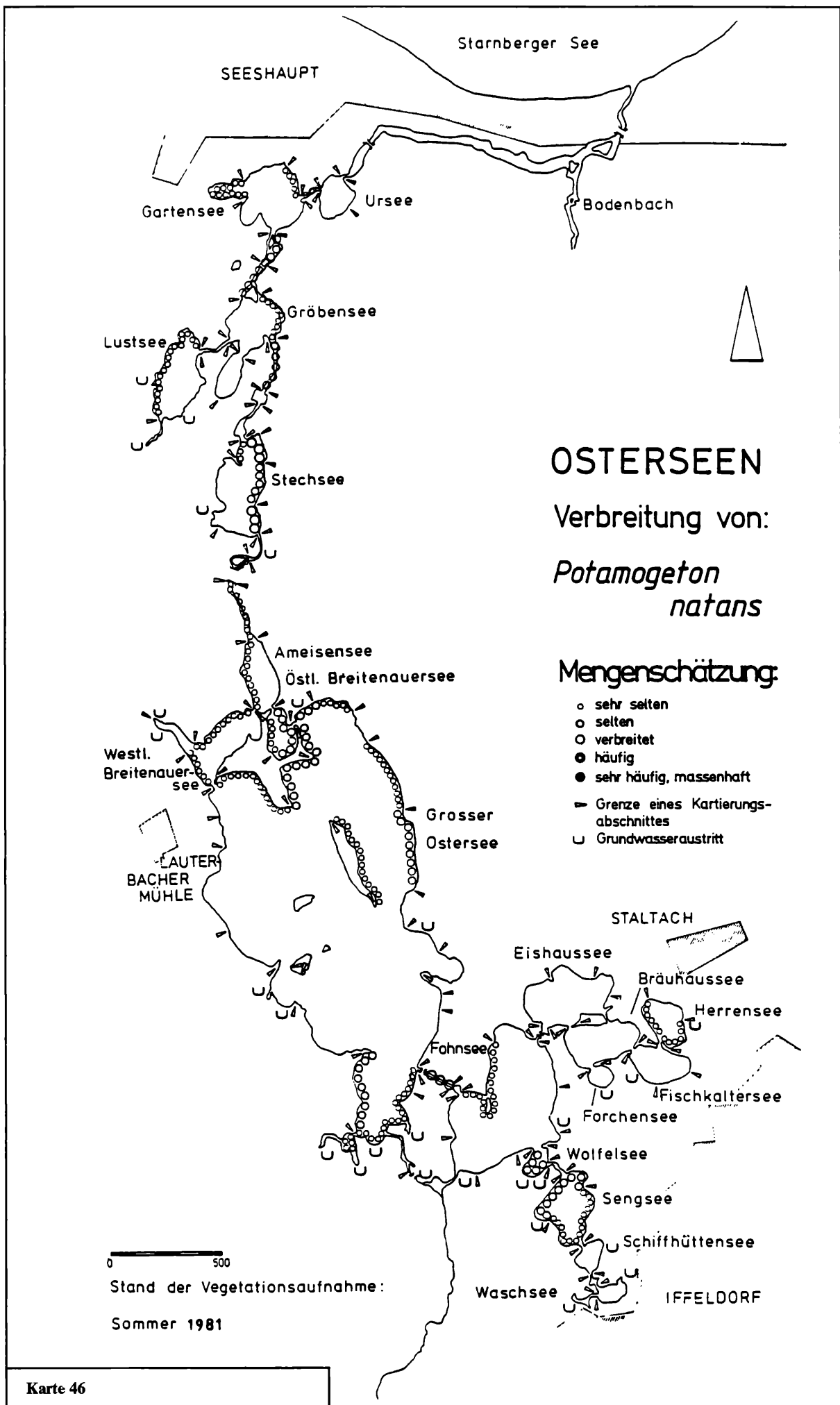
0 500

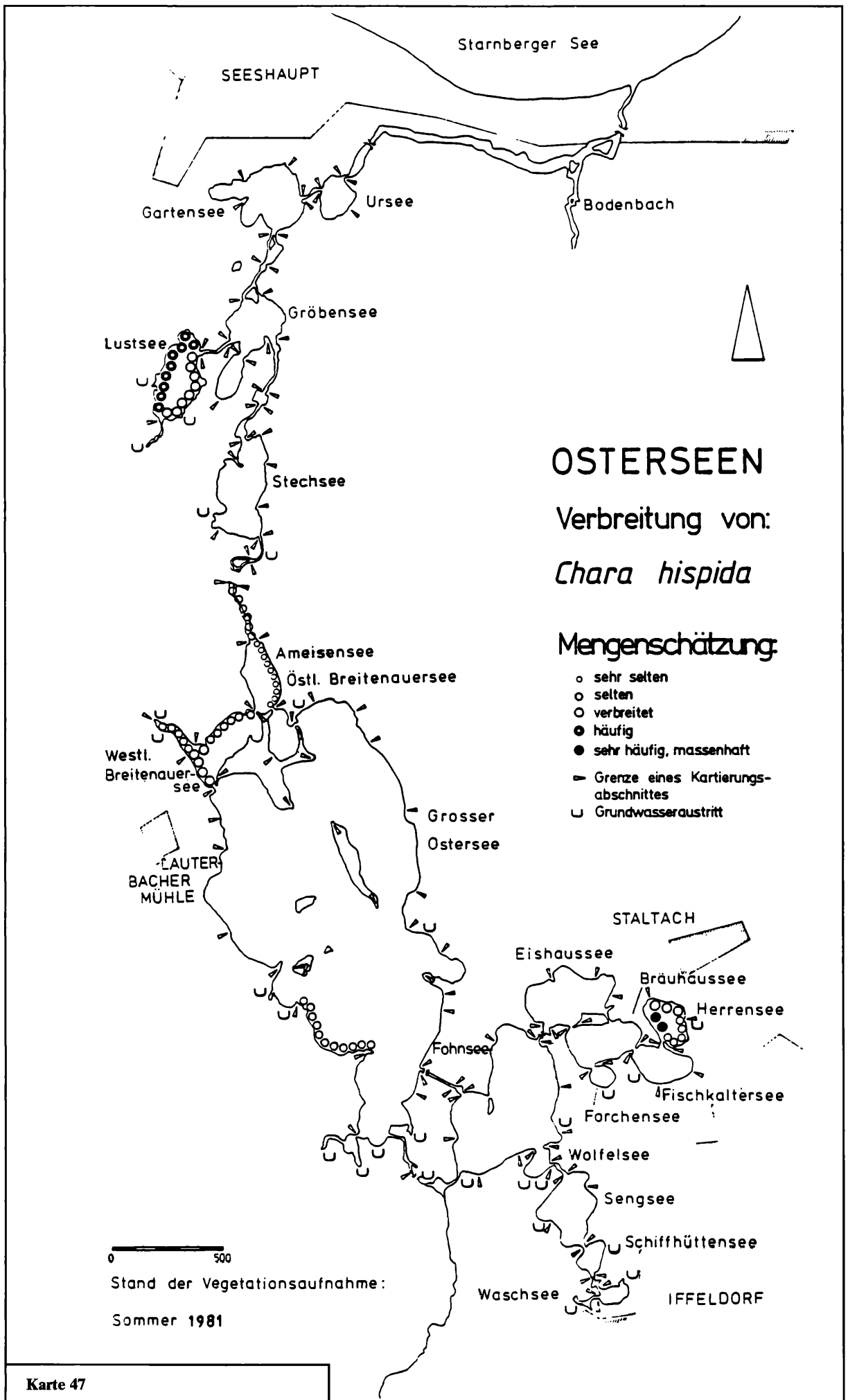
Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981

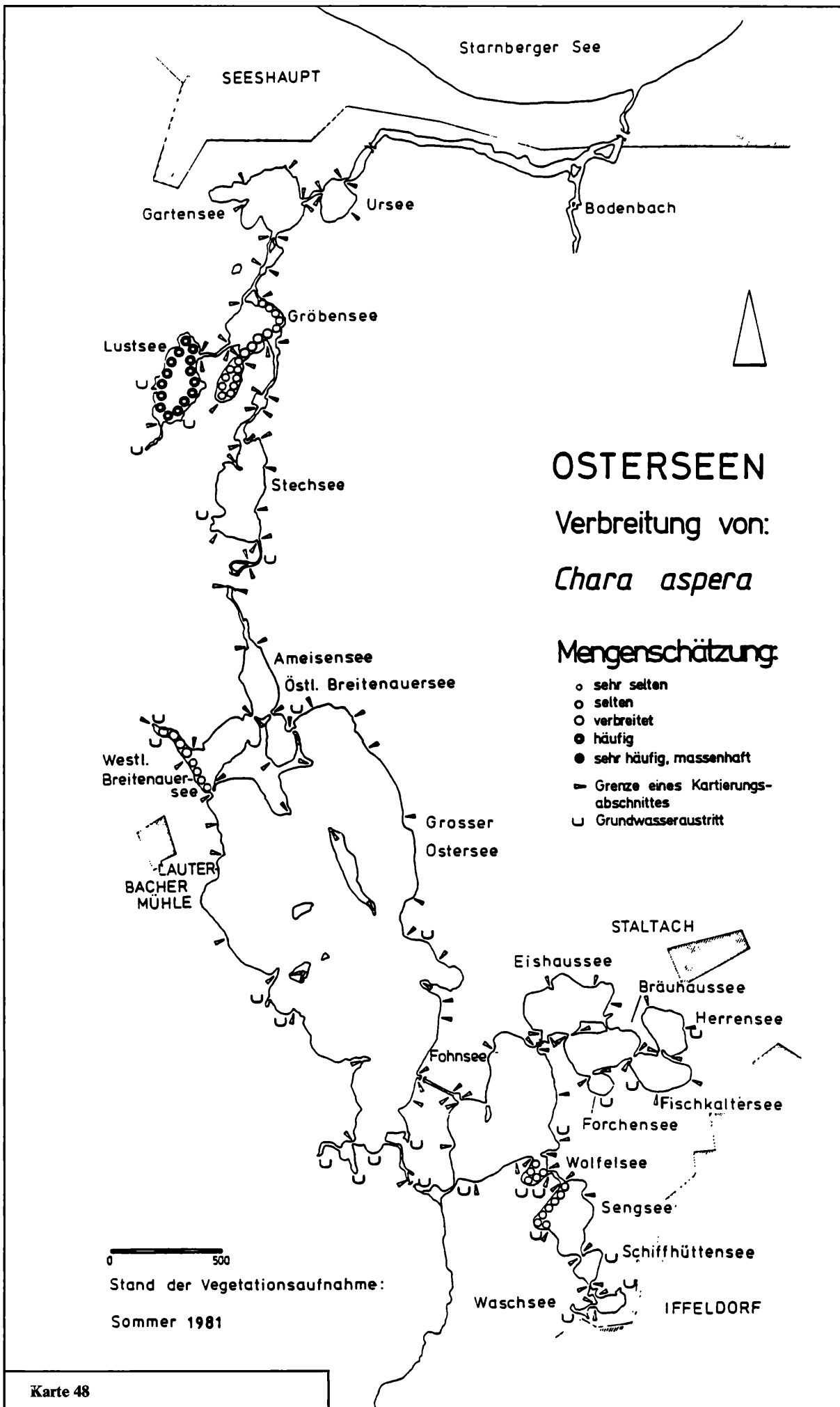


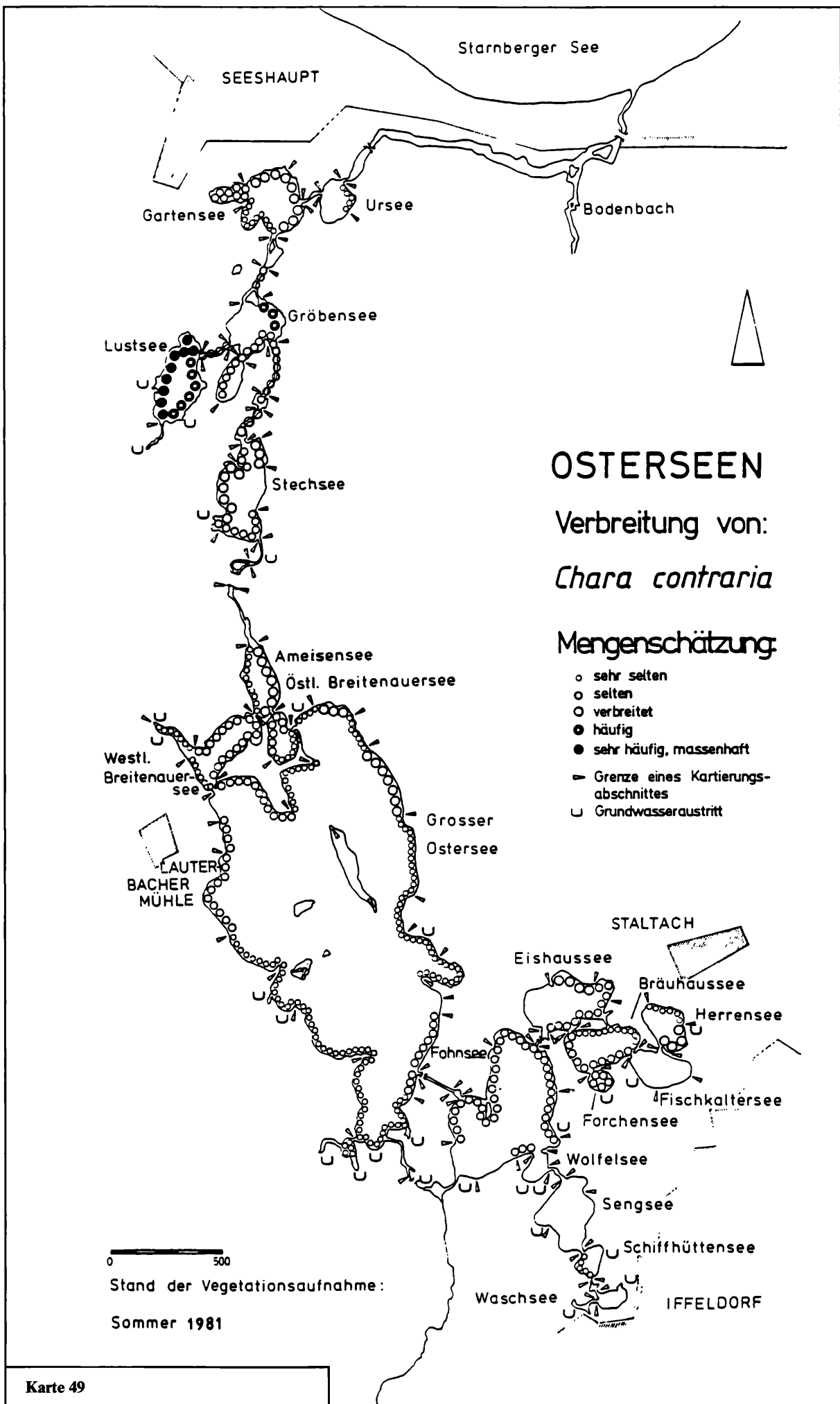




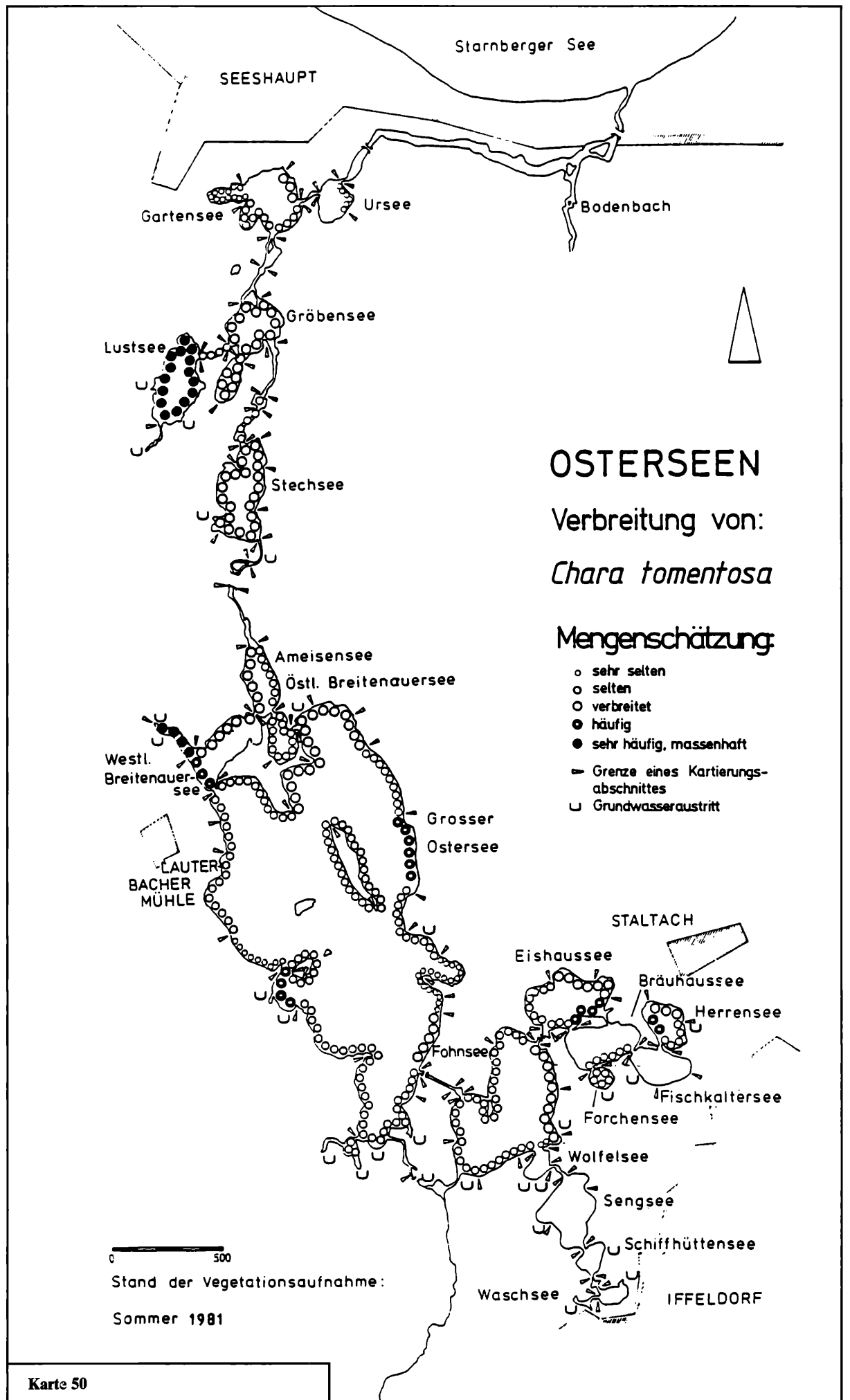


Karte 47





Karte 49



SEESHAUPT

Starnberger See

Gartensee

Ursee

Bodensch

Gröbensee

Lustsee

Stechsee

Ameisensee

Östl. Breitenauersee

Westl. Breitenauersee

Grosser Ostersee

LAUTERBACHER MÜHLE

STALTACH

Eishaussee

Bräuhäusersee

Herrensee

Fohnsee

Fischkältersee

Forchensee

Wolfensee

Sengsee

Schiffhüttensee

Waschsee

IFFELDORF

# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Chara tomentosa*

## Mengenschätzung:

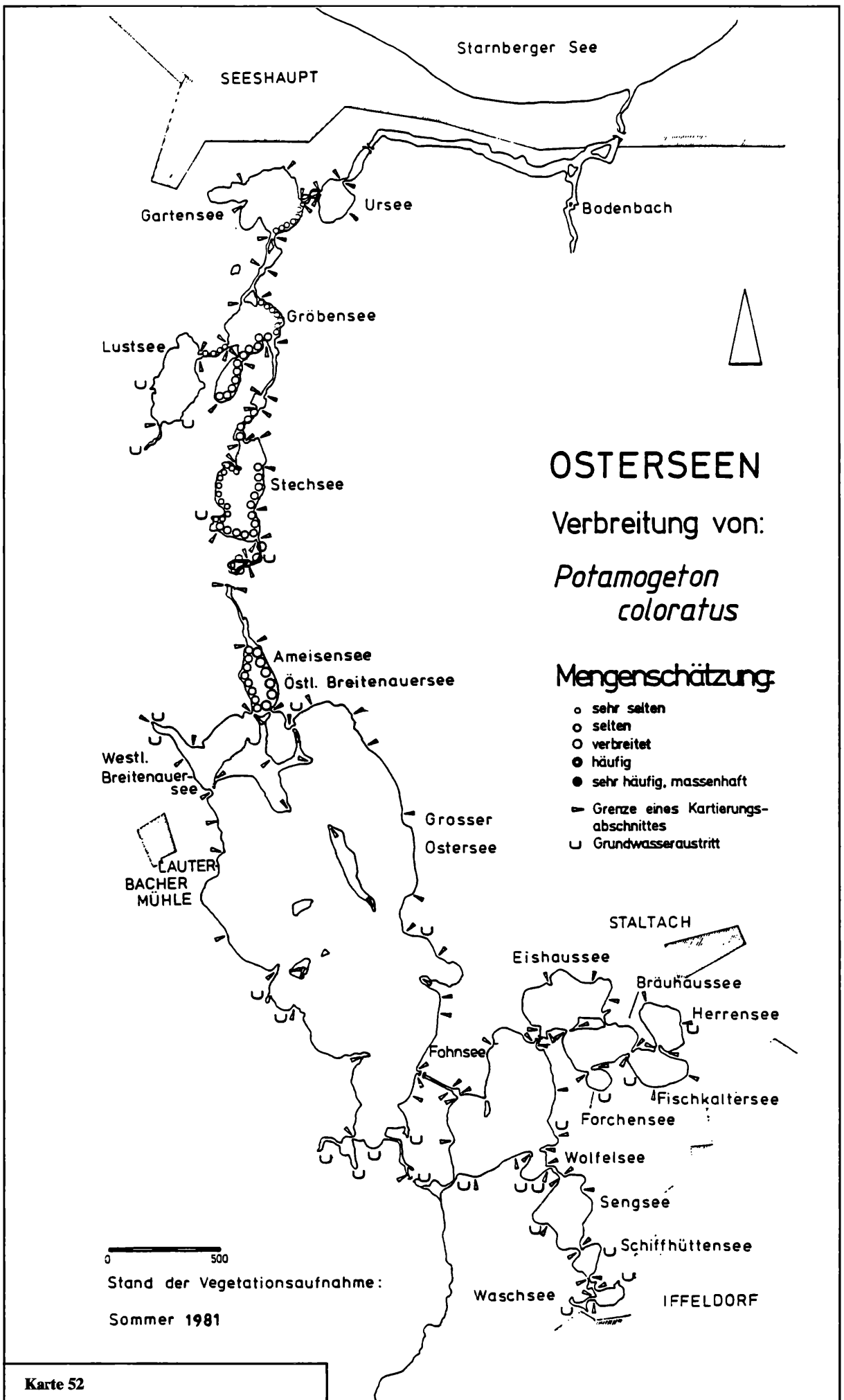
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ⊔ Grundwasseraustritt

0 500

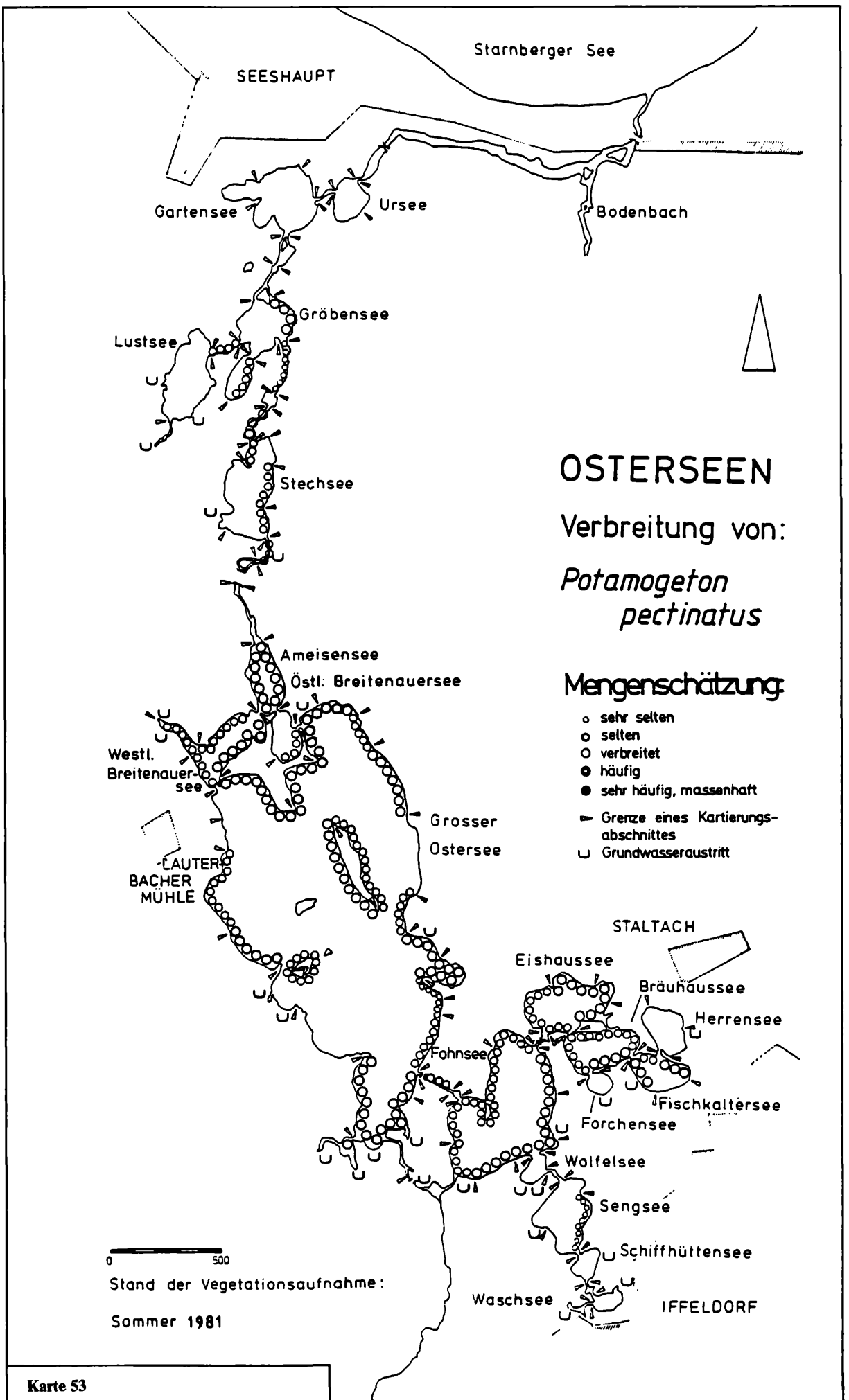
Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981





Karte 52

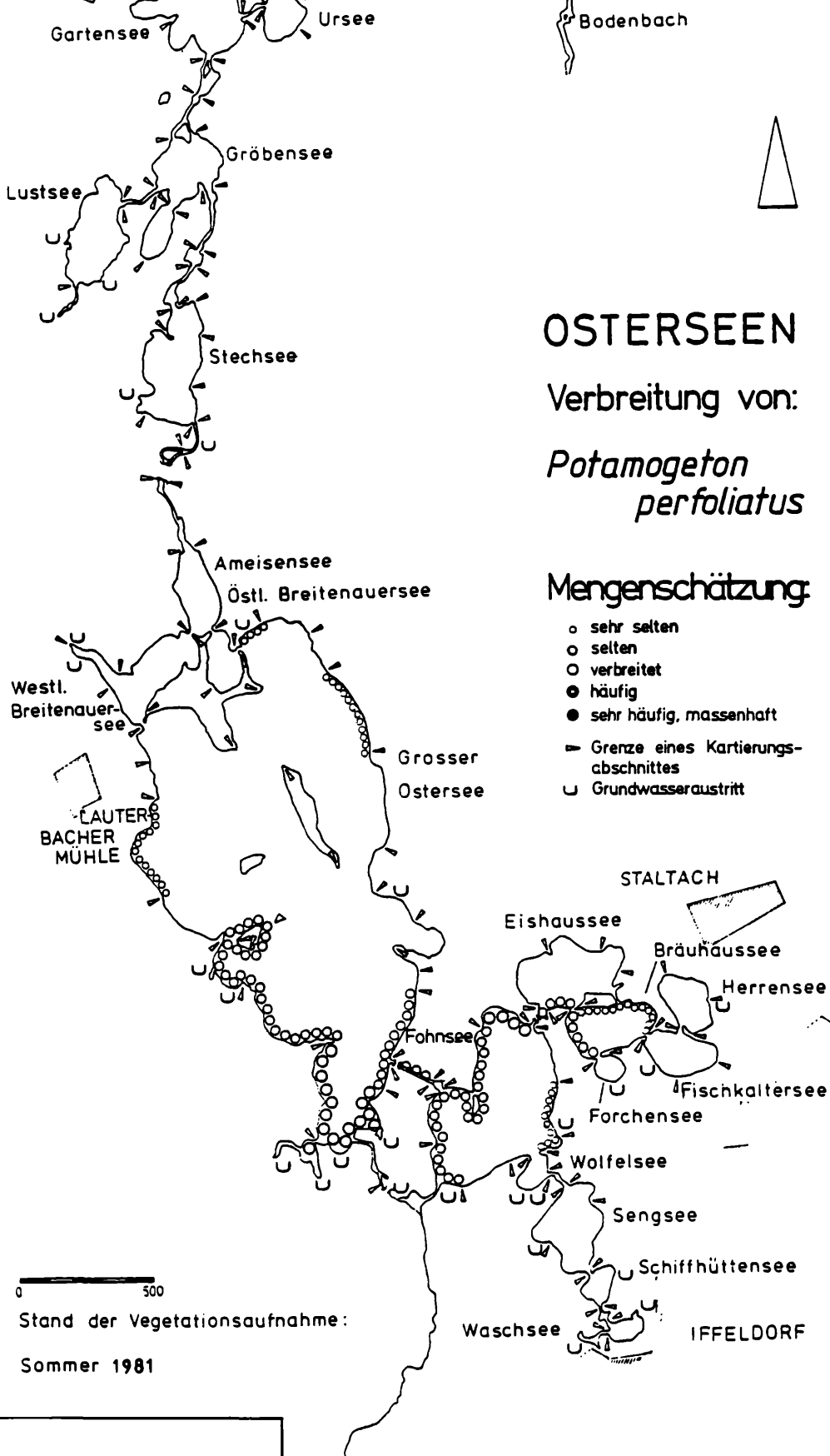


Karte 53



Starnberger See

SEESHAUPT



# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Potamogeton perfoliatus*

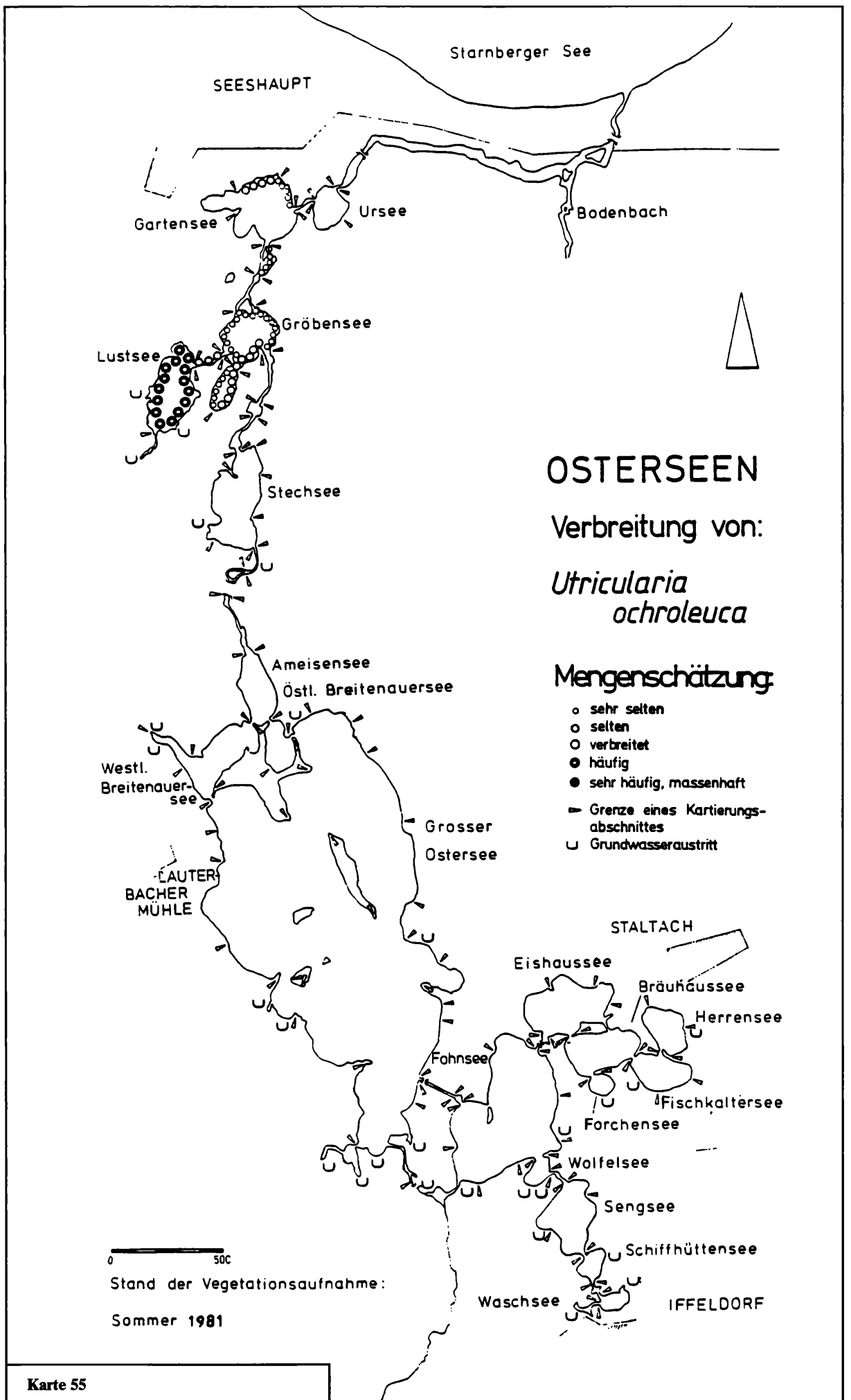
## Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- ▴ Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ⊂ Grundwasseraustritt

0 500

Stand der Vegetationsaufnahme:

Sommer 1981



Starnberger See

SEESHAUPT

Gartensee

Ursee

Bodenbach

Gröbensee

Lustsee

Stechsee

Ameisensee

Östl. Breitenauersee

Westl. Breitenauersee

Grosser Ostersee

LAUTER BACHER MÜHLE

STALTACH

Eishaussee

Bräuhäussee

Herrensee

Fohnsee

Fischkaltërsee

Forchensee

Wolfensee

Sengsee

Schiffhütensee

Waschsee

IFFELDORF



# OSTERSEEN

Verbreitung von:

*Utricularia minor*

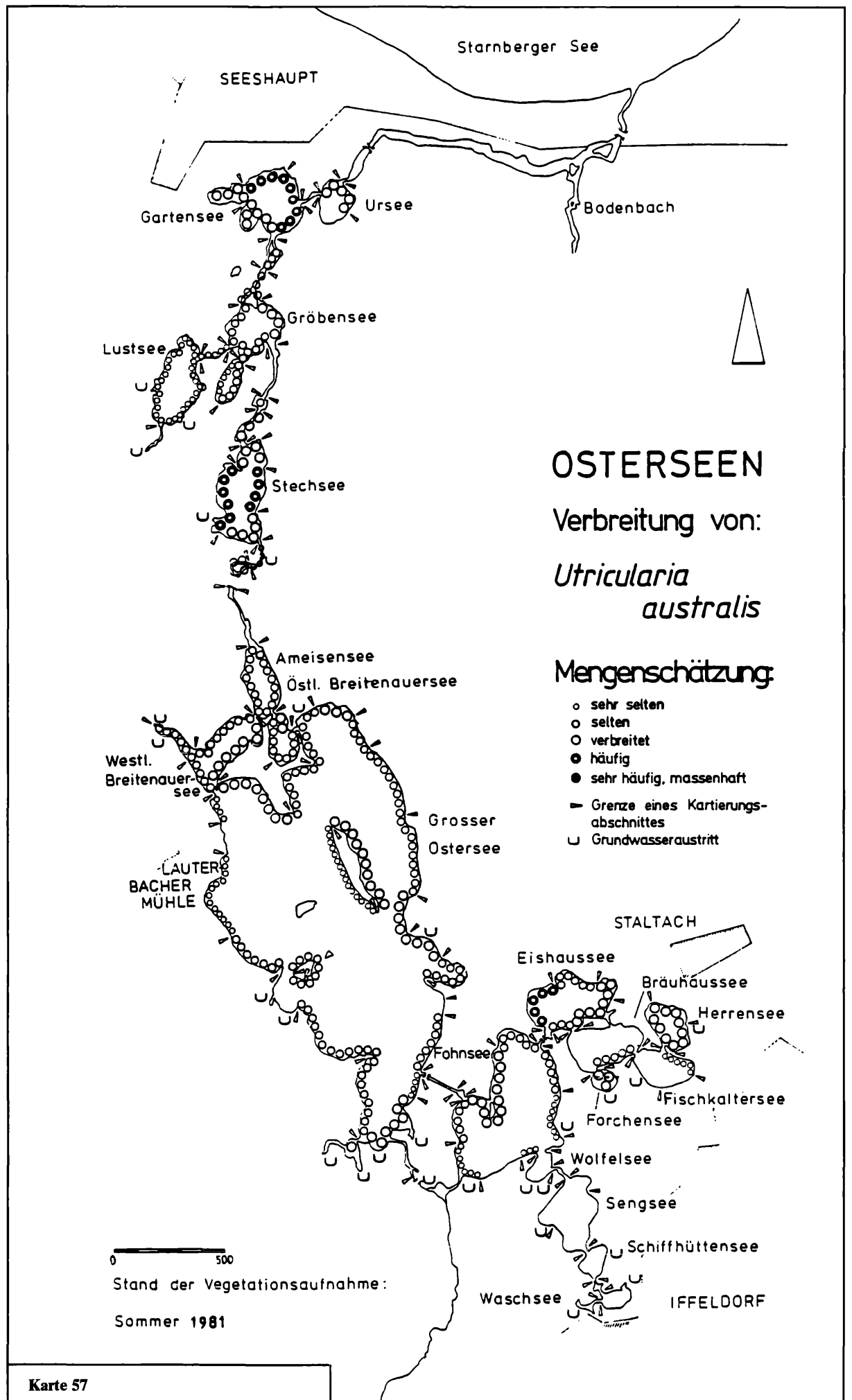
## Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- sehr häufig, massenhaft
- Grenze eines Kartierungsabschnittes
- ⊔ Grundwasseraustritt

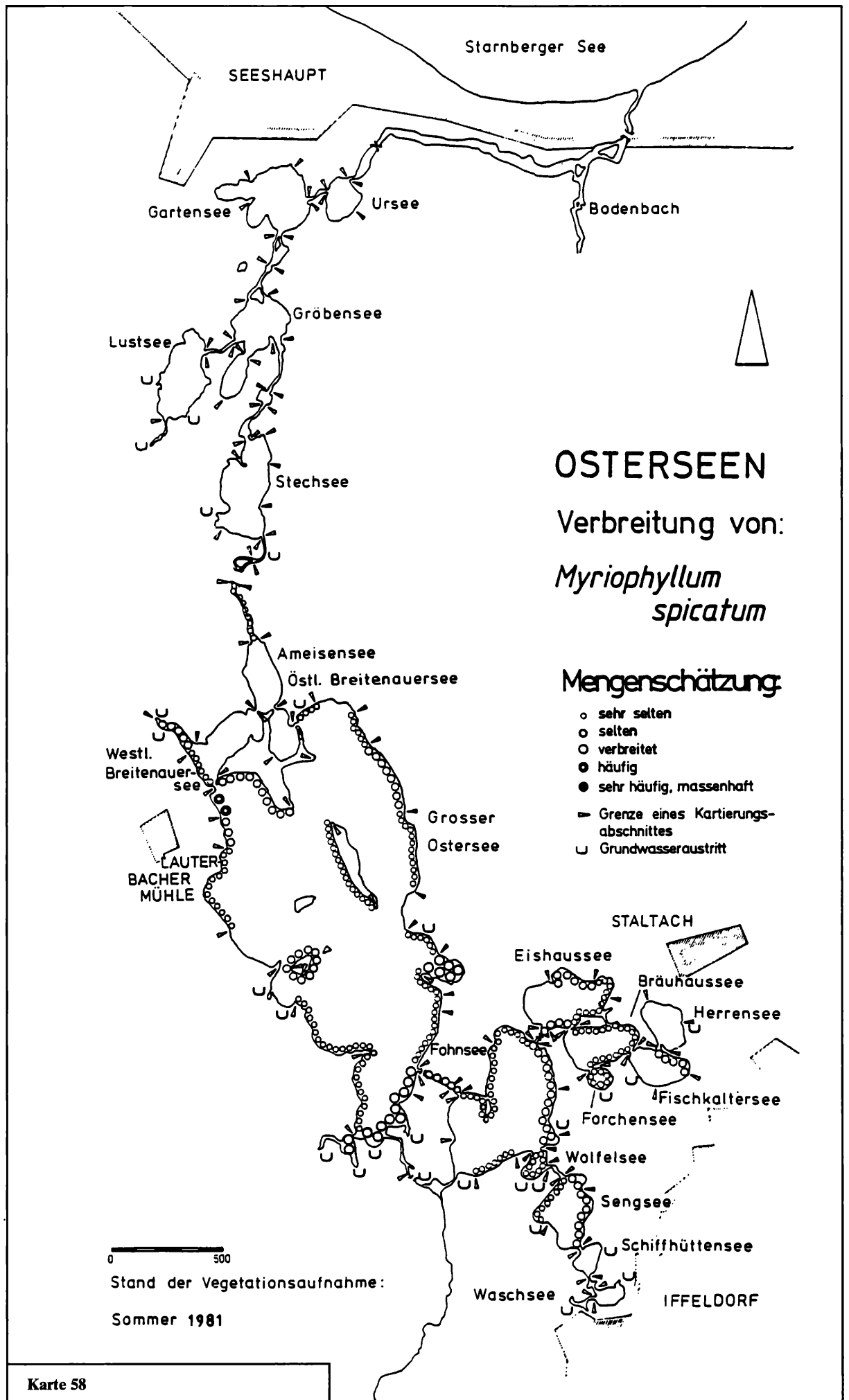
0 500

Stand der Vegetationsaufnahme:

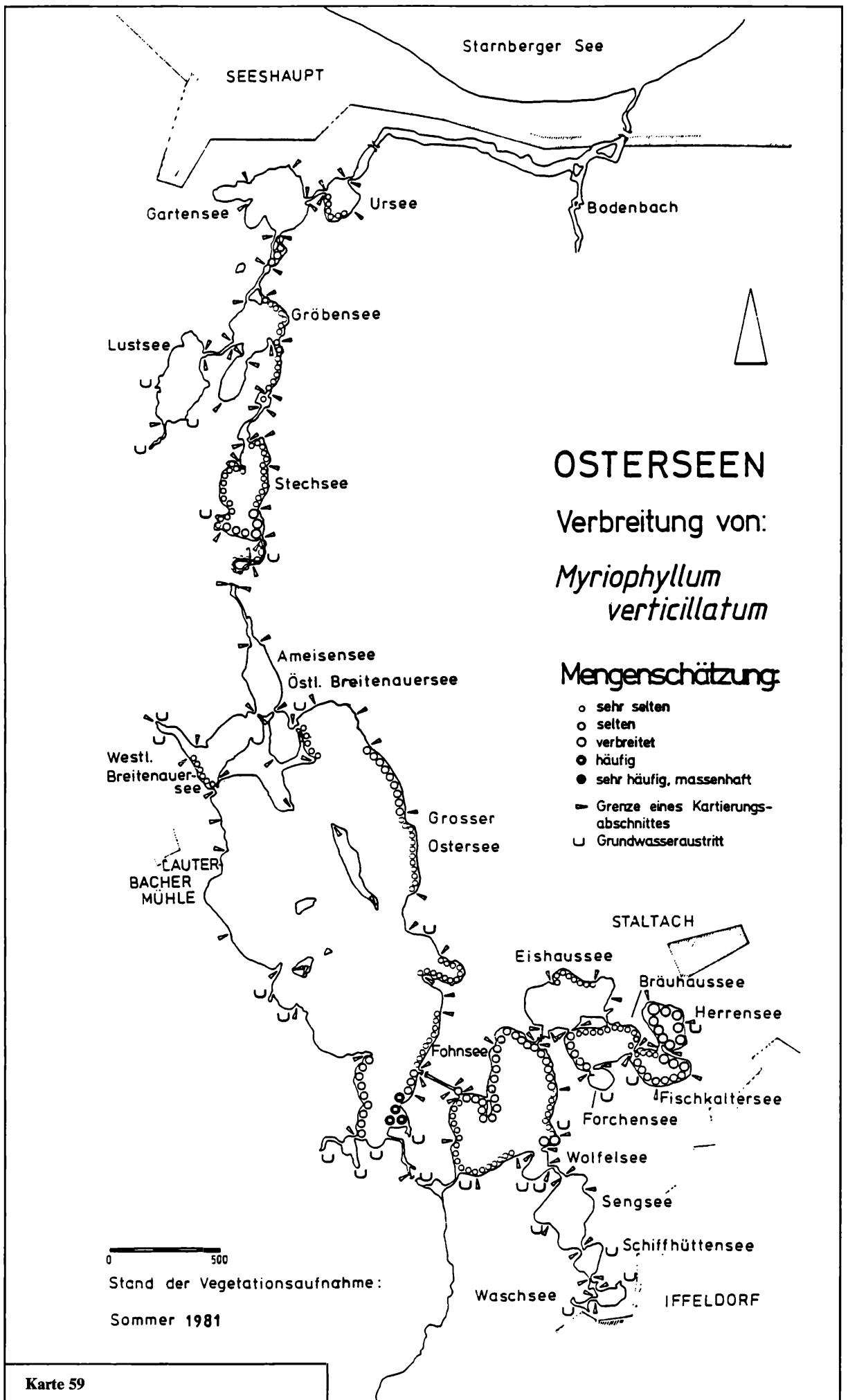
Sommer 1981

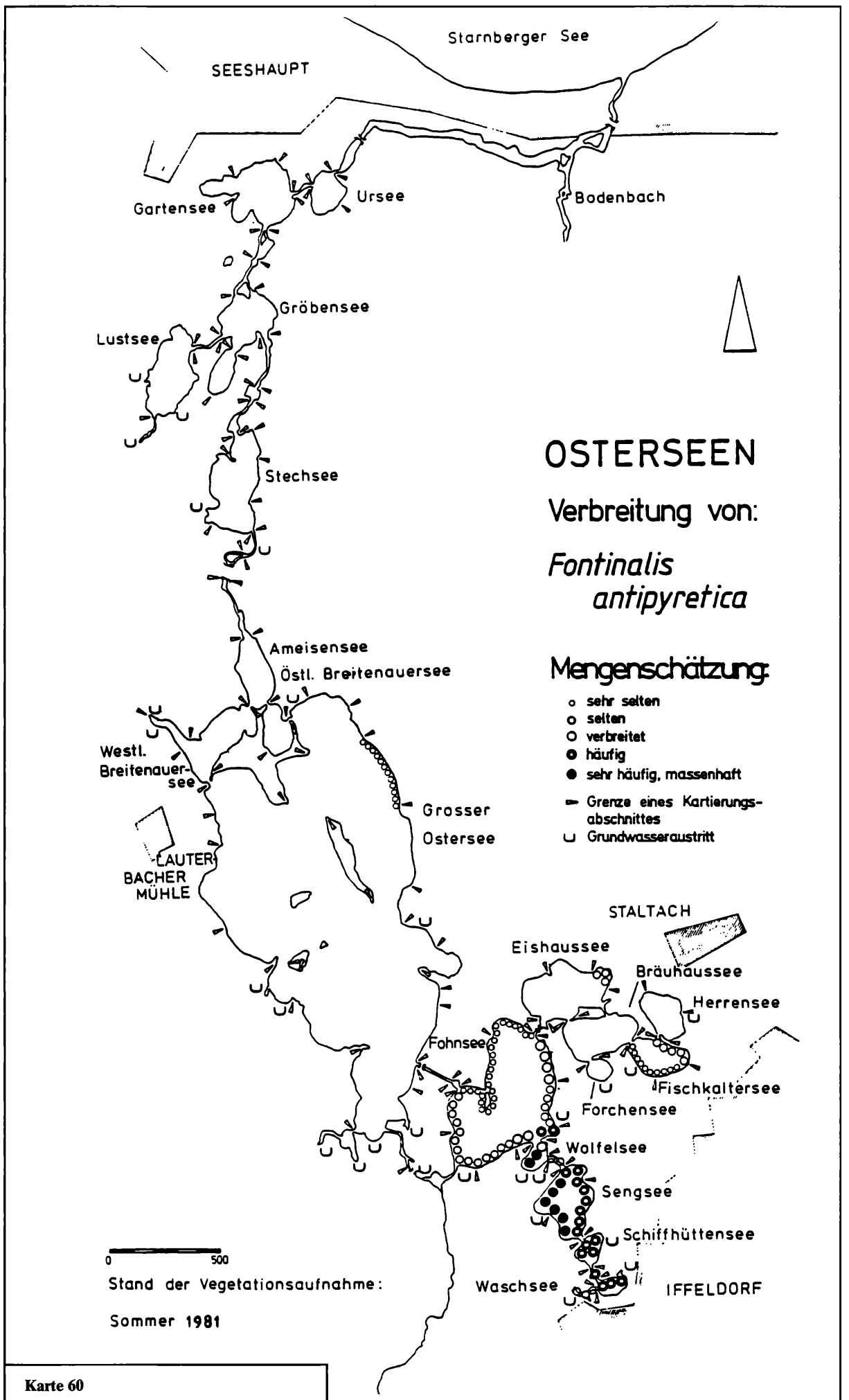


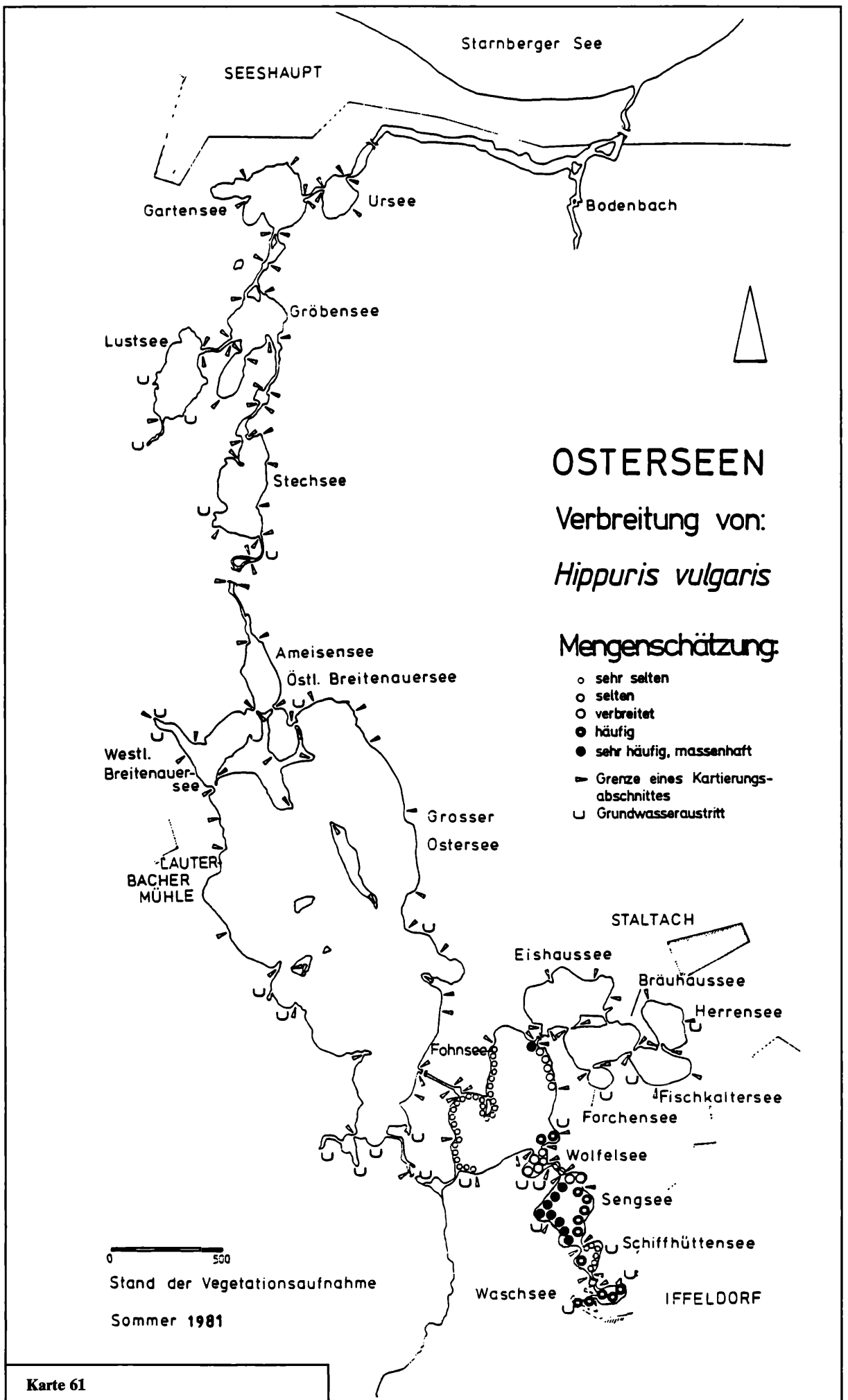
Karte 57



Karte 58









gegangen war die Häufigkeit der Art dagegen im Gröbensee. Aus dem Garten-, Stech- und Ameisensee verschwand die Art ganz.

In einer viel größeren Anzahl von Seen kommen *Chara contraria* (Karte 49), *Ch. tomentosa* (Karte 50) und *Ch. intermedia* (Karte 51) vor. Sie besiedeln nicht nur die Seen, in denen die anspruchsvollen Arten *Ch. hispida* und *Ch. aspera* vorkommen, sondern alle übrigen mit Ausnahme der belasteten Grundwasserseen bei Iffeldorf (Waschsee, Schiffhüttensee und Sengsee) sowie des Fischkaltersees.

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse des Jahres 1975 mit denen des Jahres 1981 so fällt eine deutliche Zunahme der Art *Chara contraria* auf. Das trifft weniger für die nördliche Seengruppe zu, als vielmehr für die mittlere und südöstliche Seengruppe. Im großen Ostersee und Fohnsee nahm die Zahl der Abschnitte, in denen die Art gefunden wurde deutlich zu und im Eishaussee, Bräuhausee sowie dem Schiffhüttensee trat die Art erstmals auf. Auch *Chara tomentosa*, eine der häufigsten *Chara*-Arten im Osterseengebiet, die mit anderen Arten auch unter Wasser kaum zu verwechseln ist, konnten wir im Bräuhausee im Jahre 1981 nachweisen, während sie MELZER (1976) für diesen See nicht angibt. Für *Chara intermedia* trifft dasselbe zu. Letztere Art dominierte 1975 zusammen mit *Ch. hispida* und *Ch. tomentosa* in Tiefen unterhalb von 8 m im Lustsee absolut, war im Gegensatz zu diesen beiden Arten aber sechs Jahre später im Lustsee nicht mehr anzutreffen. Auch häufige Vorkommen im Stechsee verschwanden innerhalb dieses Zeitraums.

Innerhalb der Gruppe der *Characeen* ist auf ein Massenvorkommen von *Nitella opaca* im Sengsee hinzuweisen. Die Art gedeiht auch noch in den südlich und nördlich benachbarten Seen (Schiffhütten- und Wolfsee). MELZER (1976) belegte nur ein Vorkommen im Sengsee, wobei damals wegen der schlechten Sichttiefen an diesem See nicht getaucht, sondern die Vegetationskartierung durch ein Hochholen von Pflanzen mit Rechen vom Boot aus durchgeführt wurde. Darauf dürfte das Übersehen dieses Massenvorkommens im Stechsee zurückzuführen sein. Die seltenen Vorkommen von *Chara fragilis* und *Ch. vulgaris* konnten wir im Vergleich zu MELZER (1976) bestätigen. Nicht mehr gefunden werden konnte *Tolypella glomerata* während *Chara delicatula* (im Stechsee) neu für die Osterseen nachgewiesen werden konnte. In beiden Fällen handelte es sich um sehr spärliche Einzelvorkommen, so daß ein Übersehen der Arten zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten nicht auszuschließen ist.

Innerhalb der Gruppe der Laichkräuter weist das Gefärbte Laichkraut (*Potamogeton coloratus* Karte 52) eine enge Bindung an die unbelasteten Seen der nördlichen Osterseengruppe auf. Diese Art wird durch eine Gewässereutrophierung besonders stark in Mitleidenschaft gezogen, so daß es nicht verwundert, daß heute nur noch wenige Standorte dieser Art bekannt sind (vgl. KOHLER et al. 1971, 1973). Neben einer Nährstoffarmut der Siedlungsgewässer bevorzugt die Art zudem langsam fließende Gewässer. Beide Faktoren sind im Osterseengebiet im Bereich der Verbindungskanäle zwischen den nördlichen Osterseen gegeben. Früher (MELZER, 1976) waren dort allerdings noch wesentlich üppigere Be-

stände zu finden, als das während unserer Untersuchungen der Fall war. Aus dem Östlichen Breitenauersee verschwand die Art nach 1975 völlig. Ob das damit zusammenhängt, daß dieser See derjenige mit dem südlichsten und damit orts nächsten Fundort ist, kann nicht beantwortet werden. Auf jeden Fall wäre es aufschlußreich, die Verbreitung der Art kontinuierlich zu dokumentieren und mit wasserchemischen Daten zu vergleichen.

An den Osterseen kommt das Gefärbte Laichkraut bis in Tiefen von 3 m vor. Pflanzen aus diesen Tiefen unterschieden sich von solchen aus flachem Wasser sowohl in Blattform wie auch in Blattfarbe. Zusätzliche morphologische Variationen bedingten Fließ- bzw. Stillwasserverhältnisse.

Das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus* Karte 53), ist in den Osterseen weit verbreitet, ohne aber irgendwo massenhaft oder häufig vorzukommen. Die Art gedeiht vornehmlich in 1-2 m Wassertiefe auf zumeist sandigem Untergrund. Die Grundwasserseen werden von der Art allesamt gemieden (Waschsee, Sengsee, Schiffhüttensee und Lustsee) was eine Vorliebe der Art für höhere sommerliche Wassertemperaturen andeutet. An anderen Seen erfuhr das Kamm-Laichkraut durch den Eintrag von Pflanzennährstoffen eine immense Biomassenförderung (vgl. LANG 1968, LACHAVANNE und WATTENHOFER 1975). An den Osterseen, an denen die lückerig wachsenden Pflanzen kaum größer als 30 cm werden, ist mit solchen Massenentfaltungen nach Fertigstellung der Ortskanalisation in Iffeldorf und Staltach mit Sicherheit nicht zu rechnen. Gegenüber 1975 traten im Verbreitungsmuster kaum Veränderungen auf, die Unterschiede in der Mengenschätzung schwankten zumeist nur um eine Stufe.

Das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus* Karte 54) rückt mit seinem Verbreitungsschwerpunkt näher an die Ortschaften im Süden heran, ohne aber die südlichen Grundwasserseen zu besiedeln. In den Seen nördlich des Großen Ostersees fehlt die Art völlig. Bevorzugt wird von *Potamogeton perfoliatus* der Tiefenbereich zwischen 2 und 4 m Tiefe. Da dieser Bereich in fast allen Fällen auf der steil abfallenden Uferbank liegt, bleibt die für eine Besiedlung zur Verfügung stehende Fläche sehr klein. Ausgedehnte und üppige Bestände, wie sie für diese Art häufig beschrieben werden (vgl. LACHAVANNE und WATTENHOFER 1975), fehlen daher in den Osterseen.

Die übrigen Laichkrautarten, die wir an den Osterseen nachweisen konnten, sind nur noch spärlich vertreten. So gedeiht das Glänzende Laichkraut (*Potamogeton lucens*) in dem zwischen Stech- und Gröbensee gelegenen, nur 0,3 ha großen Lintensee, sowie in den zu diesen beiden Seen führenden Kanälen und auch in dem, der den Gröbensee mit dem Gartensee verbindet. Im Lintensee dominiert das Glänzende Laichkraut unter den submersen Arten absolut.

Nie große Häufigkeiten erreicht das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*), aber es war in einer Reihe von Seen zu finden. In den Seen nördlich des Großen Ostersees trat die Art nur noch im Ursee, dem letzten See der Seenkette sporadisch auf. In den südlichen Seen fehlte die Art im Herrensee, Eishaussee, Schiffhütten- und Waschsee.

Für die restlichen Laichkrautarten findet sich in der Artenliste der Hinweis, in welchem See die jeweilige Art gefunden wurde.

Im Gegensatz zu vielen anderen Seen spielen an den Osterseen Wasserhahnenfuß-Arten keine Bedeutung hinsichtlich der Artenvielfalt oder der Biomassenentwicklung. Der Spreizende Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) gedieh nach unseren Beobachtungen in den Kanälen zwischen Fohn- und Ostersee sowie zwischen Wasch- und Schiffhüttensee. Einige Exemplare besiedelten auch den Waschsee selbst.

Unter den submersen Arten des Osterseegebietes kommt den Wasserschlauch-Arten eine wichtige Indikatorfunktion zu. Ausschließlich in den nördlichen Seen gedeihen der Ockerfarbene Wasserschlauch (*Utricularia ochroleuca* Karte 55), der heute zu den seltensten heimischen Wasserpflanzen gehört, sowie der Kleine Wasserschlauch (*Utricularia minor* Karte 56). Letztere Art weist auch ein Vorkommen in der südöstlichen Seengruppe auf, wobei im Jahr 1975 (MELZER 1976) nur der Herrensee als Standort aufgeführt wurde. Die Funde im Fischkaltersee, Eishaussee und Forchensee sind dagegen neu. Sicher scheint auf jeden Fall zu sein, daß diese beiden Wasserschlaucharten keine starken Gewässerbelastungen ertragen. Bei der Zartheit ihres Wuchses wird es klar, daß sie jede Art von Algenaufwuchs nicht lange tolerieren könnten, ohne absterben. Bei *Utricularia ochroleuca* konnten zwei sehr häufige bzw. häufige Vorkommen im Gröbensee gegenüber den Untersuchungen von MELZER nicht mehr nachgewiesen werden, im Lustsee schätzen wir die Menge der Art um eine Stufe niedriger ein.

Der Südliche Wasserschlauch (*Utricularia australis* Karte 57) übertrifft die beiden vorher erwähnten Arten an Größe und Robustheit bei weitem. Daher verwundert es nicht, daß die Art auch andere, als die nährstoffarmen Seen des Gebietes besiedelt. Sie fehlt nur in den drei nährstoffbelasteten Seen bei Iffeldorf (Waschsee, Schiffhüttensee, Sengsee). Im eutrophen Fischkaltersee waren nur in einem Abschnitt wenige Exemplare zu finden.

Der Vergleich zum Verbreitungsbild des Jahres 1975 (MELZER 1976) zeigt, daß ein Massenvorkommen der Art am Nordende des Stechsees verschwunden ist. Nach Beobachtungen des Jahres 1985 trat dort inzwischen keine Regeneration der ehemals große Flächen des Gewässergrundes bedeckenden Art ein. Im Eishaussee sowie im Fohnsee nahm die Häufigkeit der Art zu.

Bei den im Osterseegebiet vorkommenden Tausendblatt-Arten, dem Ährigen Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum* Karte 58) und dem Quirlblättrigen Tausendblatt (*Myriophyllum verticillatum* Karte 59) war im Jahr 1975 kein wesentlicher Unterschied im Verbreitungsbild festzustellen. Bis zum Jahr 1981 hatte sich dieser Zustand grundlegend verändert. Im Gegensatz zu *Myriophyllum spicatum* konnten *M. verticillatum* nämlich auch alle nördlichen Seen besiedeln, in denen sie 1976 mit keinem einzigen Exemplar vorkamen. Wie wir im Jahr 1985 feststellen konnten, hat sich die Art in diesen Seen noch stärker ausgebreitet. An manchen Stellen waren massenhafte Vorkommen auszumachen. Ein Grund für dieses Überhandnehmen ist nicht ersichtlich. In den kommenden Jahren sollte man aber

sorgsam auf die weitere Entwicklung dieser großwüchsigen Art achten, da sie konkurrenzschwache Vertreter der submersen Flora völlig unterdrücken kann.

Bisher wurden Arten beschrieben, die ausschließlich oder überwiegend in den extrem nährstoffarmen oder mäßig nährstoffreichen Seen des Osterseegebietes vorkommen. Es gibt aber auch solche, die ausschließlich die nährstoffreichen Seen bei Iffeldorf und Staltach besiedeln. Dabei muß man zwischen zwei Artengruppen unterscheiden. Eine ist typisch für die belasteten Grundwasserseen (Waschsee, Schiffhüttensee, Sengsee), die andere für die belasteten Seen ohne Grundwasserzutritt (Fischkaltersee, Bräuhaussee). Zu ersterer gehören das Gemeine Quellmoos (*Fontinalis antipyretica* Karte 60) und der Gemeine Tannenwedel (*Hippuris vulgaris* Karte 61). Beide kommen in den südlichen Grundwasserseen in großer Menge vor. Wie andere Moose auch, ist *Fontinalis antipyretica* auf CO<sub>2</sub> als Kohlenstoffquelle bei der Photosynthese angewiesen. Freies CO<sub>2</sub> kommt bei Seen mit hohem Kalkgehalt aber nur dort vor, wo kohlenstoffreiches Grundwasser zu Tage tritt. Das ist an diesen Seen gegeben. Am Lustsee dürfte dieses Moos wegen der extremen Nährstoffarmut fehlen. Gegenüber 1975 fällt auf, daß das Gemeine Quellmoos auch sporadisch im Fischkaltersee und Eishaussee zu finden waren. Die Vorkommen im Fohnsee dürften auf die Einschwemmung aus den südlichen Seen herrühren. Das Quellmoos kann sich wegen fehlender Wurzeln nicht auf dem weichen Gewässeruntergrund festhalten und treibt deshalb leicht ab, vor allem dann, wenn die Pflanzen durch photosynthetisch gebildete Sauerstoffbläschen einen Auftrieb erhalten. Verstärkt wird dieser durch häufig auftretende fädige Aufwuchsalgen, die ihrerseits Sauerstoff produzieren und zusätzlich ein Entweichen der Gasbläschen aus dem dichten Fadengeflecht verhindern.

Das Gemeine Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) ist eine typische eutraphente Art, die 1975 noch in großer Menge im Fischkaltersee und etwas weniger häufig im sich anschließenden Bräuhaussee gedieh. In allen anderen Seen fehlte sie. Die Förderung der Art durch Nährstoff wurde dadurch deutlich, daß sie im Fischkaltersee im Bereich der stärksten Belastung am üppigsten gedieh. Nach der Phosphatfällungsaktion in diesem See war ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Im Jahr 1981 wurde die Art im Bereich der Bootshäuser nur noch mit der Schätzstufe 3 (= verbreitet) bewertet. Aus dem Bräuhaussee konnten keine Funde mehr belegt werden. Im Jahr 1985 waren nur noch wenige an der Oberfläche treibende Exemplare auszumachen, von einer Behinderung des Bootsbetriebes, wie er 1975 noch beklagt wurde, konnte überhaupt keine Rede mehr sein. Zukünftige Beobachtungen werden zeigen, ob der Fischkaltersee, der 1985 nach eigenen Messungen nur noch durchschnittlich 35 µg Gesamt-P/l aufwies, noch weitere floristische Veränderungen durchmacht, die seine Nährstoffentlastung belegen. Eine andere eutraphente Art, die ausschließlich im Fischkaltersee, und zwar im Bereich der Bootshäuser vorkommt, ist die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*). Diese erreicht aber nur geringe Häufigkeiten. Das gilt auch für die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*), die sowohl im Fischkalter wie auch im Waschsee gedeiht. Da die

Art frei auf der Wasseroberfläche schwimmt, bevorzugt sie die Randbereiche zum Röhricht, wo sie noch am besten vor einem Abtreiben durch Wind und Wellen geschützt ist. Solchen Schutz findet die Art auch noch zwischen den großen Algenwatten, die im Sommer großflächig auf dem Waschsee treiben.

Zu erwähnen ist schließlich noch eine Artengruppe, deren Vorkommen ganz eng mit den unmittelbaren Bereichen der Quellaustritte verbunden ist. Dazu gehören *Agrostis stolonifera*, *Juncus articulatus* und *Mentha aquatica*. Letztere kommt zwar auch außerhalb der Quelltrichter vor, aber in diesen tritt sie ganz regelmäßig auf, wobei sich die Wassermintze an solchen Standorten durch eine kräftig dunkelviolette Färbung auszeichnet.

## 20. Der Rießersee

### 20.1 Allgemeine Angaben

Der knapp 500 m lange und maximal 90 m breite Rießersee liegt oberhalb Garmisch-Partenkirchens

Tabelle 5

Chemisch-physikalische Daten des Rießersees am 23.8.83

Tiefe m	Temp. °C	O <sub>2</sub> mg/l	pH	Leitf. µS	Ges.-Härte °dH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg N/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg N/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg N/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µg P/l	Ges.-P µg P/l
0	20,5	9,2	8,5	343	8,96	52,4	0,36	14,2	n.n.	31
2	20,2	6,4	8,5	274	8,96	79,1	0,41	7,0	7,8	30
3	18,7	0,5	8,1	285	9,52	207,67	0,35	8,7	13,2	33

Trotz seiner nur geringen Tiefe weist der Rießersee eine chemische Schichtung auf. Eine ausgeprägte thermische Schichtung fehlt dagegen. Besonders auffällig ist der starke Sauerstoffrückgang über Grund. Der Übergang zu anaeroben Verhältnissen wird auch durch steigende Gehalte an Ammonium und gelöstem Phosphat bestätigt. Es ist anzunehmen, daß diese über dem Grund angereicherten Nährstoffe durch Windeinwirkung in die durchlichtete Zone des Sees transportiert werden können und somit eine interne Düngung gegeben ist. Auch das Gründeln der zahlreichen Fische dürfte in der gleichen Richtung wirken. Die Gesamt-P-Gehalte des Wassers sind relativ niedrig, das Wasser mit ca. 9° dH als mittelhart einzustufen und die Pufferkapazität dadurch hoch.

### 20.3 Artenliste (Rießersee)

#### Röhrichtarten

*Carex elata* ALL.

Steif-Segge

*Juncus subnodulosus* SCHR.

Stumpfbültige Binse

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

in 785 m Höhe über NN. Die tiefste Stelle des Sees mißt nur 3,5 m. Seine Ufer wurden zum überwiegenden Teil durch Betonmauern und Spundwände befestigt; in natürlichem Zustand beließ man sie nur im Bereich der Südbucht des Sees. Am Ostufer liegt eine Badeanstalt mit Bootsverleih, im Norden ein Restaurant und Strandcafe. Immer wieder füttern von hier aus die zahlreichen Besucher des Sees die in großen Mengen eingesetzten Fische. Obwohl dem See im Südostbereich Quellwasser zuströmt, besitzt er im Sommer nur geringe Sichttiefen. Während der Untersuchung Ende August 1983 lag sie bei 1,5 m. Das Sediment des Sees besteht hauptsächlich aus einem mit organischem Material angereicherten Kalkschlamm. Im Bereich des Schwimmbades wurde Kies aufgeschüttet.

### 20.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Am Rießersee entnahmen wir am 23.8.1983 aus drei verschiedenen Wassertiefen Proben und bestimmten daraus einige Parameter. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt.

### 20.4 Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 62)

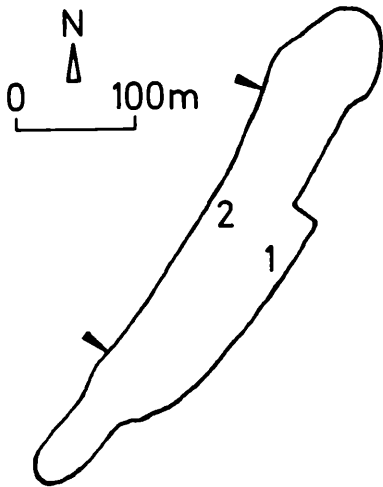
Neben wenigen anderen von uns untersuchten Seen, wie z. B. dem Eibsee oder dem Einbessee, gehört der Rießersee zu den Gewässern, denen Wasserpflanzen fast vollständig fehlen. Es kommen lediglich drei Röhrichtarten vor, von denen das Schilfrohr (*Phragmites communis*) im Bereich des unbefestigten Südufers noch relativ häufig (Schätzstufe 3) vertreten war. Die Steife Segge (*Carex elata*) fanden wir im gesamten Uferbereich, jedoch immer selten (Schätzstufe 2), die Stumpfbültige Binse (*Juncus subnodulosus*) mit nur wenigen Exemplaren im Abschnitt 1. Schwimmblattpflanzen und untergetauchte Arten kommen im Rießersee überhaupt nicht vor. Gründe dafür dürften die geringen Sichttiefen, der hohe Fischbesatz mit gründelnden Karpfen sowie der sehr intensive Bootsverkehr sein. Interessant wäre es zu wissen, ob im Rießersee früher eine artenreichere Vegetation vorhanden war und mit Einwirkung welcher Belastung sie verarmte.

## 21. Der Schwaigsee

### 21.1 Allgemeine Angaben

Der Schwaigsee liegt 1 km westlich der Ammer in der Nähe von Echelsbach. Mit maximal nur 2,1 m Tiefe ist der 6,8 ha große See sehr flach. Sein Umfang beträgt 1,46 km, das Einzugsgebiet 1,42 km<sup>2</sup> und der Wasserspiegel liegt 831 m über NN (BAYE-

# RIESSERSEE

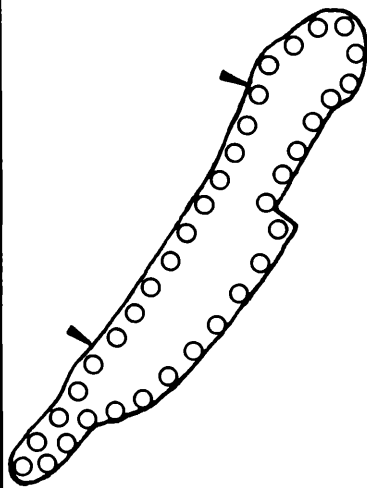


Einteilung in Kartierungsabschnitte

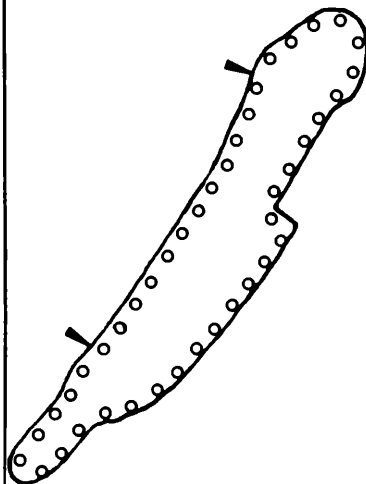
Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes

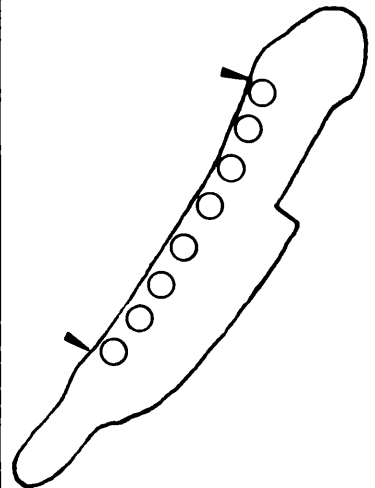
*Carex elata*



*Juncus subnodulosus*



*Phragmites communis*



Karte 62: RIESSERSEE – Verbreitung wichtiger Arten

RISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT). Nach PIEHLER (1974) ist der Schwaigsee geologischer Bestandteil der sog. Peiting-Schongauer Stufe, die als Schotterterrasse durch die Tätigkeit des Lech- und Ammergletschers während der letzten Vereisung gebildet wurde. Die im Bereich des Süd- und Westufers entstandenen Moore belegen eine ehemals größere Ausdehnung des Sees. Wie die meisten kleineren Seen des Alpenvorlandes wird auch der Schwaigsee für Fischerei- und Erholungszwecke genutzt. Da aber keine Boote zugelassen sind und für Badende nur der östliche Teil des

Ufers zugänglich ist, halten sich die Zerstörungen der Vegetation in Grenzen. Vor allem die Abspernung der Schwimmblattbestände durch Bojen hat sich dabei als sehr wirksame Schutzmaßnahme erwiesen.

## 21.2 Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Vom Schwaigsee wurde von uns während des Frühjahrs und Sommers 1981 (14.4. und 13.8.) jeweils eine Oberflächenprobe entnommen und analysiert. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 6

### Chemisch-physikalische Daten des Schwaigsees

	Temp. °C	O <sub>2</sub> mg/l	pH	Leitf. μS	Ges. Härte °dH	SiO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg N/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> μg N/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μg N/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> μg P/l	Ges.-P μg P/l
14.4.81	—	—	7,3	315	10,8	0,07	0,29	13,7	28,0	1	49
13.8.81	20,3	7,3	8,1	248	4,8	0,62	0,32	2,6	241,4	5	48

Auffällig an den Analysendaten ist der große Unterschied zwischen der Wasserhärte des Sees im Frühjahr und im Sommer. Der Grund dafür dürfte in einer biogenen Entkalkung zu suchen sein, die sich in einem so flachen See wie dem Schwaigsee deutlicher bemerkbar macht als in einem tiefen See. Die niedrigen Silikatgehalte im Frühjahr weisen auf eine Wasserblüte von Kieselalgen hin. In nur geringen Mengen sind anorganische Stickstoffverbindungen vorhanden, wobei aber die erhöhten Ammoniumwerte im August auffallen. Ob dies bereits als Anzeichen einer sich zersetzenden pflanzlichen Biomasse zu werten ist, oder ob Belastungen durch Badende bzw. die Einschwemmung von Nährstoffen dafür verantwortlich sind, kann mit diesen stichprobenartigen Untersuchungen nicht beantwortet werden. Diese Einschränkung gilt auch für die Beurteilung der Gesamt-P-Gehalte. Die beiden ermittelten Werte sind zwar nahezu identisch, müssen aber nicht zwangsweise dem allgemeinen Durchschnittswert des Sees entsprechen. Die Werte von knapp 50 µg P/l müssen für einen so flachen See noch als relativ günstig angesehen werden.

### 21.3. Artenliste (Schwaigsee)

#### Röhrichtarten

<i>Cladium mariscus</i> (L.) POHL	
Schneide	
<i>Equisetum palustre</i> L.	
Teich-Schachtelhalm	(02:1)
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	
Tannenwedel	(01:1)
<i>Mentha aquatica</i> L.	
Wasser-Minze	
<i>Phragmites communis</i> TRIN.	
Schilfrohr	
<i>Scirpus lacustris</i> L.	
Flechtsimse	
<i>Solanum dulcamara</i> L.	
Bittersüßer Nachtschatten	(01:3)

#### Schwimtblattarten

<i>Nuphar lutea</i> (L.) SM.	
Gelbe Teichrose	
<i>Nymphaea alba</i> L.	
Weißer Seerosen	
<i>Polygonum amphibium</i> L.	
Wasser-Knöterich	
<i>Potamogeton natans</i> L.	
Schwimmendes Laichkraut	

#### Untergetauchte Arten

<i>Chara aspera</i> DETH.	
<i>Ch. contraria</i> A. BR. ex KÜTZ.	
<i>Ch. fragilis</i> DESV	
<i>Ch. intermedia</i> A. BR.	
<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	
Gemeines Quellmoos	
<i>Nitella syncarpa</i> (THUILL.) CHEV	(01:2)
<i>Potamogeton lucens</i> L.	
Spiegelndes Laichkraut	

### 21.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 63 a, b)

Die beiden häufigsten Röhrichtarten am Schwaigsee sind die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*), die sowohl in ihrer emersen, wie auch in ihrer submersen Wuchsform vorkommt, und die Schneide (*Cladium mariscus*). Dabei liegt der Verbreitungsschwerpunkt dieser Arten im Bereich des Nord- und Nordostufers des Sees, wo sich Verlandungsufer gebildet haben. Das Schilfrohr (*Phragmites communis*) dagegen war nur in den Abschnitten 1 und 5 vertreten. Relativ häufig gedeiht die Wassermintze (*Mentha aquatica*), der Bittersüße Nachtschatten (*Solanum dulcamara*) dagegen nur im Bereich des Badeplatzes. Das Vorkommen des Teichschachtelhalms (*Equisetum palustre*) beschränkt sich schließlich auf wenige Exemplare im Abschnitt 2.

Das Vegetationsbild des Schwaigsees wird durch ausgedehnte Seerosenbestände (*Nymphaea alba*) geprägt. Vor allem in der Südwestbucht wird die Wasserfläche fast vollständig von den Schwimmblättern dieser Art bedeckt. Ein zweiter dichter Bestand findet sich in der Nordostbucht des Sees. Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) tritt im Vergleich dazu in ihrer Häufigkeit stark zurück, wobei sie noch in den Abschnitten am häufigsten vorkam, in denen die Seerose fehlte oder nur selten anzutreffen war. Fast identisch mit der Gelben Teichrose stellt sich das Verbreitungsbild des Schwimmenden Laichkrauts (*Potamogeton natans*) dar, während sich das Vorkommen des Wasserknöterichs (*Polygonum amphibium*) auf Abschnitt 4 beschränkte. Im Bereich des Badestrandes konnten wir keine Schwimmblätter der genannten Arten finden. *Nuphar lutea* und *Potamogeton natans* bildeten hier lediglich ihre Unterwasserformen aus.

Die untergetauchte Vegetation setzt sich aus insgesamt acht verschiedenen Arten zusammen, wovon fünf zu den Armleuchteralgen (Characeen) gehören. Aus Gründen des Schutzes der dichten Seerosenbestände in der Südwestbucht (Abschnitt 4) untersuchten wir in diesem Bereich die submerse Vegetation nicht. Da die Bucht von den dicken, ledrigen, sich sogar oft überlappenden Schwimmblättern der Seerose aber fast vollständig bedeckt wird, ist mit einer sehr starken Beschattung zu rechnen, die das Aufkommen untergetauchter Arten allgemein weitgehend oder völlig unterbinden dürfte. Insofern ist damit zu rechnen, daß durch die Nichtberücksichtigung des Abschnitts 4 keine wesentliche Abweichung vom wirklichen Bewuchsstand entstanden ist.

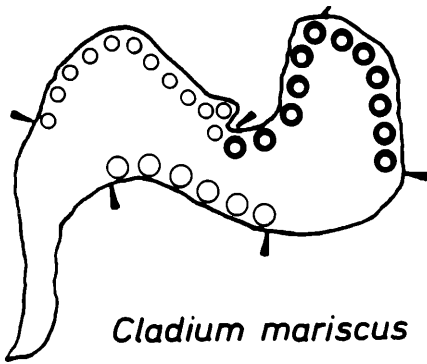
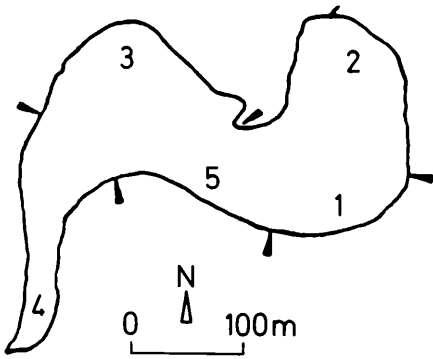
Massenhaft gedeiht im Schwaigsee in weiten Bereichen der Uferbank das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*). Die großblättrigste unserer heimischen untergetauchten Wasserpflanzen kommt dabei in zwei verschiedenen Wuchsformen, der forma *vulgaris* und der forma *cornuta* vor. Bei letzterer bleibt der obere Teil der Blattmittelrippe spreitelos, so daß der Eindruck einer Stachelspitze entsteht. Im Bereich vor dem Badestrand konnten wir auf Grund der starken mechanischen Belastung ein wesentlich geringeres Vorkommen dieser Laichkrautart feststellen. Ebenfalls in zwei verschiedenen Wuchsformen tritt im Schwaigsee die Armleuchteralgenart *Chara contraria* auf; wobei die forma *hispidula* durch eine auffällige Bestachelung der Internodial-

# SCHWAIGSEE

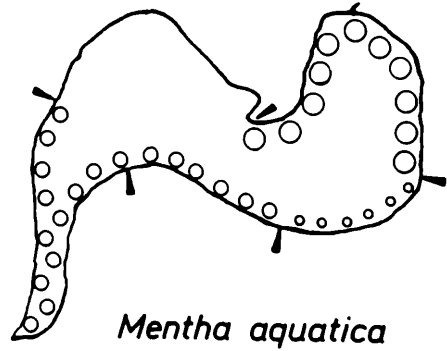
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

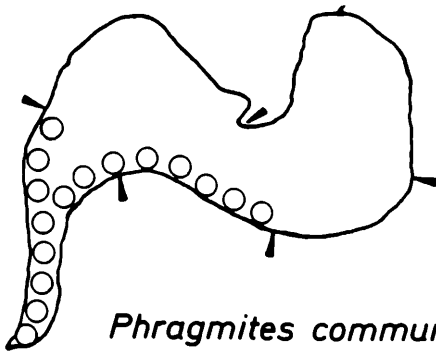
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



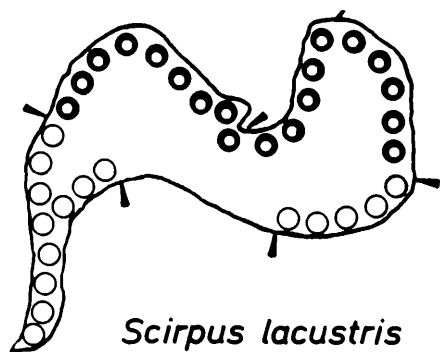
*Cladium mariscus*



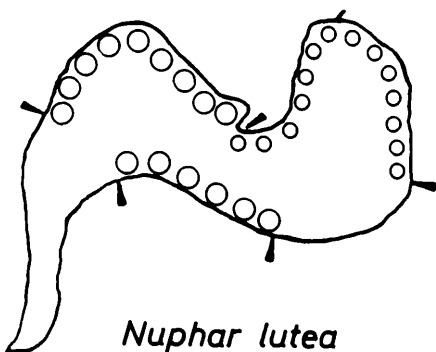
*Mentha aquatica*



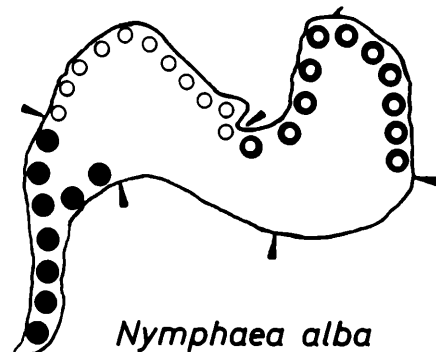
*Phragmites communis*



*Scirpus lacustris*

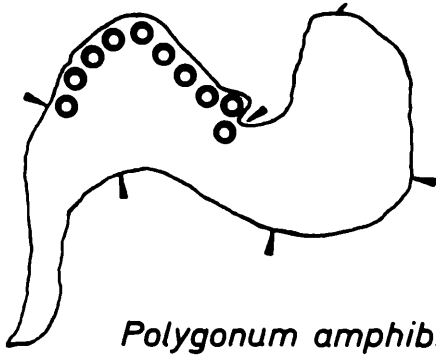


*Nuphar lutea*

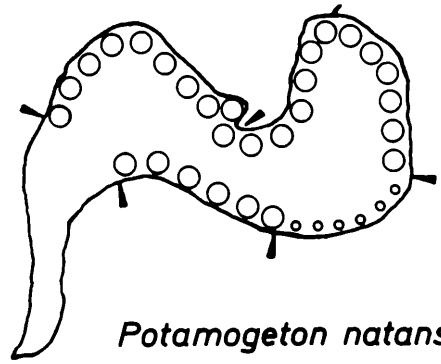


*Nymphaea alba*

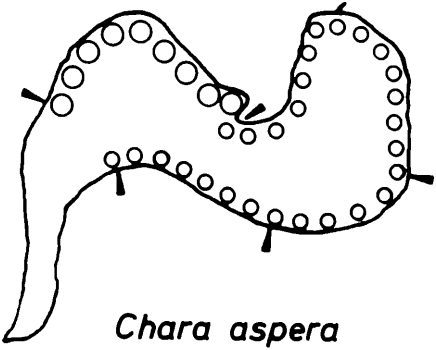
Karte 63a: SCHWAIGSEE – Verbreitung wichtiger Arten



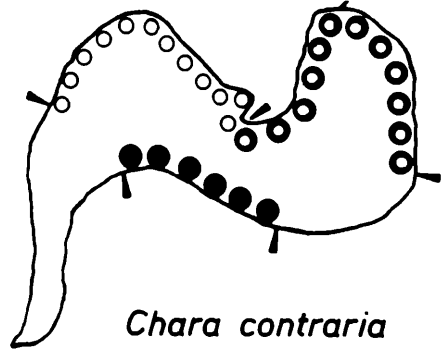
*Polygonum amphibium*



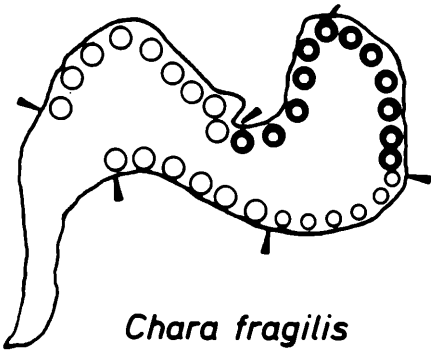
*Potamogeton natans*



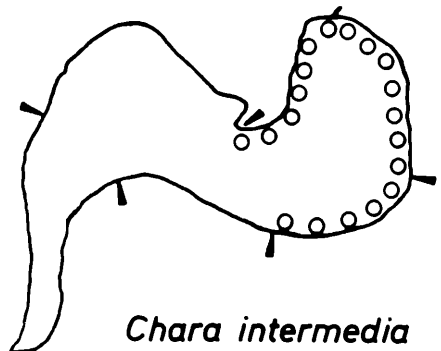
*Chara aspera*



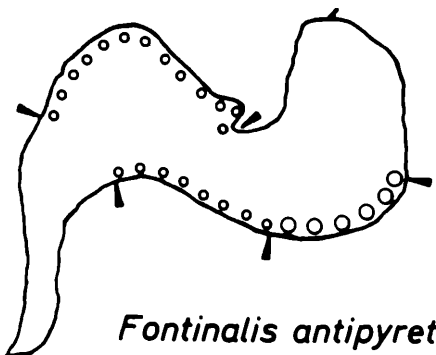
*Chara contraria*



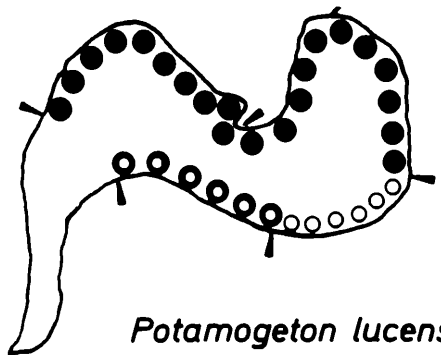
*Chara fragilis*



*Chara intermedia*



*Fontinalis antipyretica*



*Potamogeton lucens*

zellen schon unter Wasser als diese zu erkennen ist. Die Art *Chara contraria*, die nach KRAUSE (1981) oligo- und mesotrophe Gewässer bevorzugt, fehlt in Abschnitt 1, dem Badebereich, völlig. Unter den Characeenarten weist *Chara fragilis* ebenfalls noch große Häufigkeiten auf (Schätzstufe 4 in Abschnitt 2). Kennzeichnend für diese Art ist eine größere Belastbarkeit durch Nährstoffe. Die seltener auftretenden Arten *Chara aspera* und *Chara intermedia* sind in dieser Hinsicht dagegen wie die zuerst erwähnte Art *Chara contraria* zu bewerten. Aus dem seltenen Vorkommen von *Nitella syncarpa* in Abschnitt 1 kann kein Hinweis auf den Trophiezustand des Sees gezogen werden. Geringe Häufigkeiten erreichen auch das Gemeine Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) und der Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*).

## 22. Der Schwansee

### 22.1 Allgemeine Angaben

Der Schwansee liegt etwa 1 km südöstlich von Füssen in einer Höhe von 789 m über NN. Die maximale Tiefe des 17 ha großen Sees wird mit 7,1 m, der Umfang mit 1,9 km angegeben (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1982). Der Schwansee blieb als ehemalige Bucht des postglazialen Füssener Sees zwischen Kien- und Schwarzenberg erhalten. Teile dieses heute verschwundenen Sees waren auch noch die von uns untersuchten Alp-, Alat-, Attle- und Bannwaldseen. Die Entstehung dieser Seen und damit ihr Alter sind damit gleich.

Gespeist wird der Schwansee durch einen unterirdischen Zufluß aus dem benachbarten, 25 m höher gelegenen Alpsee, durch Grundwasser und durch einen im Osten des Sees mündenden Zufluß, dem Kalten Bach. Der Abfluß erfolgt über den Wasserfallgraben, der in Verbindung mit dem Bau der Königsschlösser Hohenschwangau und Neuschwanstein in ein künstlich überdecktes Gerinne verlegt wurde. Aus einem durchschnittlichen Abfluß von 200 l/s errechnet sich für den Schwansee eine theoretische Wassererneuerungszeit von nur 35 Tagen (FRÖBRICH et al. 1977).

Während das Südufer als Fortsetzung des Schwarzenbergs z. T. noch felsigen Ursprung aufweist und rasch in die Tiefe abfällt, deuten die breiten Uferbänke des gegenüberliegenden Ufers die fortschreitende Verlandung dieses Gewässers an. Das Sediment des Sees setzt sich überwiegend aus stärker kiesigem Substrat in Ufernähe und weichem Kalkschlamm in größerer Entfernung davon zusammen. Beigemengt ist auch immer wieder organisches Grobmaterial (Äste, Fallaub). Unterhalb einer Wassertiefe von 4 m bedeckt das Sediment ein dichter Überzug von Aufwuchsalgen.

Besonders die Röhrichtzone des Schwansees wird vom Menschen stark in Mitleidenschaft gezogen. Auf Grund der hohen mechanischen Belastung durch Badende sind im Schilfgürtel bereits deutliche Lücken auszumachen.

### 22.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 14)

Wegen seiner geringen Tiefe unterliegt der gesamte Wasserkörper des Schwansees auch während des

Sommers windinduzierten Durchmischungen, da die Dichteunterschiede zwischen Oberflächenwasser und dem über Grund sehr gering sind. Durch diesen Massenaustausch gelangt Sauerstoff immer wieder an den Ort der stärksten Zehrung, das Sediment. Die Sättigung von 84 % über Grund kann als Hinweis für eine während des Sommers stattgefundenen Durchmischung gelten. Ein Sauerstoffmaximum in 2 m Tiefe beruht auf der Tätigkeit des Phytoplanktons, das zusammen mit den makrophytischen Wasserpflanzen auch die biogene Entkalkung des Sees vom Frühjahr bis zum Sommer bewirkt haben dürfte. Die Wasserhärten im Sommer betragen nur die Hälfte der von uns im Frühjahr 1981 ermittelten Werte. Im Vergleich zu den anderen Seen um Füssen wies der Schwansee im Sommer hohe Silikatgehalte von 1-2 mg Si/l auf. Eine Frühjahrsmessung ergab vergleichbare Konzentrationen. Ob das auf eine gering entwickelte Kieselalgenpopulation oder ständig aus dem Sediment rückgeführte Kieselsäure zurückzuführen ist, muß offenbleiben. Die Ammoniumwerte wiesen bei unserer Profilmessung im August 1981 zwei ausgeprägte Maxima auf: eines an der Oberfläche und eines über Grund. Der Frühjahrswert überstieg mit  $224 \mu\text{g NH}_4^+ \mu\text{N/l}$  sogar den des Alatsees, auf dessen besonders hohe Ammoniumkonzentrationen an entsprechender Stelle hingewiesen wird. Nitrat war in nur relativ geringen Mengen vorhanden. Gelöstes Phosphat konnte in Konzentrationen von ca.  $10 \mu\text{g P/l}$  nachgewiesen werden, die Gesamt-P-Gehalte lagen von der Oberfläche bis zum Grund sehr einheitlich um  $50 \mu\text{g P/l}$ . Während der Frühjahrszirkulation (April 1981) ermittelten wir  $25 \mu\text{g}$  Gesamt-P/l. Auf Grund dieser Analysenergebnisse und des Verbreitungsbildes der makrophytischen Wasserpflanzen kann man den Schwansee als mesotrophes Gewässer charakterisieren, das aber deutliche Anzeichen zunehmender Trophie aufweist. Zu dieser Typisierung paßt die von uns im August ermittelte Sichttiefe von 4,2 m.

### 22.3. Artenliste (Schwansee)

#### Röhrichtarten

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

(01:2)

#### Schwimmbblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.

Gelbe Teichrose

#### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.

*Ch. hispida* L.

*Ch. tomentosa* L.

*Lagarosiphon major* RIDLEY

*Potamogeton pectinatus* L.

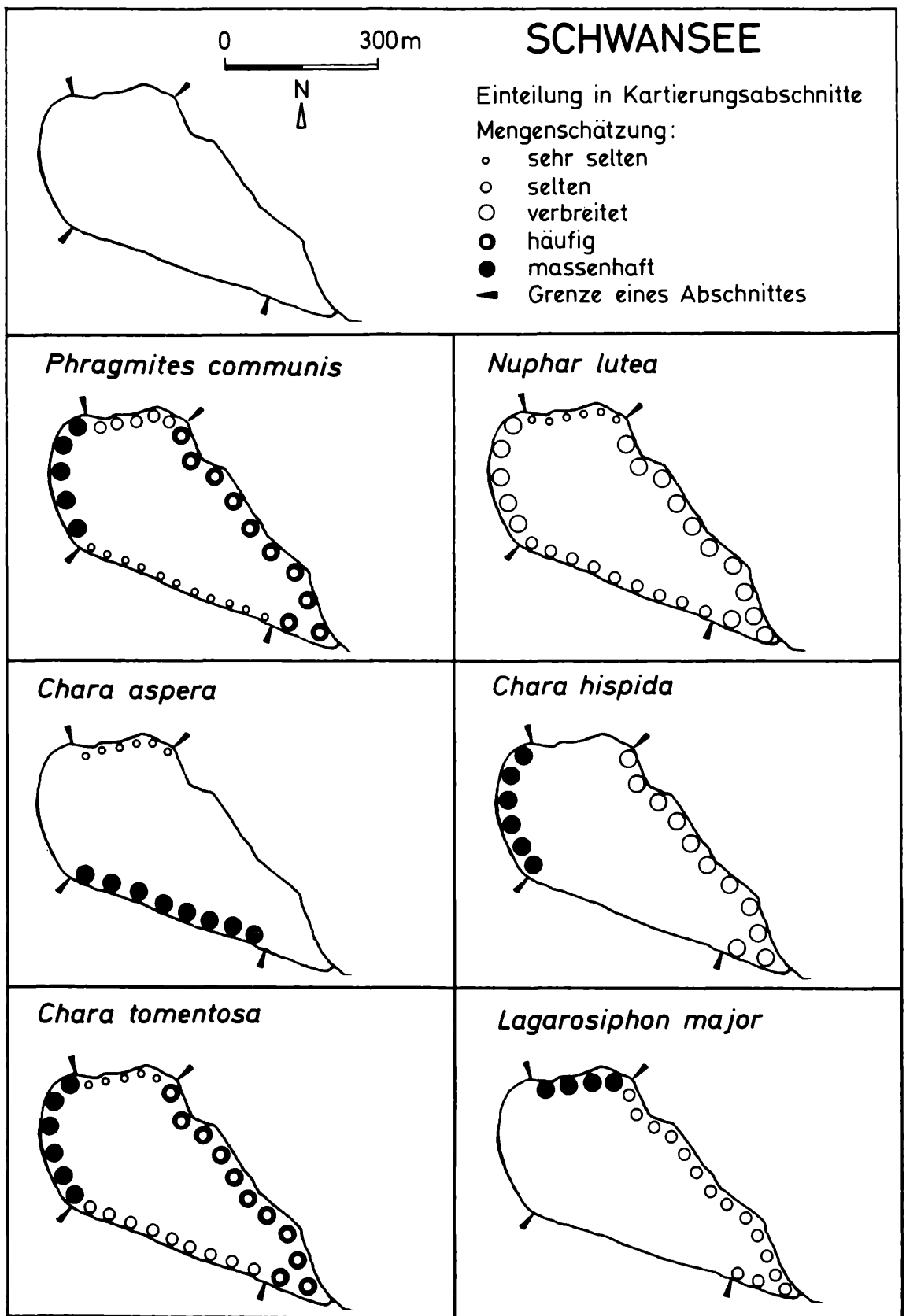
Kamm-Laichkraut

(01:1; 03:2; 04:1)

### 22.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 64)

Unter den Röhrichtarten dominiert eindeutig das Schilfrohr (*Phragmites communis*), das nur im Bereich des Südufers und der Badezonen im Norden über größere Strecken fehlte. Die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) gedeiht lediglich im Abschnitt 1, dabei aber selten und zumeist in der untergetauchten Flutform.





Karte 64: SCHWANSEE – Verbreitung wichtiger Arten

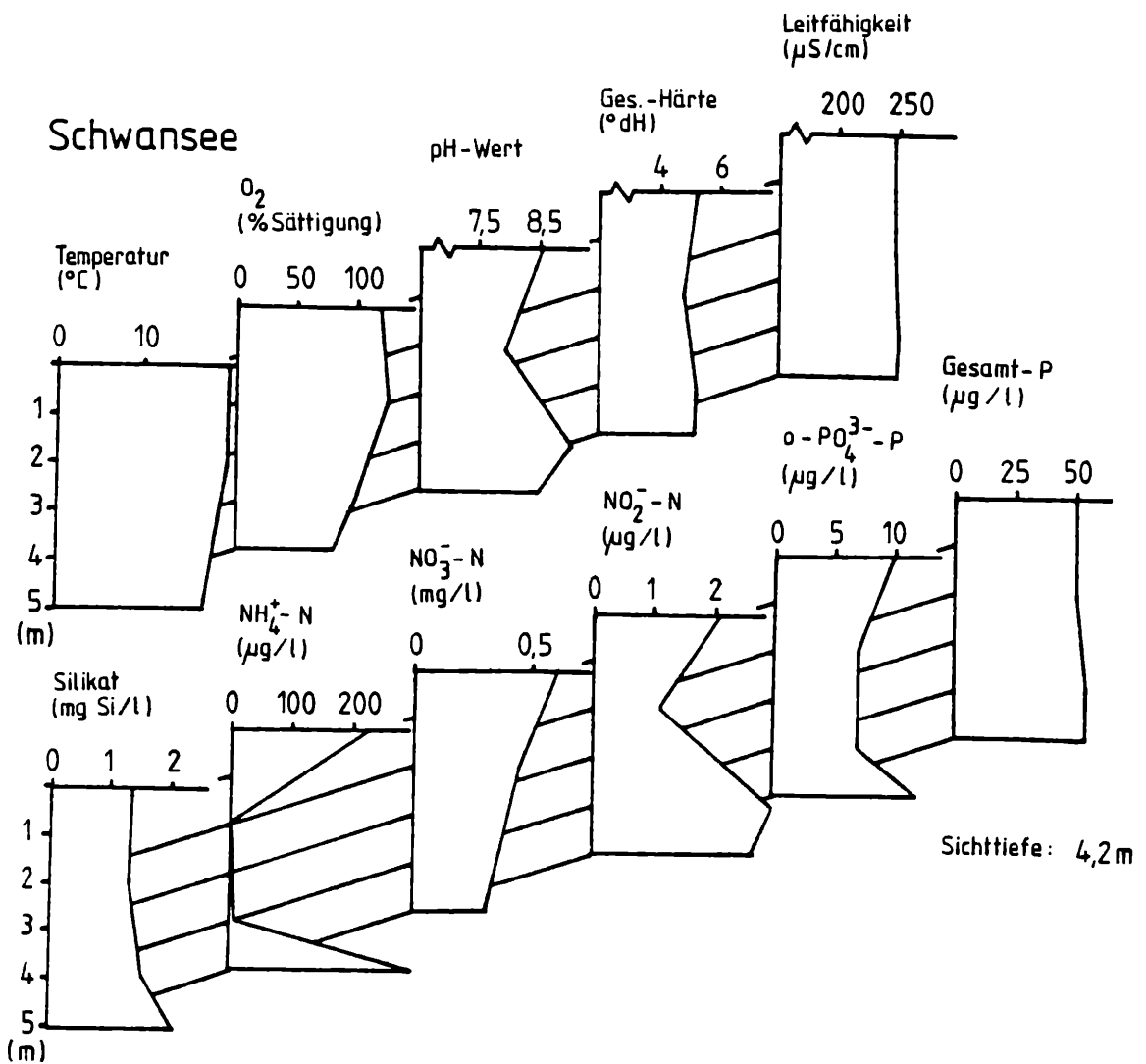


Abbildung 14

SCHWANSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 12.8.1981

Die Schwimmblattgewächse sind nur durch die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) vertreten, die allerdings nie große Häufigkeiten erreicht. In vielen Bereichen tritt sie ausschließlich in Form ihrer salatblattähnlichen Unterwasserblätter auf.

Die zu den Froschbißgewächsen gehörende Art *Lagarosiphon major*, die bei uns als Aquarienpflanze verwilderte und damit als Neophyt zu bezeichnen ist, weist im Bereich des Nordufers einen Massenbestand auf. Dieser ist so dicht, daß hier andere Arten stark zurückgedrängt werden oder ganz fehlen. Daneben kommt mit dem Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) nur noch eine submerse Gefäßpflanze im Schwansee vor, die aber lediglich sporadisch auftritt.

Im Schwansee gediehen bei unserer Kartierung im Sommer 1981 drei verschiedene Armeleuchteralgenarten mit z. T. beträchtlicher Häufigkeit. Ob das heute noch zutrifft, muß bezweifelt werden, denn die großen Bestände von *Chara tomentosa*, die in 1 bis 3 m Tiefe zu finden waren und die von *Chara hispida* (2-4 m Tiefe) wiesen extreme Schädigungen und deutliche Absterbeerscheinungen auf. Nach Untersuchungen von MELZER und WEISS (1985)

kann das Maximum der Characeenentwicklung zwar oft im Winter liegen, im Schwansee ist aber eine endgültige Schädigung durch erhöhte Phosphatgehalte (vgl. dazu FORSBERG 1965) nicht von der Hand zu weisen. Die *Chara aspera*-Bestände im Bereich des Südufers machten dagegen einen vitalen Eindruck, möglicherweise weil dort lokal bessere Standortbedingungen herrschen.

#### Vergleich mit älteren Florenangaben

Für das Jahr 1975 gibt SCHAUER (in FRÖBRICH et al. 1977) noch Vorkommen von *Nymphaea alba* und *Potamogeton x Zizii* an. Beide Arten fehlten 1981. Von SCHAUER nicht erwähnt wird *Scirpus lacustris*. Wie im Fall des Bannwaldsees vermuten wir, daß SCHAUER bei *Elodea densa* eine Verwechslung mit *Lagarosiphon major* unterließ. Die Bestimmung dieser kritischen Art hat für uns Herr DÖRR (Kempton) freundlicherweise übernommen.

Innerhalb der Armeleuchteralgen hat offensichtlich eine Artenverschiebung stattgefunden. *Chara aspera* und *Chara tomentosa* fanden sowohl SCHAUER als auch wir, während ausschließlich von ihm *Chara*

*aculeata* (gemeint sein dürfte *Ch. aculeolata*) und *Chara contraria*, und von uns *Chara hispida* belegt werden konnten.

Die Befürchtung von SCHAUER, daß „*Elodea densa*“ allmählich die Chara-Rasen überwuchern könnte, hat sich in den Jahren bis 1981 nicht bestätigt. Im Gegenteil: die in der Vegetationskarte von SCHAUER im Bereich des West- und Südwestufers vermerkten Fundorte waren von uns nicht mehr nachzuweisen. Wie bereits weiter oben erwähnt, vermuten wir eher, daß die Chara-Bestände auf Grund sich verschlechternder Wasserqualität absterben. Dafür sprechen unsere Beobachtungen im Sommer 1981.

## 23. Der Soierer oder Bayersoierer See

### 23.1. Allgemeine Angaben

Der Soierer See liegt im Erdmoränengebiet des würmeiszeitlichen Ammerseegletschers in unmittelbarer Nachbarschaft des Ortes Bayersoien. Sein kaum gebuchtetes, etwa zwei Kilometer langes Ufer umschließt eine Oberfläche von 22,5 ha. Abgesehen von kurzen Waldstücken und einem befestigten Badestrand reichen vor allem Grünlandflächen bis an den Gewässerrand heran.

Der Soierer See ist ein sehr flaches Gewässer mit einer maximalen Wassertiefe von nur 2,5 m. Die Sichttiefe des bräunlich gefärbten Wassers betrug am 18.8.1981 2,0 m. Das Sediment setzt sich hauptsächlich aus einem weichen, tiefgründigen und dunkelbraun gefärbten organischen Schlamm zusammen. Lediglich im Bereich des Badestrandes herrscht eine kiesige Auflage vor.

Der Soierer See entwässert zum Staffelsee hin. Sein Niederschlagseinzugsgebiet beträgt 2,68 km<sup>2</sup> (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1982). Im Zusammenhang mit einer Entkrautungsaktion, die der Entfernung der den See zuwuchernden Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) galt, führte das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT in den vorangegangenen Jahren intensive wasserchemische Untersuchungen am Soierer See durch.

### 23.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Vor der im Herbst 1974 durchgeführten Entkrautungsaktion lag der Gehalt an Gesamtphosphat im Jahresmittel bei 60 µg P/l, die Konzentration mineralischen Stickstoffs erreichte 0,25 mg/l (Angaben BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1982). Nach der künstlichen Entfernung der Pflanzen war zwar die makrophytische Biomassenproduktion wesentlich geringer, doch kam es in den nachfolgenden Jahren zu einer starken Blaualgenentwicklung, wodurch sich die Transparenz des vormals klaren Wassers stark reduzierte. Vermutlich auf Rücklösungsprozesse sedimentgebundenen Phosphates war zu dieser Zeit der Anstieg der Gesamtphosphatkonzentration auf 106 µgP/l zurückzuführen.

Auffallend hoch lag im Oktober 1979 der Gehalt an Ammonium an der Wasseroberfläche mit 1,12 mg N/l, wofür die Tätigkeit stickstofffixierender Blaual-

gen verantwortlich gemacht wurde. Im Sommer 1981 betrug die Sichttiefe am Soierer See 2 m.

Untergetauchte Makrophyten traten wieder mit 11 verschiedenen Arten auf, ein Zeichen für den nachlassenden Konkurrenzdruck durch das Phytoplankton.

Ammonium, die primäre Stickstoffquelle für höhere Wasserpflanzen war nur noch mit knapp 13 µg N/l nachweisbar. Die Gesamtmenge an mineralisiertem Stickstoff war nahezu identisch mit der vor der Restaurierung gemessenen Konzentration, der Gehalt an Gesamtphosphor im August 1981 gleicht mit 72 µg P/l dem Meßergebnis durch das BAYER. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT im Oktober 1979 (74 µg P/l).

### 23.3. Artenliste (Soierer See)

#### Röhrichtarten

*Nasturtium officinale* R. BR.

Gemeine Brunnenkresse

(02:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

*Typha angustifolia* L.

Schmalblättriger Rohrkolben

#### Schwimtblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.

Gelbe Teichrose

*Polygonum amphibium* L.

Wasser-Knöterich

(01:1)

#### Wasserschweber

*Lemna minor* L.

Kleine Wasserlinse

(01:1)

#### Untergetauchte Arten

*Chara contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. fragilis* DESV

*Ch. vulgaris* L.

*Elodea canadensis* MICHX.

Kanadische Wasserpest

*Fontinalis antipyretica* L.

Gemeines Quellmoos

*Potamogeton alpinus* BALB.

Alpen-Laichkraut

*P. berchtoldii* FIEBER

Berchtolds-L.

*P. crispus* L.

Krauses-L.

*P. pectinatus* L.

Kamm-L.

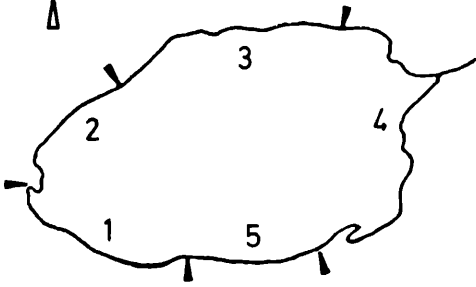
*Ranunculus circinatus* SIBTH.

Spreizender Wasserhahnenfuß

### 23.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 65a, b)

Das Schilfrohr (*Phragmites communis*) kommt am Soierer See in sämtlichen Uferabschnitten vor. Seine Hauptverbreitung liegt jedoch deutlich in dessen windgeschützter Nordwestecke. Das gegenüberliegende Ufer beherrscht dagegen der Schmalblättrige Rohrkolben (*Typha angustifolia*), die zweithäufigste Röhrichtpflanze des Soierer Sees. Dazwischen gesellen sich vereinzelt Bestände der Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) und der Echten Brunnenkresse

0 300m



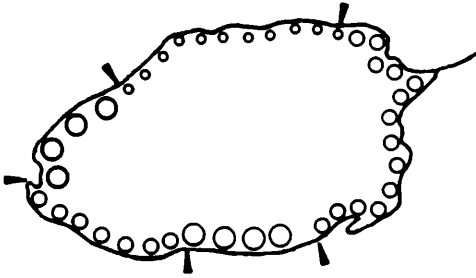
# SOIENERSEE

Einteilung in Kartierungsabschnitte

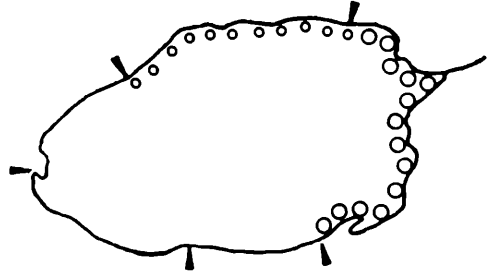
Mengenschätzung:

- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes

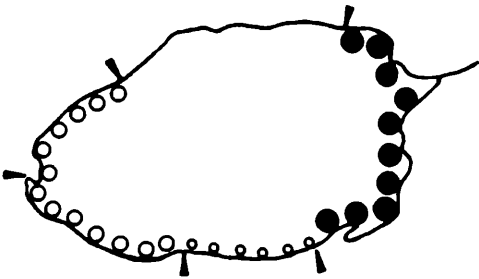
*Phragmites communis*



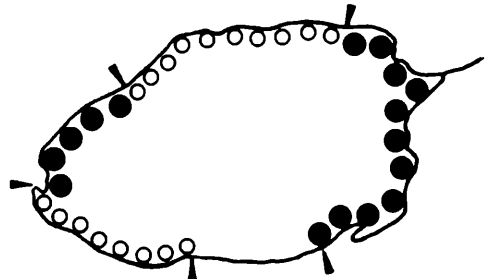
*Scirpus lacustris*



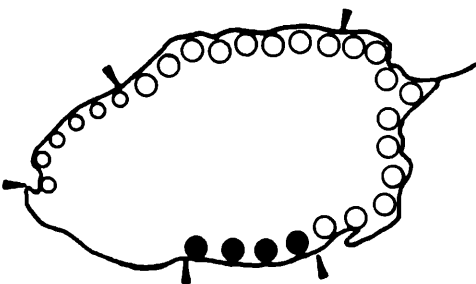
*Typha angustifolia*



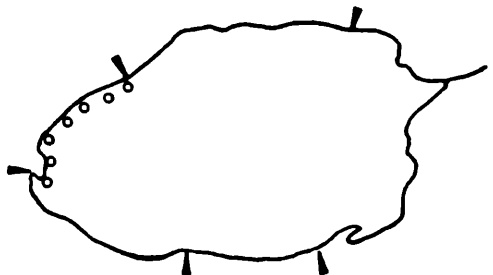
*Nuphar lutea*



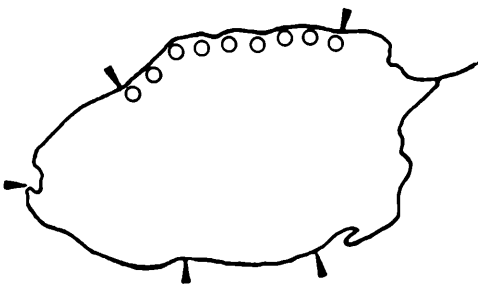
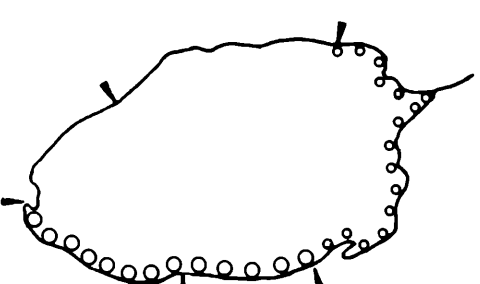
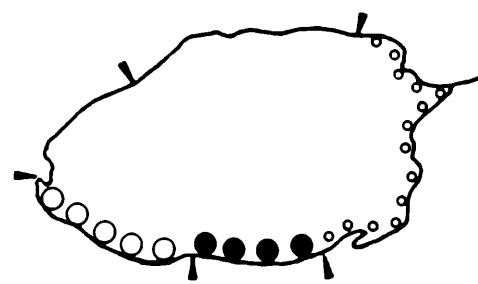
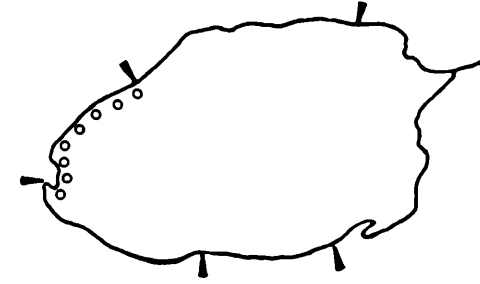
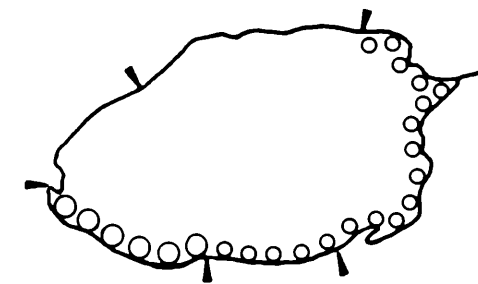
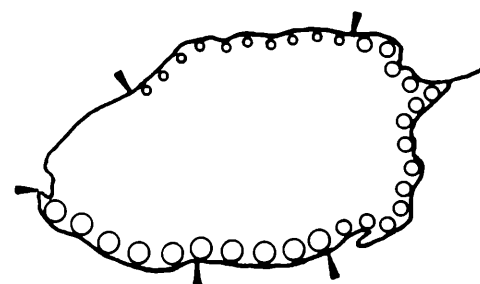
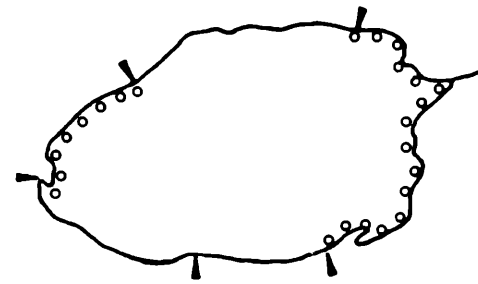
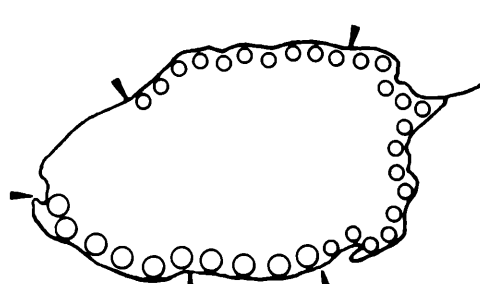
*Chara contraria*



*Chara fragilis*



Karte 65a: SOIENER SEE – Verbreitung wichtiger Arten

<p><i>Chara vulgaris</i></p> 	<p><i>Elodea canadensis</i></p> 
<p><i>Fontinalis antipyretica</i></p> 	<p><i>Potamogeton alpinus</i></p> 
<p><i>Potamogeton berchtoldii</i></p> 	<p><i>Potamogeton crispus</i></p> 
<p><i>Potamogeton pectinatus</i></p> 	<p><i>Ranunculus circinatus</i></p> 

Karte 65b: SOIENER SEE – Verbreitung wichtiger Arten

(*Nasturtium officinale*). Den Übergang zur Landvegetation bilden verschiedene *Carex*-Arten, die aber im Rahmen der Kartierung unberücksichtigt bleiben.

Im Ost- und Westteil des Sees sind dem Schilfgürtel ausgedehnte Felder der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) vorgelagert. An einem Standort im Südwesten wächst der Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*). Die untergetauchte Vegetation konzentriert sich auf einen wenige Meter breiten Gürtel, der in zwei Metern Tiefe abrupt endet. Nachdem dort keine Veränderungen in der Sedimentzusammensetzung festzustellen waren, die eine tiefere Verbreitung der Wasserpflanzen verhindert hätte, liegt die Ursache vermutlich in der geringen Sichttiefe des Sees. Wasserpflanzen benötigen für ihr Wachstum etwa 1 % der Intensität des Oberflächenlichts, was im Soierer See unterhalb zwei Metern Wassertiefe langfristig nicht mehr der Fall zu sein scheint. Die submerse Pflanzengesellschaft setzt sich zusammen aus verschiedenen Laichkrautarten, nämlich *Potamogeton bertholdii*, *P. crispus*, *P. alpinus* und *P. pectinatus* sowie der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*). Den Spreizenden Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) fanden wir meist in mittlerer Häufigkeit, wobei er aber am Nordwestufer fehlte. Die Gruppe der Armleuchalgen vertritt am Soierer See in erster Linie *Chara contraria*, die oft in enger Gemeinschaft mit dem Gemeinen Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) anzutreffen war. Beide erschienen allerdings wenig vital und waren mit starkem Algenaufwuchs überzogen. Im Soierer See selten sind die Armleuchteralgenarten *Chara fragilis* und *Chara vulgaris*. Sie wachsen jeweils nur in einem Kartierungsabschnitt.

## 24. Der Spitzingsee

### 24.1. Allgemeine Angaben

Eingebettet in einer Mulde zwischen den Schlierseer Bergen liegt in 1084 m Meereshöhe der größte bayerische Hochgebirgssee, der Spitzingsee. Namensgebend für das während der letzten Eiszeit entstandene Gewässer war das Brecherspitzmassiv in seiner historischen Bezeichnung „Spitzing“ was soviel wie spitziger Berg bedeutet (Angaben BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT 1982). Zwei Hauptzuflüsse speisen den See. Im Osten mündet der Lochgraben, am Westufer hat der Firstgraben ein Delta angetragen, das den länglich ovalen See zusammen mit einem gegenüberliegenden Felsvorsprung in der Mitte bis auf 220 m Breite einschnürt. Im Süden entwässert die Rote Valepp. Daß es sich beim Spitzingsee um ein attraktives Naherholungsziel handelt, wird nicht nur im Bereich der gleichnamigen Ortschaft deutlich, wo weite Uferstrecken mit Hotels, Parkplätzen und Straßen verbaut sind, sondern das dokumentierten auch der starke Ruderbootsbetrieb, der deutlich Schäden an der Vegetation des Sees zurückläßt.

### 24.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 15)

Lage und Entstehung des Spitzingsees lassen eigentlich ein Gewässer mit hoher Sichttiefe und geringen Nährstoffkonzentrationen erwarten. Daß diese Zu-

stände an dem Hochgebirgssee bereits der Vergangenheit angehören, verdeutlichen Sichttiefen zwischen 1,30 m im Südteil des Sees und 2,90 m im Bereich der Firstgrabenmündung, die wir im Sommer 1981 feststellen konnten. Auch wenn dafür zum Teil Einschwemmung von außen auf Grund vorangegangener Niederschläge verantwortlich waren, bleibt die durchschnittliche Sichttiefe mit 2,4 m (SCHAUER 1979) sehr gering.

Als Folge der erst vor wenigen Jahren unterbundenen Abwassereinleitung, hat sich die Produktivität des Sees stark erhöht. Die sauerstoffzehrende Mineralisierung anfallender Biomasse bewirkt im Spätsommer bereits in 10 m Tiefe einen Rückgang der Sauerstoffsättigung um 40 %. Im Frühjahr 1981 war im durchmischten Wasserkörper eine Gesamtphosphatkonzentration von 71 µg P/l meßbar. Die höchsten Werte traten während der sommerlichen Schichtung mit 113,2 µg P/l in 2 m Tiefe auf, was als Hinweis auf ein lokales Planktonmaximum gelten kann. Nicht nachweisbar war dagegen in diesem Bereich das für die Primärproduzenten ausschließlich verwertbare lösliche Phosphat. Dieses wird somit am Spitzingsee offensichtlich zum wachstumsbegrenzenden Faktor.

### 24.3. Artenliste (Spitzingsee)

#### Röhrichtarten

*Equisetum fluviatile* L.

Teichschachtelhalm

*Mentha aquatica* L.

Wasser-Minze

(05:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Typha latifolia* L.

Breitblättriger Rohrkolben

(01:2)

#### Schwimtblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.

Gelbe Teichrose

#### Untergetauchte Arten

*Callitriche cophocarpa* SENDTN.

Stumpfkantiger Wasserstern

*Chara contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. hispida* L.

*Elodea canadensis* MICHX.

Kanadische Wasserpest

*Potamogeton alpinus* BALB.

Alpen-Laichkraut

*P. perfoliatus* L.

Durchwachsenes Laichkraut

### 24.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 66)

Der Spitzingsee wird während des Sommerhalbjahres auf eine Fläche von 28,3 ha aufgestaut und zur Stromerzeugung durch die Isar-Amper Werke in der Zeit von Dezember bis April wieder auf seine ursprüngliche Größe von 24 ha abgesenkt. Daraus resultieren ständige Wasserstandsschwankungen, die von den meisten Röhrichtpflanzen nur schlecht toleriert werden. Breitblättriger Rohrkolben (*Typha latifolia*), Schilfrohr (*Phragmites communis*), Wasserminze (*Mentha aquatica*) und verschiedene Seggenarten (*Carex*) gedeihen um den Spitzingsee als spärlicher Gürtel. Eine Ausnahme macht hierbei

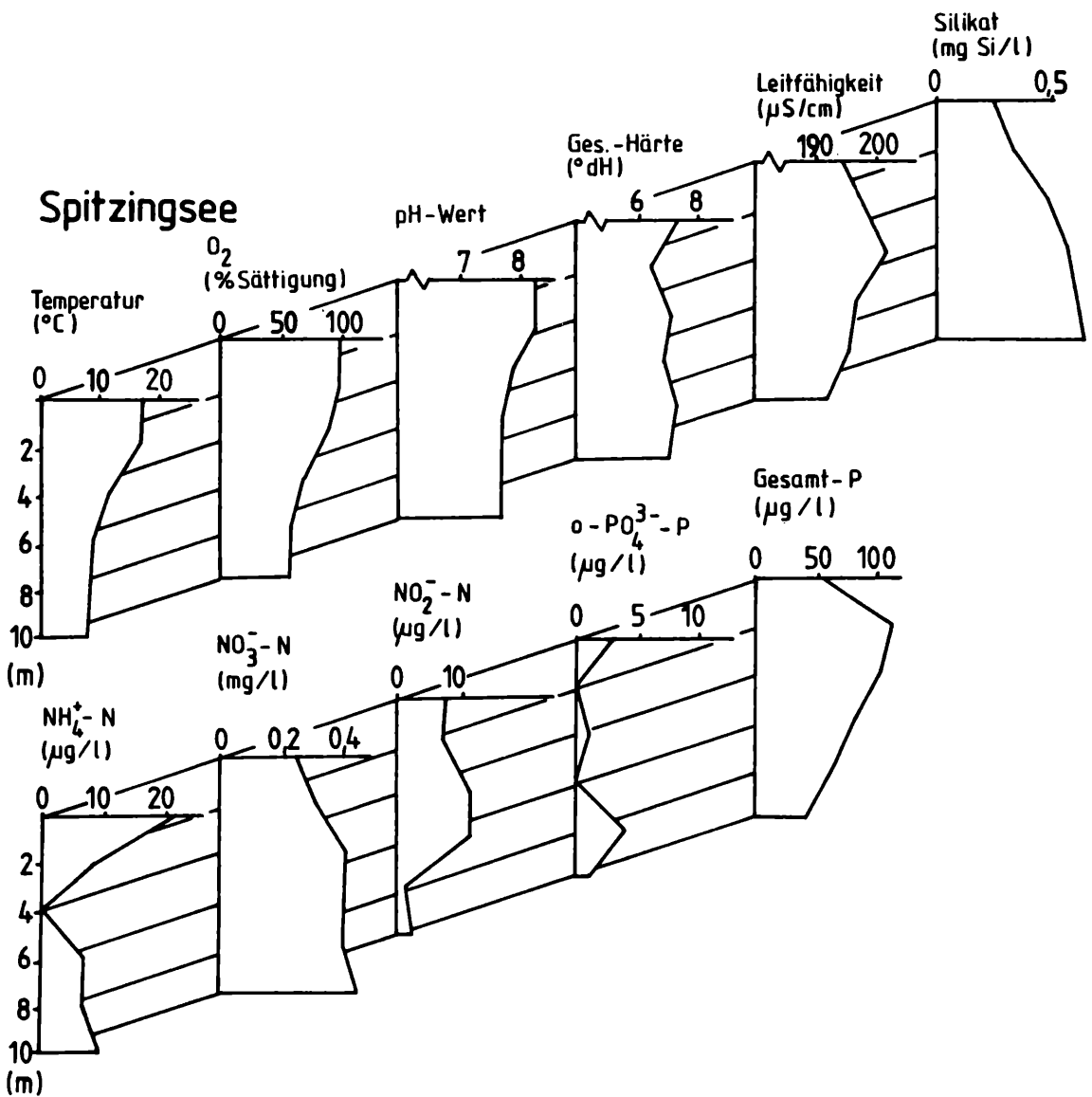


Abbildung 15

SPITZINGSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 10.8.1981

nur der Teichschachtelhalm (*Equisetum fluviatile*). Als einzige Röhrichtpflanze begleitet er in großer Häufigkeit den Gewässerrand und fehlt nur am Südufer in einem Abschnitt völlig, der ganz ohne Röhrichtbewuchs bleibt.

In sämtlichen Kartierungsabschnitten taucht als Vertreter der Schwimmblattgewächse die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) auf, streckenweise allerdings nur in Form von Einzelexemplaren. Unter Wasser prägen teils flächendeckende Bestände der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) das Bild der Vegetation. Zweithäufigste Art ist das Alpenlaichkraut (*Potamogeton alpinus*). Nur im Bereich des Firstgrabendeltas und im Südosten des Sees wächst es seltener, wogegen gerade hier, im Bereich des Ortes Spitzing, das Stengelumfassende Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) seine Hauptverbreitung zeigt. Bei der geringen Wassertransparenz überrascht es nicht, daß die untere Vegetationsgrenze im allgemeinen bei etwa 3 m liegt. Umso mehr erstaunt die Tiefenpräferenz des Stumpfkantigen Wassersterns (*Callitriche cophocarpa*), dessen Lebensraum im Bereich von 3,5 bis 6 m Tiefe liegt.

Die Armleuchteralgen *Chara contraria* und insbesondere *Chara hispida* am Süd- und Südwestufer des Sees werden bei gleichbleibender Phosphatbelastung in den nächsten Jahren vermutlich aus dem Spitzingsee verschwinden, nachdem der Grenzwert der maximalen Phosphattoleranz von 20 µg P/l im Wasser bereits weit überschritten ist.

#### 24.5. Vergleich mit früheren Untersuchungen

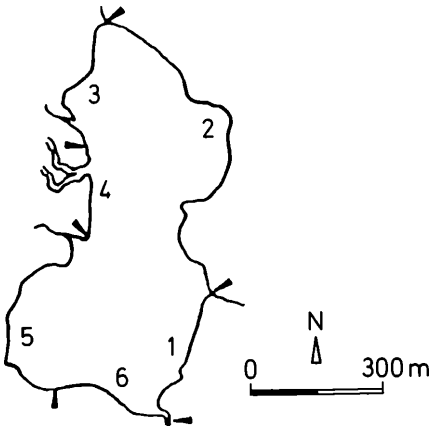
Laut SCHAUER (1979) dringen Wasserpflanzen im Spitzingsee nur bis 2,5 m (maximal 3,5 m) Wassertiefe vor. Für die meisten Makrophyten läßt sich diese Angabe nach unserer Beobachtung bestätigen. Gänzlich unerwähnt bleibt bei SCHAUER allerdings der Stumpfkantige Wasserstern, dessen Lebensraum unseren Ergebnissen zufolge erst unterhalb 3,5 m beginnt und bis in eine Tiefe von 6 m reicht. Es ist zu vermuten, daß die Art bereits zu der Zeit, in der SCHAUER (1979) den See untersuchte, vorhanden war, dabei aber übersehen wurde.

# SPITZINGSEE

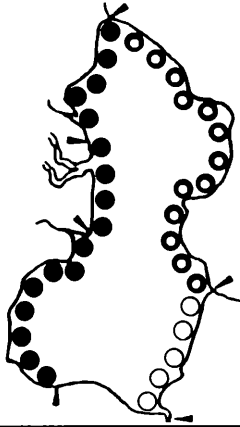
Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung:

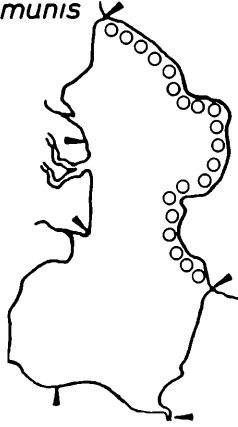
- sehr selten
- selten
- verbreitet
- häufig
- massenhaft
- ▲ Grenze eines Abschnittes



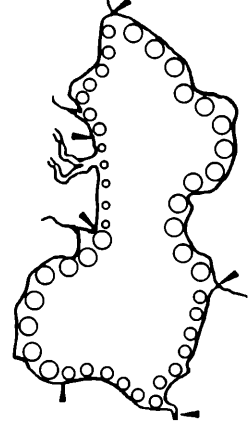
*Equisetum fluviatile*



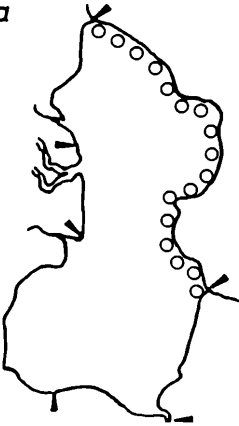
*Phragmites communis*



*Nuphar lutea*



*Callitriche cophocarpa*



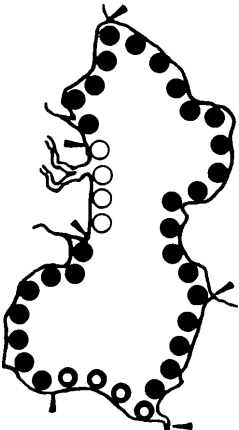
*Chara contraria*



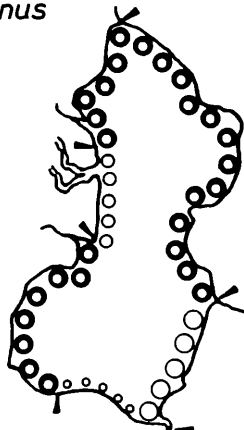
*Chara hispida*



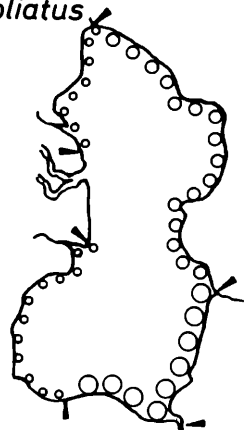
*Elodea canadensis*



*Potamogeton alpinus*



*Potamogeton perfoliatus*



Karte 66: SPITZINGSEE – Verbreitung wichtiger Arten



## 25. Der Thumsee

### 25.1. Allgemeine Angaben

Wenige Kilometer westlich von Bad Reichenhall liegt in einem in Ost-West-Richtung verlaufenden Gebirgstal der Thumsee. Seine 2,46 km lange Uferlinie weist keine größeren Buchtungen oder Einschnürungen auf. Das 21 m tiefe Gewässer liegt auf 526 m über NN und dürfte in Folge tektonischer Vorgänge in dem Zweigbecken eines ehemaligen Hauptgletschers entstanden sein.

An den Gewässerrand des Thumsees reicht ein in seiner Dichte wechselnder Baumbestand. Auf den Wiesen am Nordufer ist die landwirtschaftliche Nutzung heute in den Hintergrund gerückt. Insbesondere im Bereich der öffentlichen Badeanstalt dienen sie als Liegeflächen.

Am Nordufer münden kleine Bäche in den See. Die beiden östlich gelegenen Abflüsse vereinigen sich zum Seebach, der in die Saalach entwässert.

Das Sediment besteht überwiegend aus hellem Kalktoniger, seltener sandartiger Körnung.

Menschliche Eingriffe in die Uferzone sind mit Ausnahme der östlichen Bucht (Vogelschutzgebiet) überall sichtbar.

Im Badebereich wurde der Gewässerrand durch Kiesaufschüttung künstlich befestigt. Zusätzlich wurde an diesem Teil des Ufers ein Gasthaus errichtet. Einzelne unter Wasser liegende „Baumleichen“ deuten auf eine Dezimierung des Baumbestandes bei dessen Bau hin.

Neben dem Gasthaus und Bad befindet sich ein Bootsverleih. An sonnigen Tagen herrscht ein für die Größe des Sees beträchtlicher Bootsverkehr. Dadurch bedingte Vegetationsschäden sind vor allem an Schwimmblattpflanzen zu erkennen.

### 25.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen (vgl. Abb. 16)

Am 6. August 1981 lag die Sichttiefe im Thumsee bei 2,5 m. Wie sich im Verlauf der Tauchkartierung herausstellte, war die Transparenz des Wassers in tieferen Schichten jedoch sehr viel größer. Daß die Trübung an der Oberfläche auf eine Konzentration photosynthetisch aktiver Organismen zurückzuführen

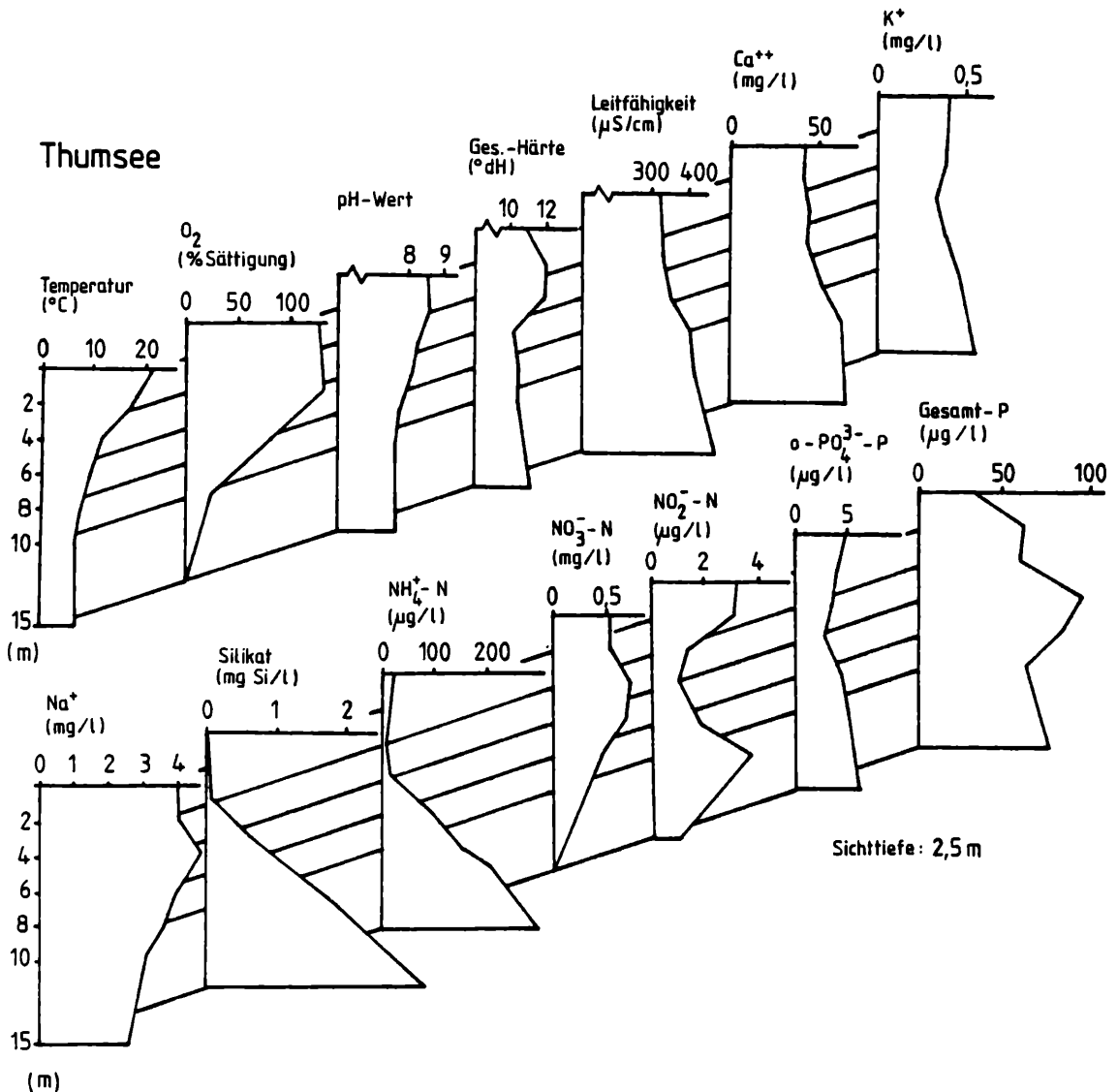
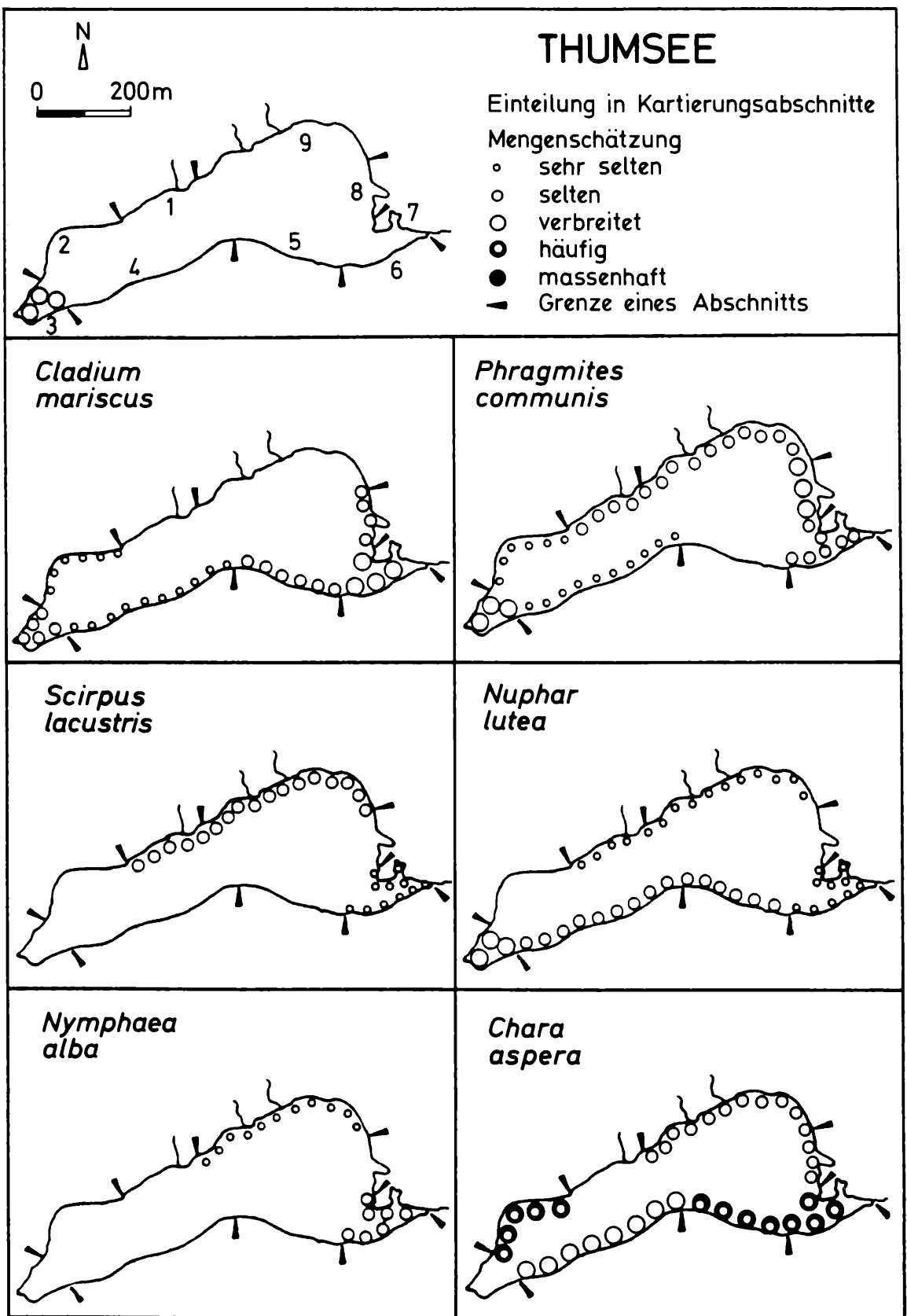
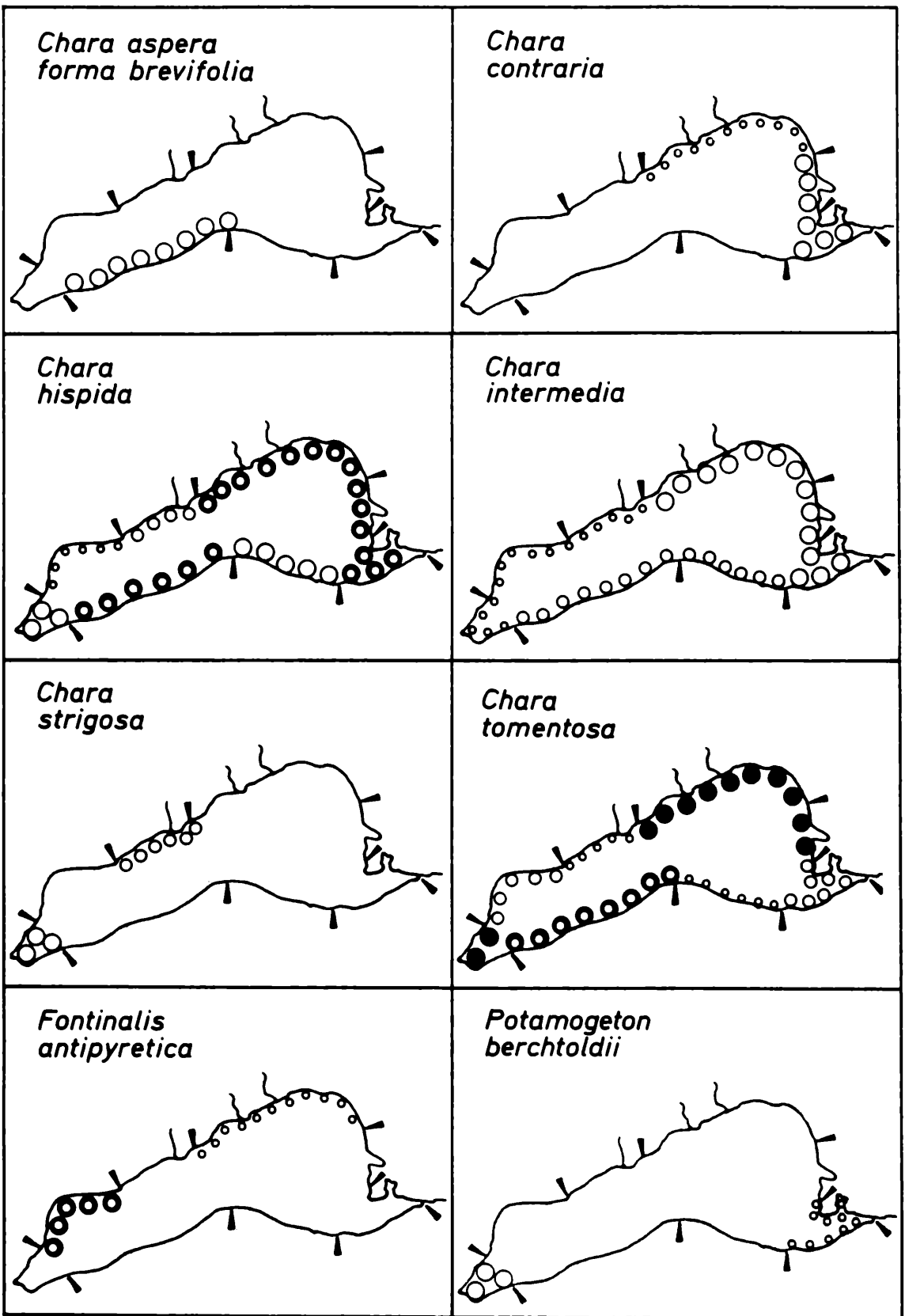


Abbildung 16

THUMSEE, chemisch-physikalische Verhältnisse; Tiefenprofile vom 6.8.1981



Karte 67a: THUMSEE – Verbreitung wichtiger Arten



Karte 67b: THUMSEE – Verbreitung wichtiger Arten

ren war, bewies eine Übersättigung mit Sauerstoff bis in 4 m Tiefe. Darunter schloß sich eine Zone starker Sauerstoffzehrung an, ab 15 m Wassertiefe herrschten im Thumsee anaerobe Bedingungen. Bakterielle Denitrifikationsprozesse bewirkten hier den Rückgang der Nitratkonzentration (an der Oberfläche lagen etwa 0,5 mg N/l vor) und gegenläufig den Anstieg des Ammoniumgehalts. Nachdem die Probennahme nicht über der tiefsten Stelle des Thumsees erfolgte, sondern bei 15 m endete, ist anzunehmen, daß sich diese Tendenz nach unten weiter fortsetzt. Gleiches gilt für den Phosphor, wovon in gelöster Form etwa 5 µg P/l und als Gesamtphosphat zwischen 34 µg P/l an der Oberfläche und 95 µg P/l in 8 m Tiefe vorhanden waren.

### 25.3. Artenliste (Thumsee)

#### Röhrichtarten

*Cladium mariscus* (L.) POHL

Schneide

*Iris pseudacorus* L.

Wasser-Schwertlilie (08:1)

*Mentha aquatica* L.

Wasser-Minze (03:1)

*Menyanthes trifoliata* L.

Fiebertee (03:3; 04:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Solanum dulcamara* L.

Bittersüßer Nachtschatten (03:2)

*Scirpus lacustris* L.

Flechsimse

#### Schwimmblattarten

*Nuphar lutea* (L.) SM.

Gelbe Teichrose

*Nymphaea alba* L.

Weißer Seerosen

#### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.

*Ch. aspera f. brevifolia* A. BR.

*Ch. contraria* A. BR. ex KÜTZ.

*Ch. fragilis* DESV (02:1; 08:2)

*Ch. hispida* L.

*Ch. intermedia* A. BR.

*Ch. polyacantha* A. BR. (08:1)

*Ch. strigosa* A. BR.

*Ch. tomentosa* L.

*Ch. vulgaris* L. (04:1)

*Fontinalis antipyretica* L.

Gemeines Quellmoos

*Potamogeton berchtoldii* FIEBER

Berchtolds Laichkraut

*P. pectinatus* L.

Kamm-Laichkraut (01:1)

*Ranunculus circinatus* SIBTH.

Spreizender Wasserhahnenfuß (02:2)

### 25.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karten 67 a, b)

Im unmittelbaren Badebereich und an Stellen, wo Bäume dicht am Ufer wachsen, besitzen Röhrichtpflanzen wie Schilfrohr (*Phragmites communis*) und Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*) am Thumsee keine

Konkurrenzchancen. Recht üppige Bestände gedeihen dagegen vor allem in der östlich gelegenen Bucht, wo auch ein typisches Verlandungsufer mit der Schneide (*Cladium mariscus*) entstehen konnte, die hier den seeseitigen Rand des Röhrichts bildet. Schwimmblattpflanzen bleiben am Thumsee relativ selten, wozu sicher auch der Badebetrieb und Bootsverkehr während der Sommermonate beitragen. Die Vorkommen der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) konzentrieren sich auf die windgeschützte westlich gelegene Bucht, während die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) hinter den Absperrungen des Vogelschutzgebietes vor mechanischer Belastung bewahrt bleibt und damit günstige Standortbedingungen findet.

Unter den submersen Wasserpflanzen herrscht innerhalb der Gruppe der Armleuchteralgen eine besonders große Artenvielfalt vor. Neun verschiedene Arten konnten wir in keinem anderen bayerischen Gewässer bisher nachweisen. Allein diese hydrobotanische Ausnahmestellung sollte Grund genug für einen intensiven Gewässerschutz am Thumsee sein. Das bezieht sich vor allem auf die Vermeidung jeglicher Nährstoffeinleitung oder -einschwemmung. Von den gefundenen Arten dringt *Chara fragilis* am weitesten in die Tiefe, nämlich bis 10 m, vor. Bei etwa 7 m Tiefe endet die Verbreitung von *Chara aspera*. Die Art *Chara tomentosa* vergesellschaftet sich im Tiefenbereich um 5 m häufig mit *Chara hispida*, bildet aber im Flachwasserbereich auch häufig Einartbestände aus, die bereits stark geschädigt wirken. Regelmäßig, aber weniger häufig trifft man auf *Chara intermedia*, seltener auf *Chara aspera f. brevifolia*, *Chara contraria* und *Chara strigosa* und sehr selten schließlich auf *Chara polyacantha* und *Chara vulgaris*.

Laichkrautgewächse sind am Thumsee nur durch zwei verschiedene Arten vertreten. Einzelexemplare des Kamm-Laichkrauts (*Potamogeton pectinatus*) fanden wir am Nordufer. Die Art *Potamogeton berchtoldii* wächst vor allem am Westende des Sees und ganz selten auch am gegenüberliegenden Ufer im Bereich des Vogelschutzgebietes.

Die wasserchemischen Daten und Beobachtungen bezüglich der Vitalität der Characeen lassen vermuten, daß die Artenvielfalt in diesem für Mitteleuropa vielleicht einmaligen „Chara-See“ nicht mehr lange bestehen wird.

## 26. Der Wildensee

### 26.1. Allgemeine Angaben

In enger räumlicher Nachbarschaft zum Luttensee liegt der nur etwa 2,5 bis 3 m tiefe Wildensee. Die Entfernung zum südöstlich gelegenen Mittenwald beträgt etwa 2,5 km, die Höhenlage des Sees 1136 m über NN. Um den See verteilt liegen einige Badeplätze, wobei sich der Badebetrieb aber in Grenzen hält. Trotzdem sind an der Ufervegetation und den unterseeischen Chararassen deutliche Trittschäden zu beobachten, und auf Grund der geringen Tiefe des Sees bis in größere Entfernung vom Ufer.

Das Sediment setzt sich über weite Bereiche aus einem biogenen Kalk zusammen, dessen Entstehung mit der üppigen Characeenpopulation eng verknüpft ist. Man erkennt an der obersten Sedimentschicht, daß sie aus kalkinkrustierten Resten abge-

storbener Characeen besteht. Vor allem in Ufernähe wechselt die Sedimentzusammensetzung hin zu einem sehr dunkel gefärbten, organischen Schlamm. In Bereichen des West- und Nordostufers steht im Uferbereich auch Kies an.

## 26.2. Angaben zu den chemisch-physikalischen Verhältnissen

Die Ergebnisse einer am 23.8.83 vorgenommenen Probennahme sind der nachstehend aufgeführten Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 7

### Chemisch-physikalische Daten des Wildensees am 29.8.83

Tiefe m	Temp. °C	O <sub>2</sub> mg/l	pH	Leitf. µS	Ges. Härte °dGH	Silikat mg Si/l	NO <sub>3</sub> mg N/l	NO <sub>2</sub> µg N/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg N/l	o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µg P/l	Ges.-P µg P/l
0	23,2	10,6	8,9	252	8,4	0,19	0,81	3,1	14,8	6,2	22
1	22,0	11,0	8,9	235	9,0	0,17	0,51	2,7	19,2	n.n.	23
2	18,9	14,2	8,8	270	9,0	0,20	0,85	3,0	22,0	n.n.	13

Trotz seiner nur sehr geringen Tiefe besteht im Wildensee ein vertikaler Temperaturgradient. In der Tabelle nicht dargestellt ist ein Meßwert aus 2,5 m Tiefe. Die Temperaturabnahme im letzten halben Meter, d. h. gegenüber der Temperatur in 2,0 m betrug noch einmal 2,2° C. Zurückzuführen ist diese Schichtung auf die Wirkung zahlreicher diffuser Grundwasserzutritte, die rund um den See verteilt sind. Das kühle Grundwasser fließt über den Gewässergrund langsam der tiefsten Stelle zu, wobei es sich im Sommer auf dem Weg dorthin ziemlich stark erwärmt. Da die dem See zuströmende Grundwassermenge im Vergleich zu dessen Gesamtvolumen relativ gering ist, kommt es nicht, wie etwa beim Badersee, zu einer intensiven Wassererneuerung und damit auch nicht zu insgesamt tieferen Temperaturen im See.

Das Sauerstoffregime des Sees wird durch die den Gewässergrund fast völlig bedeckenden Characeenrasen geprägt. Der in der Tabelle ebenfalls nicht aufgeführte Meßwert für die Tiefe von 2,5 m ergab eine Konzentration von 15,5 mg O<sub>2</sub>/l, was einer Sättigung von 185 % entspricht. Die hohe Wassertransparenz, die eine Sicht bis zur tiefsten Stelle des Sees ohne weiteres zuläßt, begünstigt dabei eine intensive Photosyntheseaktivität der Characeen besonders. Bei diesen hohen Sauerstoffwerten gibt das Vorkommen von epiphytisch und benthisch lebenden Schwefelbakterien auf den ersten Blick Rätsel auf, da sie auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff angewiesen sind. Die Schwefelwasserstoffbildung in kleinen Sedimentdepressionen des Sees ist aber durchaus denkbar, zumal Characeen selbst organische Schwefelverbindungen enthalten, die beim Absterben der Algen zur H<sub>2</sub>S-Bildung beitragen. Die tiefste Senke des Sees war nicht frei von Characeen, sondern üppig bewachsen. Jedoch zeigten die Characeen dort einen dichten Bakterienaufwuchs, der sie Ende August offensichtlich zum Absterben brachte. Es ist möglich, daß die sommerliche Temperaturschichtung eine Zirkulation des Sees bis zum Grund verhindert und damit eine lokal begrenzte H<sub>2</sub>S-Bildung ermöglicht. In der ersten Hälfte der Vegetationsperiode dürfte das noch nicht der Fall sein, und die Characeen können sich in dieser Zeit entwickeln. Ob die hier diskutierten Vermutungen zutreffen oder nicht, muß unbeantwortet bleiben. Der Wildensee scheint, was die erwähnten Phänomene anbelangt, jedoch ein lohnendes Forschungsobjekt darzustellen.

## 26.3. Artenliste (Wildensee)

### Röhrichtarten

*Carex elata* ALL.

Steif-Segge

*Cardamine amara* L.

Bitteres Schaumkraut

(01:1)

*Equisetum fluviatile* L.

Teich-Schachtelhalm

(01:1; 02:1)

*Phragmites communis* TRIN.

Schilfrohr

*Scirpus lacustris* L.

Flechtsimse

### Schwimtblattarten

*Potamogeton natans* L.

Schwimmendes Laichkraut

### Untergetauchte Arten

*Chara aspera* DETH.

*Ch. fragilis* DESV

*Potamogeton gramineus* L.

Gras-Laichkraut

*P. pectinatus* L.

Kamm-Laichkraut

*Ranunculus trichophyllus* CHAIX

Haarblättriger Wasserhahnenfuß

## 26.4. Die Vegetationsverhältnisse (vgl. Karte 68)

Den Wildensee umgibt ein locker ausgebildeter Röhrichtgürtel. Die größte Häufigkeit erreicht dabei die Schnabel-Segge (*Carex rostrata*), während das Schilfrohr (*Phragmites communis*) nur selten sowie die Flecht-Simse (*Scirpus lacustris*), der Teichschachtelhalm (*Equisetum fluviatile*) und das Bittere Schaumkraut (*Cardamine amara*) nur sehr selten anzutreffen sind. Schwimtblattgewächse sind lediglich durch das Schwimmende Laichkraut (*Potamogeton natans*) vertreten. Das Vorkommen der Art konzentriert sich dabei besonders auf die Nordbucht des Sees. Im äußersten Flachwasserbereich bildet auch das Grasartige Laichkraut (*Potamogeton gramineus*) Schwimtblätter aus, ansonsten bleibt die Art aber überwiegend submers. Das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und der Haarblättrige Hahnenfuß (*Ranunculus trichophyllus*) kommen bereits seltener und immer zum Gewässerrand hin orientiert vor. Eindeutig dominiert wird die submerser Vegetation von der Armleuchteralgenart *Chara aspera*. Die Art bedeckt den größ-

# WILDENSEE

Einteilung in Kartierungsabschnitte

Mengenschätzung

◦ sehr selten

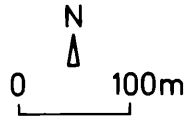
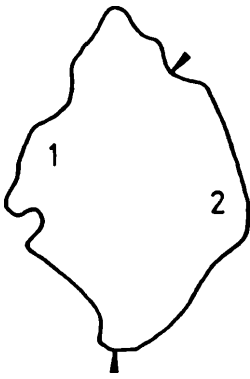
○ selten

○ verbreitet

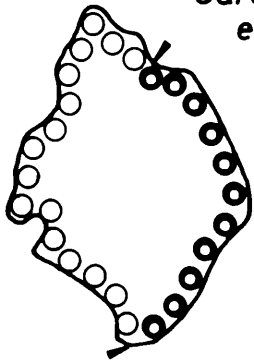
● häufig

● massenhaft

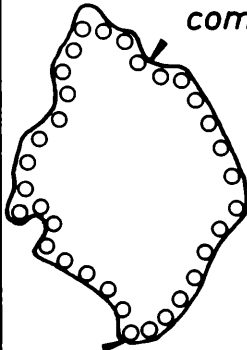
▲ Grenze eines Abschnittes



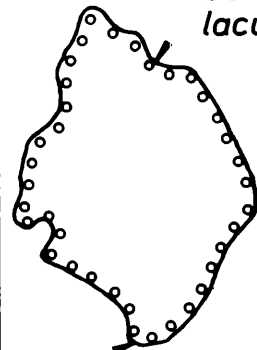
*Carex elata*



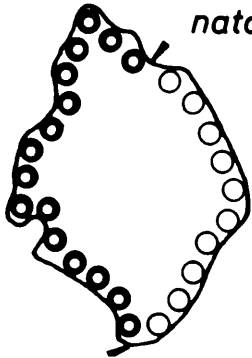
*Phragmites communis*



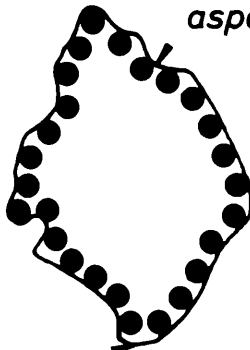
*Scirpus lacustris*



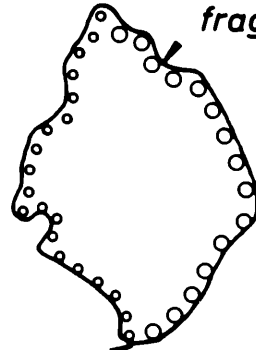
*Potamogeton natans*



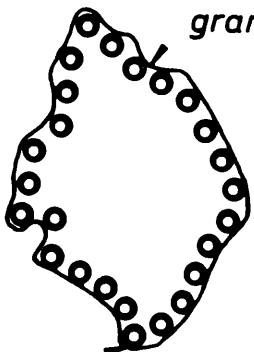
*Chara aspera*



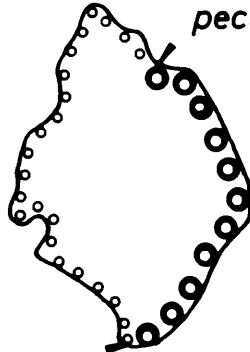
*Chara fragilis*



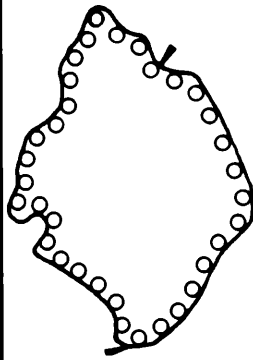
*Potamogeton gramineus*



*Potamogeton pectinatus*



*Ranunculus trichophyllus*



Karte 68: WILDENSEE – Verbreitung wichtiger Arten

ten Teil des Gewässergrundes mit einem dichten Rasen, der nur wenige Lücken aufweist. Die Wuchsform von *Chara aspera* variierte sehr stark. Bei kleinen Exemplaren von 5-10 cm Länge waren die Quirläste im Gegensatz zu 25-30 cm langen Exemplaren stark reduziert.

In der tiefsten Senke des Sees waren die Characeen von Schwefelbakterien (vermutlich *Lamprocystis*) überzogen. Die sehr auffälligen, purpurfarbenen und wie Samt wirkenden Überzüge bilden zu den hellgrünen Chara-Rasen und den ebenfalls sehr kräftig grünen Grünalgenwatten der Gattung *Spirogyra* einen reizvollen farblichen Kontrast, wie er in unseren Gewässern nur selten zu finden ist. Überzüge mit diesen Schwefelbakterien kommen im See auch noch an anderen lokalen Vertiefungen innerhalb der unterseeischen Rasen vor. Eine weitere Armleuchteralgen-Art, *Chara fragilis*, trat gegenüber der Art *Chara aspera* in ihrem Vorkommen völlig in den Hintergrund.

## Zusammenfassung

In den Jahren 1981 und 1983 wurde die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen in 50 bayerischen Gewässern kartiert. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch chemisch-physikalische Wasseranalysen.

Die Kartierung der untergetauchten Arten erfolgte durch autonomes Tauchen. Um die quantitative Verbreitung der einzelnen Arten bewerten zu können, erfolgte eine Schätzung der Pflanzenmenge nach einer fünfstufigen Skala.

Die untersuchten Gewässer lassen sich hydrobotanisch folgendermaßen charakterisieren:

Am **Alatsee** konnten wir 7 Röhricht-, 3 Schwimmblatt- und 7 untergetauchte Arten feststellen. Erwähnenswert ist an diesem meromiktischen See das Vorkommen von 5 verschiedenen Armleuchteralgenarten (Characeen), die quantitativ absolut dominieren.

Im **Alpsee** kamen 3 Röhrichtarten, 1 Schwimmblattart und 16 untergetauchte Arten vor. An diesem oligotrophen See, in dem wir 7 verschiedene Armleuchteralgenarten nachweisen konnten, reichte deren Verbreitung bis in eine Tiefe von 26 m. Eine Wassermoosart war sogar noch in 30 m Tiefe anzutreffen.

Am **Attlesee** dominierten eutraphente Arten. Wir wiesen 5 Röhricht- und 9 untergetauchte Arten nach. Schwimmblattpflanzen fehlten. Die größte Häufigkeit erreichte das Ährige Tausendblatt.

Der **Badersee** ist ein hochtransparenter Quellsee, dem Röhricht- und Schwimmblattarten fehlen. Von den 6 untergetauchten Arten sind 4 Characeen, die mengenmäßig dominieren.

Der **Bannwaldsee** ist ein sehr artenreicher See, in dem wir 6 Röhricht-, 3 Schwimmblatt- und 18 untergetauchte Arten feststellen konnten. Die stärkste Verbreitung zeigen die Röhrichtarten sowie See- und Teichrose.

Der **Brunnensee** stellt ein oligotrophes, von Grundwasser gespeistes Gewässer dar. Wegen der hohen Wassertransparenz können Armleuchteralgen, die mit 6 Arten vertreten sind und mengenmäßig vorherrschen, bis in Wassertiefen von 10 m vordringen. Neben diesen 6 Armleuchteralgenarten sind 4 weitere untergetauchte Arten, 3 Schwimmblattarten und 6 Röhrichtarten anzutreffen.

Innerhalb der **Eggstätt-Hemhofer-Seenplatte** findet man Gewässer unterschiedlichsten Trophiegrades. Das schlägt sich deutlich im Bewuchs mit makrophytischen Wasserpflanzen nieder. Die größte Artenvielfalt konnten wir am **Langbürgersee** feststellen. Neben 9 Röhrichtarten und 3 Schwimmblattarten gedeihen 23 untergetauchte Arten, wovon acht zu den Armleuchteralgen zählen. Artenreich ist auch noch die Vegetation des **Schloßsees**, wobei sich aber die Verbreitung der 20 untergetauchten Arten in diesem meromiktischen See auf den Tiefenbereich bis 6 m beschränkt. Neben 3 Schwimmblattarten konnten wir noch 9 Röhrichtarten nachweisen. Am flachen **Kautsee** treten Characeen nur sporadisch auf, mengenmäßig dominieren Röhrichtpflanzen. Der **Hartsee** weist bereits deutliche Eutrophierungszeichen auf. Mit 12 Arten zeigt der Röhrichtgürtel die größte Diversität. Daneben kommen 3 Schwimmblatt- und 11 submersen Arten vor. Am eutrophen **Pelhamer See** fehlen untergetauchte Makrophyten gänzlich. Besonders vielfältig ist dagegen der Röhrichtgürtel mit 12 verschiedenen Arten ausgebildet. Schwimmblattpflanzen werden durch zwei verschiedene Vertreter repräsentiert. Am **Kesselsee** verteilen sich von den insgesamt 14 verschiedenen Arten 5 auf das Röhricht, 3 auf die Schwimmblattgewächse und 6 gehören zur submersen Flora. Der **Einbessee** nimmt wasserchemisch und floristisch eine Sonderstellung ein. In diesem Weichwassersee konnten wir nur 2 Vertreter des Röhrichts und eine Schwimmblattart nachweisen. Untergetauchte Pflanzen fehlen völlig.

Der **Eibsee** ist trotz seiner hohen Wassertransparenz und seiner Nährstoffarmut eines der artenärmsten Gewässer, die wir untersuchten. Wir konnten nur zwei untergetauchte Arten in sehr geringer Häufigkeit nachweisen. Gründe für diese ungewöhnlichen Verhältnisse werden diskutiert.

Der wenig transparente **Elb- oder Aitranger See** beherbergt 6 Röhricht-, 1 Schwimmblatt und 8 untergetauchte Arten. Bei den letztgenannten überwiegen nährstoffliebende Vertreter.

Der künstlich angelegte **Eschacher Weiher** wird hydrobotanisch durch ein Massenvorkommen der Kanadischen Wasserpest charakterisiert. Neben weiteren 7 untergetauchten Arten kommen zwei Schwimmblatt- und 5 Röhrichtarten vor.

Trotz seiner Nährstoffarmut und hohen Wassertransparenz gedeihen im **Ferchensee** keine Characeen, und auch die fünf von uns nachgewiesenen submersen Makrophyten wiesen nur geringe Häufigkeiten auf. Gleiches gilt für die zwei Vertreter der Schwimmblattgewächse und die 6 Röhrichtarten.

Beim **Griessee** handelt es sich um einen Moorsee, der eine geringe Artenvielfalt, insbesondere der untergetauchten Vegetation (3 Arten) aufweist. Neben 2 Schwimmblattarten fanden wir im dichten Röhrichtgürtel 7 verschiedene Arten.

Am flachen **Hofstätter See** verhindert eine dicke organische Schwesbschicht das stärkere Aufkommen

untergetauchter Arten, von denen nur zwei Vertreter vorkamen. Das Röhricht ist mit 8 Vertretern dagegen artenreich und z. T. großflächig ausgebildet. Daneben kommen 2 Schwimmblattarten vor.

Der **Klosterseeonersee** beherbergt im Verhältnis zu seiner Größe den artenreichsten Bestand an makrophytischen Wasserpflanzen. Wir konnten 12 Röhricht-, 3 Schwimmblatt- und 13 verschiedene untergetauchte Arten nachweisen.

Der **Lautersee** weist anthropogen bedingte Eutrophierungserscheinungen und Vegetationsschäden auf. Keine der insgesamt 10 Arten, von denen 5 zum Röhricht, zwei zu den Schwimmblattgewächsen und 3 zur untergetauchten Vegetation zählen, erreicht jemals größere Häufigkeiten.

Der **Luttensee** stellt nach einer Abwasserfernhaltung wieder ein transparentes und oligotrophes Gewässer dar. Es dominiert mengenmäßig die oligotraphente Armleuchteralgenart *Chara hispida*. An untergetauchten Arten kommt nur noch eine andere Characee vor. Daneben gedeihen noch 2 Schwimmblatt- und 4 Röhrichtarten.

Am künstlich angelegten **Notzenweiher** herrscht mengenmäßig die Kanadische Wasserpest eindeutig vor, aber auch eine Armleuchteralgenart erreicht große Häufigkeiten. Die übrigen 6 submersen Arten traten wesentlich seltener auf. Der schütterere Röhrichtgürtel setzt sich aus vier verschiedenen Arten zusammen. Daneben kommt noch mit der Kleinen Wasserlinse ein sog. Wasserschweber vor.

Mit 27 verschiedenen Arten gehört der **Öschlesee** unter den untersuchten Gewässern zu denen mit der größten Artenvielfalt. Wir stellten 12 Röhricht- und ebensoviele untergetauchte Arten fest. Daneben gedeihen 2 Vertreter der Schwimmblattgewächse und eine frei auf der Wasseroberfläche schwimmende Art.

Im Bereich der sich aus 19 Einzelgewässern zusammensetzenden **Osterseen** konnten wir insgesamt 54 verschiedene Wasserpflanzenarten nachweisen. 20 von diesen besiedeln den Röhrichtgürtel, 30 gehören der untergetauchten Vegetation und drei der Schwimmblattzone an, eine zählt zu den Wasserschwebern. An dieser in Süd-Nord-Richtung durchflossenen Seenkette war ein von der Nährstoffbelastung besonders deutlich beeinflusstes Verbreitungsmuster der Arten festzustellen. Lediglich in den nährstoffarmen Seen gediehen z. B. *Chara hispida*, *Ch. aspera*, *Utricularia minor*, *U. ochroleuca* und *Potamogeton coloratus*. Andere Arten besiedeln Seen, die näher an den Ortschaften liegen, aber noch nicht als eutroph zu bezeichnen sind, etwa *Ch. tomentosa*, *Ch. contraria*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum* und *Utricularia australis*. Alle erwähnten Arten fehlen in den ortsnahen Seen vollständig oder sie waren nur mit wenigen Exemplaren vertreten. Dort dominieren *Fontinalis antipyretica* und *Hippuris vulgaris*, wenn neben einer Nährstoffbelastung auch Grundwasser zuströmt und *Ceratophyllum demersum*, wenn dieser Grundwasserzustrom fehlt. Die im Vergleich zu den Untersuchungen von MELZER (1976) festgestellten Vegetationsveränderungen werden ausführlich erörtert.

Der **Rießersee** gehört neben dem Eib- und Einbessee zu den artenärmsten Seen, die untersucht wurden. Es konnten lediglich 3 Röhrichtarten nachgewiesen werden, jedoch kein Vertreter der

Schwimmblattgewächse oder der untergetauchten Vegetation.

Am **Schwaigsee** erreicht nicht eine der 7 verschiedenen Röhrichtarten die größte Häufigkeit, sondern ein Schwimmblattgewächs, die Weiße Seerose, sowie zwei untergetauchte Arten, das Spiegelnde Laichkraut und eine Armleuchteralgenart. Schwimmblattarten kamen mit insgesamt 4, untergetauchte mit 7 verschiedenen Vertretern vor.

Am **Schwanssee** kommen insgesamt zwar nur 8 verschiedene Arten vor, aber fünf von ihnen erreichten in jeweils einem Abschnitt ein massenhaftes Vorkommen. Neben 2 Röhrichtarten gedeihen eine Schwimmblatt- und 5 untergetauchte Arten.

Nach einer Entkrautungsaktion zeichnet den **Soiener See** heute wieder ein artenreicher submerser Bestand aus. 8 untergetauchten Arten stehen 4 Vertreter des Röhrichts, 2 Schwimmblattarten und eine frei auf der Wasseroberfläche schwimmende Art gegenüber.

Die starken künstlich hervorgerufenen Wasserstandsschwankungen des **Spitzingsees** toleriert als einzige der vier Röhrichtarten der Teichschachtelhalm gut. Unter den 6 untergetauchten Arten dominiert die Kanadische Wasserpest. Daneben kommt noch ein Vertreter der Schwimmblattgewächse vor.

Den **Thumsee** kann man als typischen „Chara-See“ bezeichnen. Nicht weniger als 9 der insgesamt 13 untergetauchten Arten gehören zu den Armleuchteralgengewächsen. Die mengenmäßige Bedeutung der 7 Röhricht- und 2 Schwimmblattarten tritt dagegen deutlich zurück.

Den Grund des kleinen und flachen **Wildensees** deckt zu ca. 80 % die Armleuchteralgenart *Chara aspera*. Die übrigen 4 submersen Arten können daher keine großen Häufigkeiten erreichen. Neben einem Vertreter der Schwimmblattgewächse gedeihen noch 5 Röhrichtarten.

## Abstract

In 1981 and 1983 the macrophytic flora of 50 Bavarian lakes was mapped. The distribution of submerged species was investigated by scuba-diving. In addition, lake water was analysed chemically and physically to characterize the nutritional status of the lakes and to investigate potential correlations with the distribution patterns of the aquatic flora.

Nutrient conditions as well as species composition varied significantly between lakes. Hydrobotanically, the most interesting lakes were the so-called „Chara-Lakes“, which represent a scarce type of lakes in Central Europe nowadays. This floristic lake-type includes the Thumsee (9 different Chara species), Langbürgner See (8 species), Schloßsee (8 species), Alpsee (7 species), Brunnensee (6 species), Alatsee (5 species) and some lakes of the Osterseen, where in total 9 different species were found, as well as Wildensee and Luttensee both of which were dominated by one species. Although one or more different Chara species were found in 16 other lakes, these lakes may not be classed as „Chara-Lakes“ since the Characeae are only poorly represented in them.

Rießersee, Eibsee and Einbessee were exceptionally poor in macrophytic species (2 and 3 respectively). The last is the only soft-water lake investigated.



Despite the fact that limestone gravel covers part of the sediment, the water exhibited a very low electrical conductivity. Probable reasons are discussed. Lakes rich in phosphorus exhibited low water transparency, a distribution of macrophytes mainly in the uppermost meters of the submerged bank and a dominance of few species. In no case did inorganic nitrogen seem to inhibit the growth of the submerged flora.

Further specific floristic conditions of each lake are described and possible reasons are discussed for the distribution of plants.

### Danksagung

Für ihre Beteiligung an der Tauchkartierung und den wasserchemischen Analysen sei allen Helfern, die hier nicht alle namentlich genannt werden können, herzlich gedankt. Besonders hervorheben möchten wir aber die Mitarbeit von Stephan Heim, Ursula Heim, Eva Rothmeyer und Reinhold Sirch. Sehr erleichtert wurden unsere Untersuchungen durch die Unterstützung vieler Seenbesitzer und -pächter sowie durch Angehörige der Wasserwacht und der Naturschutzbehörden. Verschiedene Wasserwirtschaftsämter überließen uns freundlicherweise wasserchemische Daten. Für die Nachbestimmung kritischer Arten danken wir Herrn Dr. E. DÖRR (Kempten), Herrn Dr. W. KRAUSE (Aulendorf), Herrn Dr. D. T. E. van der PLOEG (Sneek, Niederlande) und Herrn Dr. W. ZIELONKOWSKI (Laufen). Die Untersuchung von 15 der 50 Seen wurde über ein Forschungsprogramm des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziert.

### Literaturverzeichnis

- BAUER, J. (1985):  
Physikalische, chemische und biologische Charakterisierung der Untersuchungsgewässer; in: Die Bedeutung von Makrophyten für die Gewässerökologie. – Bayer. Landesanst. f. Wasserforsch., Ber. (1/85): 5-54.
- BAYERISCHES LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT (1982):  
Verzeichnis der Seen in Bayern, München 1982.
- EBERL, B. (1930):  
Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Ihr Ablauf, ihre Chronologie auf Grund der Aufnahmen im Bereich des Lech- und Illergletschers. – Verl. B. Filsers; Augsburg.
- FORSBERG, C. (1964):  
The vegetation changes in Lake Takern. – Svensk Bot. Tidskrift 58 (4): 1-67.
- FORSBERG, C. (1965):  
Nutritional studies of Chara in axenic cultures. – Physiol. Plant. 18 275-290.
- FRÖBRICH, G., MANGELSDORF J., SCHAUER T., STREIL J. u. WACHTER H. (1977):  
Gewässerkundliche Studie über sechs Seen bei Füssen im Allgäu. – Schr. R. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch. (3/1977).
- GESSNER, F. (1953):  
Die Limnologie des Naturschutzgebietes Seeon. – Arch. Hydrobiol. 47 (4).
- HAMM, A. (1976):  
Untersuchungen zur Nährstoffbilanz am Tegernsee und Schliersee nach der Abwasserfernhaltung. – Z. Wasser- und Abwasserforschung 9 (4) 110-149.
- HAMM, A. (1982):  
Stoffbilanzierung am Kochelsee, Vortragsveranstaltung des SFB 81, TU München 21.10.1982.
- HIBLER, J. J. (1918):  
Der Eibsee und der Bader See, München 1918 127
- INST. F. BOTANIK T.U.M. u. BAYER. LANDESANSTALT F. WASSERFORSCHUNG (1985):  
Die Bedeutung von Makrophyten für die Gewässerökologie (Gemeinsamer Bericht). – Ber. Bayer. Landesanst. f. Wasserf. (1/85): 1-345.
- JERZ, H. (1974):  
Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Buchenberg 8327. – Bayer. Geol. Landesamt.
- KILIAN, P. P. (1949):  
Das Eggstätter Seengebiet, limnologisch-morphologische Studie einer Kames-Landschaft. – Diss. Univ. München.
- KOHLER, A., VOLLRATH, H. u. BEISL, E. (1971):  
Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäßmakrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). – Arch. Hydrobiol. 69:333-365.
- KOHLER, A., WÖNNEBERGER, R. u. ZELTNER, G. (1973):  
Die Bedeutung chemischer und pflanzlicher „Verschmutzungsindikatoren“ im Fließgewässersystem Moosach (Münchener Ebene). – Arch. Hydrobiol. 72 533-549.
- KRAUSE, W. (1981):  
Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. – Limnologica (Berlin) 13 (2):399-418.
- LACHAVANNE, J.-B. u. WATTENHOFER, R. (1975):  
Contribution à l'étude des macrophytes du Léman; Comm. Internat. pour la Prot. des Eaux du Léman et du Rhône contre la pollution; Genf.
- LANG, G. (1968):  
Vegetationsveränderungen am Bodenseeufer in den letzten hundert Jahren. – Schr. Ver. z. Geschichte d. Bodensees 86:295-319.
- LANG, G. (1973):  
Die Makrophytenvegetation in der Uferzone des Bodensees. – Int. Gew.-schutzkomm. Bodensee 12.
- LENHART, B. u. STEINBERG, CH. (1984):  
Limnochemische und limnobiologische Auswirkungen der Versauerung von kalkarmen Oberflächengewässern. – Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch. (4/84).
- MELZER, A. (1976):  
Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen; Diss. Bot. 34; Verl. J. Cramer; Vaduz.
- MELZER, A. (1980):  
Ökophysiologische Aspekte der N-Ernährung submerser Wasserpflanzen. – Verh. Ges. Ökol. (Weihenstephan 1979). 357-362.
- MELZER, A. (1981):  
Veränderungen der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees und ihr indikatorische Bedeutung. – Limnologica (Berlin) 13 (2):449-458.
- MELZER, A. u. HERRMANN, M. (1980):  
Die quantitative Verbreitung der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 51:31-56.
- MELZER, A., MARKL, A. u. MARKL, J. (1981):  
Die submersen Makrophytenvegetation des Königssees in ihrer quantitativen Verbreitung. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 52:99-107.
- MELZER, A. u. REDSLOB, A. (1981):  
Hydrochemische und botanische Untersuchungen an Seen und Weihern im Landkreis Ebersberg. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 52:49-69.

- MELZER, A. u. ROTHMEYER, E. (1983):  
Die Auswirkung der Versauerung der beiden Arberseen im Bayerischen Wald auf die Makrophytenvegetation. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 54, 9-18.
- MELZER, A. u. WEISS, K. (1985):  
Die jahreszeitliche Vegetationsentwicklung von Characeen in Fohn- und Lustsee; in: Die Bedeutung von Makrophyten für die Gewässerökologie. – Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserf. (1/85): 125-132.
- NÄHER, W., MANGELSDORF J. u. SCHEUERMANN, K. (1974):  
Der Waginger-Tachinger-See. – Schr. R. Bayer. Landesst. Gewässerkd. München 9.
- PIEHLER, H. (1974):  
Die Entwicklung der Nahtstelle von Lech-, Loisach- und Ammergletscher vom Hoch- bis Spätglazial der letzten Vereisung. – Münchner Geogr. Abh. 13:1-105.
- REIS, O. M. (1911):  
Erläuterungen zur Geol. Karte des Wettersteingebirges 1:25.000; 1. Teil. – Geogn. Jahresh. 23:61-114.
- RUTTNER, F. (1947):  
Zur Frage der Karbonat-Assimilation bei Wasserpflanzen. Eine vergleichende Untersuchung. I. Teil: Die beiden Haupttypen der Kohlenstoffassimilation. – Öster. Bot. Z. 94:265-294.
- RUTTNER, F. (1948):  
Zur Frage der Karbonat-Assimilation bei Wasserpflanzen. Eine vergleichende Untersuchung. II. Teil: Das Verhalten von *Elodea canadensis* und *Fontinalis antipyretica* in Lösungen von Natrium- bzw. Kaliumkarbonat. – Österr. Bot. Z. 95:208-238.
- SCHAUER, T. (1979):  
Die Vegetation des Spitzing Sees. – Jb. d. Ver. z. Schutz d. Bergwelt 44:137-154.
- SCHOLZ, H. u. SCHOLZ, U. (1981):  
Das Werden der Allgäuer Landschaft; Verl. f. Heimatpflege; Kempten.
- SIMON, L. (1921):  
Die Entstehung der voralpinen bayerischen Seen. – Forsch. Bayer. Landeskd. 2:1-111.
- STEINBERG, CH. u. LENHART, B. (1982):  
Zur Limnologie des Starnberger Sees. – Schr. R. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch. (3/82).
- STEINBERG, CH. u. MELZER, A. (1982):  
Stoffkreisläufe in Binnengewässern. – Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch. (2/82):1-134.
- STREIL (1978):  
Die Wasserstände des Eibsees; Sonderdr. aus DGM 22 (4):101-106.
- SUKOPP, H., MARKSTEIN, B. u. TREPL, L. (1975):  
Röhrichte unter intensivem Großstadteinfluß. – Beitr. naturk. Forsch. Südw.-Dtschl. 34:371-385.
- SUOMINEN, J. (1968):  
Changes in the aquatic macroflora of the polluted Lake Rautevesi, SW-Finland.-Ann. Bot. Fenn. 5:65-81.
- TÜXEN, R. u. PREISING, E. (1942):  
Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. – Dtsch. Wasserwirtsch. 37:10-17 u. 57-69.
- UOTILA, P. (1971):  
Distribution and ecological features of hydrophytes in the polluted Lake Vanajavesi, S-Finland.-Ann. Bot. Fenn. 8:257-295.
- WEITNAUER, A. (1972):  
Allgäuer Chronik Text III; Verl. f. Heimatpflege Kempten.
- WIEGLEB, G. u. TODESKIN., D. (1983):  
Habitat conditions of *Potamogeton alpinus* BALBIS stands and relations to the plants biological characters. – Proc. Int. Symp. Aquatic Macrophytes, Nijmegen 18-23 Sept. 1983:311-317.
- WILHELM, F. (1957):  
Die Seeoner Seengruppe.-Mitt. Geogr. Ges. München 42:35-47.
- ZORELL, F. (1941):  
Beiträge zur Kenntnis der oberbayerischen Osterseen. - Mitt. Geogr. Ges. München 33 19-42.
- Für die Bestimmung der Arten benutzte Literatur:**
- CASPER, S. J. & KRAUSCH, H. D. (1980, 1981):  
Pteridophyta und Antophyta; Teil I und II. – In: Süßwasserflora von Mitteleuropa., Hrsg.: Ettl, H., Gerloff, J. u. Heyning, H.; Gustav Fischer Verl. Stuttgart.
- CORILLION, R. (1957):  
Les Charophycées de France et d'Europe Occidentale. – Reprint Verl. O. Koeltz. Koenigstein.
- KRAUSE, W. (1976):  
Characeen aus Bayern. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 47, 229-257.
- Anschrift der Verfasser:**  
Dr. Arnulf Melzer,  
Raimund Harlacher und  
Elise Vogt  
Institut für Botanik und Mikrobiologie der  
Technischen Universität München  
Arcisstr. 21  
D – 8000 München 2

# Vergleichende Temperatur- und Sauerstoffmessungen in 30 südbayerischen Seen während der Frühjahrsvollzirkulation und der Sommerstagnation im Jahr 1984

Günther Michler

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1. Einleitung und Aufgabenstellung</b>	146
<b>2. Bedeutung von Temperatur und Sauerstoff in stehenden Gewässern</b>	146
<b>3. Einordnung der Meßwerte in die allgemeine Seetypenlehre</b>	148
3.1 Verschiedene Sauerstoffparameter ( $O_2$ -„Defizite“ nach HUTCHINSON)	148
3.2 Deskription von Sauerstoffkurven nach ÅBERG & ROHDE	148
3.3 THIENEMANNs Seentypenlehre nach dem Volumenverhältnis von Epilimnion zu Hypolimnion	149
<b>4. Auswertung der Meßergebnisse</b>	150
<b>4.1 Seen mit großer Tiefe (ca. &gt; 60 m), von Natur oligotroph</b>	150
4.1.1 noch oligotrophe Seen mit $\beta$ -orthograder Sauerstoffkurve, geringer bis mittlerer Übersättigung und (selten) geringer heterograder Überprägung	
Königssee	150
Tegernsee	151
Walchensee	151
Würmsee (Starnberger See)	153
4.1.2 Seen mit $O_2$ -Kurve im Übergang von $\beta$ -orthograd zu klinograd, mittlerer Übersättigung und kräftiger, negativ heterograder Überprägung, in der Regel mesotroph bis schwach eutroph.	
Ammersee	153
Chiemsee	154
<b>4.2 Seen mit geringer Tiefe (ca. &lt; 60 m) mit natürlicher Tendenz zur Eutrophierung</b>	155
4.2.1 Seen mit klinograder $O_2$ -Kurve und negativ heterograder Überprägung, in der Regel mesotroph bis stark eutroph	
Staffelsee	155
Weißensee	155
4.2.2 Seen mit klinograder $O_2$ -Kurve und meist positiv heterograder Überprägung, in der Regel bereits eutroph	
Wörthsee	156
Schliersee	156
Großer Ostersee	157
Alpsee (Füssen)	158
Eibsee	158
4.2.3 Seen mit unvollständiger Zirkulation	
Alatsee	158
4.2.4 Seen mit extrem klinograder $O_2$ -Kurve und $O_2$ -Schwund bereits in geringer Tiefe, max. Tiefe meist < 30 m, in der Regel eutroph bis polytroph	
Pilsensee	160
Abtsee	161
Fohnsee	161
Hartsee	161
Hopfensee	161
Weßlingersee	161
Alpsee (Immenstadt)	162
Bannwaldsee	162
Niedersonthofener See	163
Riegsee	163
Seeoner See	163
Simssee	164
Waginger See	164

<b>4.3 Seen mit kräftigem Wasserdurchsatz</b>	
4.3.1 Natürliche Seen	
Kochelsee	165
4.3.2 Stauseen	
Seehamer See	165
Forggensee	165
<b>5. Kurzfassung/Summary</b>	166
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	166

## 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Auf bayerischem Gebiet gibt es 25 Seen mit mehr als 1 km<sup>2</sup> Oberfläche, die insgesamt 270 km<sup>2</sup> bedecken und einen Gesamtvolumen von rund  $9 \times 10^9$  m<sup>3</sup> darstellen. Daneben existieren noch zahlreiche kleinere, natürliche Seen sowie künstliche Stauseen, Hochwasserrückhaltebecken, Teiche und Baggerseen. WILHELM (1972) zählte 637 stehende Gewässer in den Bayerischen Alpen und im Alpenvorland. Das Seenverzeichnis des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft führt 7644 erfaßte Seen auf mit einer Fläche von 57181,46 ha (etwas mehr als die Gesamtfläche des Bodensees mit 53848 ha) und einem Volumen von 10820,87 hm<sup>3</sup>. Hinzu kommen noch ca. 7400 nicht erfaßte kleinere Seen. (vgl. Übersicht)

Über eine ganze Reihe der größeren Seen liegen bereits Untersuchungen zum Temperatur- und Sauerstoffhaushalt sowie (allerdings in geringerer Zahl) zum Nährstoffhaushalt vor. Eine Auswahl findet sich im Literaturverzeichnis dieser Arbeit. Die dabei ermittelten Temperatur- und Sauerstoffwerte aus den einzelnen Seen können jedoch wegen der von Jahr zu Jahr schwankenden hydrographischen Verhältnisse, der zunehmenden Eutrophierung bzw. der mittlerweile durchgeführten Abwasserfernhaltemaßnahmen sowie wegen des unterschiedlichen Witterungsablaufes in den einzelnen Jahren nicht miteinander verglichen werden.

Um ein möglichst aktuelles und vergleichbares Bild der Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse zumindest einmal im Jahr zu gewinnen, wurden am Institut f. Geographie d. Universität München 1974, 1975, 1976 und 1978 möglichst gleichzeitig (d. h. innerhalb weniger Tage bei möglichst einheitlicher Witterung) an den bedeutendsten 30 bis 35 Seen Südbayerns Temperatur- und Sauerstoffmessungen jeweils während der Sommerstagnation im August durchgeführt.

Da die sommerliche Messung – insbesondere die hypolimnische Sauerstoffzehrung als Indikator für den Eutrophierungsgrad – nur im Vergleich mit dem Sauerstoffgehalt zu Beginn der Vegetationsperiode, also nach der Frühjahrsvollzirkulation, hinreichend aussagekräftig wird, wurde im Jahre 1984 sowohl eine quasi-synoptische Messung im April zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation und eine im August zur Zeit der Sommerstagnation durchgeführt. Anhand der aufgenommenen Temperatur- und Sauerstoffvertikalprofile soll eine Typisierung der 30 ausgewählten Seen nach den im folgenden beschriebenen Kriterien vorgenommen werden.

## 2. Bedeutung von Temperatur und Sauerstoff in stehenden Gewässern

Nahrungshaushalt, Produktivität und Stoffkreislaufintensität sind in unseren Seen in der Regel kausal und konsekutiv so innig miteinander verbunden, daß der Charakter des einen durch die Natur der anderen weitgehend bestimmt wird bzw. sich dem Limnologen erschließt. So läßt z. B. ein intensiver Stoffkreislauf im allgemeinen den Rückschluß auf Nährstoffreichtum und hohe Produktivität zu. Insofern dient der Sauerstoffhaushalt als wichtiger Parameter der heterotrophen bzw. tropholytischen Prozesse seit Jahrzehnten als wesentliches Kriterium bei der Klassifikation von Seen nach dem Eutrophierungsgrad bzw. nach der Wassergüte.

Daß der vertikale Verlauf der Sauerstoffkonzentration in Seen gemäßigter Breiten bereits viel über deren Stoffwechselcharakter aussagt, haben bereits 1911 BIRGE & JUDAY am Beispiel der nordamerikanischen Seen aufgezeigt. GROTE (1934) formulierte: „Es gibt keinen anderen Faktor, der so das Gesamtgeschehen im See charakterisierte, also einen derartig natürlichen Indikator und Klassifikationsparameter für die gesamte Seetypenlehre darstellte, wie die wechselnden Sauerstoffschichtungsverhältnisse. Wollen wir die Diagnose stellen auf die Typenzugehörigkeit eines Gewässers, kommen wir nicht vorbei an ihrem charakteristischen Symptom, dem Sauerstoffgehalt“

Die Posten der Sauerstoffbilanz in einem Gewässer sind:

1. Zufuhr aus der Atmosphäre und durch Photosynthese
2. Verbrauch durch Atmung bzw. Mineralisation organischer Stoffe (Destruktion) und Verlust an die Atmosphäre.

Sauerstoff gelangt aus der Atmosphäre durch die Oberfläche in das Wasser und wird durch vertikale Wasserbewegung in die Tiefe verfrachtet. Bei jeder Vollzirkulation eines holomiktischen Sees (in unseren dimiktischen Seen im Herbst und im Frühjahr bei Homothermie) gelangt sauerstoffreiches Wasser bis zum Grund. In der gesamten Wassermasse ist dann annähernd gleichviel Sauerstoff pro Volumeneinheit gelöst. Im günstigen Falle wird durchgehend 100%ige Sättigung erreicht.

Im Sommer ist der Sauerstoffaustausch auf die thermisch mehr oder weniger homogene Oberflächenschicht, das Epilimnion, beschränkt. Darunter liegt eine Schicht mit steilem Temperaturgradienten (ebenso Dichtegradienten), das Metalimnion. Durch diese Trennschicht erfolgt keinerlei konvektiver Wasseraustausch mit der Tiefe, so daß im Tiefenwasser unterhalb des Metalimnions, im Hypo-

**Übersicht: Die Seen in Südbayern und ihre wichtigsten Kennwerte**

Abb.-Nr.	See	Höhe üb. NN in m	Fläche km <sup>2</sup>	Nieder- schlags- gebiet km <sup>2</sup>	max. Tiefe in m	mittl. Tiefe in m	Volumen 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Umfang km	Typ
14	Alatsee	868	0,12	0,57	32,1	15,33	1,84	1,4	tekt./glaz.
12	Alpsee Füssen	814	0,88	5,33	62	27,8	24,51	5,0	tekt./glaz.
21	Alpsee Immenstadt	724	2,5	14,0	26	14,1	34,0	8,2	ZBS*
5	Ammersee	533	47,6	988,5	82,5	37,8	1779,0	42,0	ZBS
22	Bannwaldsee	786	2,3	21,4	ca.12	ca. 5	13,4	6,2	ZBS
6	Chiemsee	518	82,2	1388,3	73,4	25,6	2053,0	63,9	ZBS + Kessel
13	Eibsee	973	1,7	3,3	32,5	14,0	26,1	8,1	Bergsturz/glaz.
17	Fohnsee	590	0,21	30,6	23,7	10,8	2,3	1,8	Kessel
30	Forggensee	782	15,8	1319,9	40	8,8	149,0**	30,0	Stausee
—	Freiberger See	930	0,16	1,43	ca.36	ca. 1,85	ca. 1,85	1,4	glaz.
18	Hartsee	530	0,87	ca. 25	39	18,3	15,9	5,1	Kessel
19	Hopfensee	785	2,2	32,4	11,1	4,5	10,0	7,0	ZBS
28	Kochelsee	599	5,9	683,7	66,2	31,3	183,2	14,2	ZBS/tektonisch
1	Königssee	602	5,3	137,6	189	93,1	481,5	19,9	tekt./glaz.
23	Niedersonthofener See	704	1,2	15,0	22,7	10,6	13,8	5,9	ZBS
11	Ostersee	590	1,2	30,6	29,8	11,7	14,0	7,5	Kessel
15	Pilsensee	534	1,9	52,1	16,0	9,3	18,0	6,0	ZBS
24	Riegsee	653	1,7	18,0	14,0	5,6	10,4	7,5	ZBS
10	Schliersee	776	2,2	27,1	40,3	23,9	53,1	7,4	ZBS
29	Seehamer See	652	1,3	9,3	12,0	3,8	5,0	6,0	Kessel/Stausee
25	Seoner See	533	0,47	ca. 8,75	16	5,9	2,76	4,4	Kessel
26	Simssee	470	7,0	83,8	22,5	13,4	87,6	14,8	ZBS
7	Staffelsee	649	7,7	25,7	38,1	9,7	74,9	18,3	ZBS
4	Starnberger See	584	57,2	312	127	54	3100,0	49,2	ZBS
—	Sylvensteinspeicher	764	6,2	1129,7	24	16,9	105,0**	15,5	Flußstausee
—	Tachingener See	442	2,36	ca. 41	16,5	9,15	21,6	9,3	ZBS
2	Tegernsee	725	9,1	210,5	72,2	36,6	324,0	20,0	ZBS
27	Waginger See	441	6,61	123,5	27	13,7	90,4	15,9	ZBS
3	Walchensee	802	16,3	770	192	81,8	1340,1	26,2	tekt./glaz.
8	Weissensee	787	1,4	14,6	25	13,5	17,4	6,5	ZBS
20	Wesslinger See	590	0,16	ca. 3,75	12,5	ca. 3,5	ca. 1,1	1,85	glaz./Toteis
9	Wörthsee	560	4,5	27,2	33	13,5	17,4	8,5	ZBS

\* Zungenbeckensee;

\*\* Höchststau

limnion, die Temperatur etwa 4° C kaum übersteigt, die dem Dichtemaximum des Wassers entspricht. Man nennt diesen Zustand der stabilen thermischen Schichtung im See die Sommerstagnation. Perioden der Zirkulation und Stagnation sind in einem See die besonders signifikanten Stationen der dynamischen Vorgänge im Laufe eines Jahres. Es ist für den Stoffhaushalt der Seen von größter Bedeutung, daß während der Zirkulation Oberflächenwasser bis in die Tiefe transportiert wird, aber während der Stagnation das hypolimnische Tiefenwasser von den darüberliegenden Wasserschichten weitgehend isoliert ist.

Während der Sommerstagnation macht sich im thermisch isolierten Hypolimnion der biogene Sauerstoffverbrauch besonders bemerkbar, und es entstehen charakteristische Unterschiede im vertikalen Sauerstoffprofil eines Sees. Im Epilimnion wird auch während der Sommerstagnation aus der Atmosphäre und durch Photosynthese ständig Sauerstoff nachgeliefert; die sauerstoffzehrenden und -liefernden Prozesse gleichen sich etwa aus. Bei starker Phytoplanktonproduktion im nährstoffreichen See treten allerdings tagsüber im Epilimnion Sauerstoffübersättigungen auf, nachts können Sauerstoffdefizite vorkommen. Im Hypolimnion spielen ausschließlich sauerstoffzehrende Vorgänge eine Rolle. Der stärkste O<sub>2</sub>-Aufbrauch erfolgt durch mikrobielle Mineralisation organischer Tier- und Pflanzenreste im Profundal. Von nachrangiger Bedeutung sind die Atmungsvorgänge pelagialer und benthaler Organismen.

Die Intensität der Destruktionsvorgänge und des O<sub>2</sub>- Schwundes im Hypolimnion ist kennzeichnend für eine ebenso intensiven Stoffkreislauf im See und muß sich auf eine ebenso kräftige Produktion organischer Substanz stützen, die meistens schon an O<sub>2</sub>-Übersättigung im Epilimnion erkannt werden kann. Seetypus: eutroph.

Geringe O<sub>2</sub>-Abnahme im Hypolimnion weist auf einen schwachen Stoffkreislauf im See hin. Seetypus: oligotroph.

Neben diesen beiden Seetypen extremen Charakters treten zahlreiche Übergangsformen auf. Für sie alle ist das Sauerstoffvertikalprofil ein wichtiges, rasch zu messendes Kriterium der Trophieverhältnisse, wenn man die Ausnahmen beachtet!

So dürfen z. B. aus den oft extrem hohen O<sub>2</sub>-Sättigungsdefiziten im Hypolimnion von meromiktischen (nur teil-mischenden) Seen keine Schlüsse auf die Produktionsverhältnisse gezogen werden, wie u. a. FINDENEGG (1936) in seinen klassischen Studien über die meromiktischen Seen Kärntens nachgewiesen hat. Insbesondere bei Seen, deren Oberfläche im Verhältnis zur Tiefe gering ist, die außergewöhnliche morphologische Verhältnisse aufweisen, extrem windgeschützt sind, gegebenfalls salzreiches = schweres Tiefenwasser besitzen und durch schnelles Zufrieren die Dauer des Windeinflusses verkürzen, reicht die Windeinwirkung nicht aus, eine Vollzirkulation einzuleiten, das tiefere Hypolimnion bleibt also im Zustand andauernder Stagnation. Der O<sub>2</sub>-Gehalt in den verschiedenen Schichten hängt dann stark vom Umfang der O<sub>2</sub>-Aufnahme während des vorangegangenen Winters und Frühjahrs ab. FINDENEGG (1936) hat meromiktische Seen mit extremem O<sub>2</sub>-Defizit pseudo-eutroph genannt, eine Bezeichnung, die von vielen

Limnologen als mißverständlich abgelehnt wird. Der Alatsee ist der einzige beständig und total meromiktische See Bayerns.

### 3. Einordnung der Meßwerte in die allgemeine Seetypenlehre

#### 3.1 Verschiedene Sauerstoffparameter (O<sub>2</sub>-„Defizite“ nach HUTCHINSON)

HUTCHINSON (1957) u. a. stellen 4 verschiedene Sauerstoffdefizite von unterschiedlicher Aussagefähigkeit vor:

actual deficit = tatsächliches Defizit gegenüber 100%iger O<sub>2</sub>-Sättigung bei jeweils herrschender Temperatur.

relative deficit = relatives Defizit gegenüber der Konzentration zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation bzw. -teilzirkulation; ein geeignetes Maß für den sommerlichen O<sub>2</sub>-Aufbrauch in Seen, die während der Zirkulationsperiode eine vollständige Sättigung nicht erreichen.

real deficit = das wirkliche Gesamtdefizit. Es setzt sich aus dem actual deficit und dem Sauerstoff zusammen, der zur Oxidation der noch vorhandenen organischen Substanz benötigt würde.

hypolimnetic areal deficit = flächenbezogenes hypolimnisches Sauerstoffdefizit, d. i. ein aus einer Anzahl von Sauerstoffmessungen in unterschiedlicher Tiefe des Hypolimnions nach Schichtflächen gewichtetes Mittel des Sauerstoffdefizits unterhalb von 1 cm<sup>2</sup> Oberfläche des Hypolimnions.

Im Rahmen dieser Arbeit kann nur das actual deficit für 30 südbayerische Seen vorgestellt werden.

#### 3.2 Deskription von Sauerstoffkurven nach ÅBERG & RODHE

Deskriptiv werden Sauerstoffkurven nach ÅBERG & ROHDE (1942) in drei Haupttypen gegliedert: orthograd – nahezu senkrechter Verlauf bei fast 100%iger Sättigung ( $\alpha$ -orthograd), bei geringer O<sub>2</sub>-Abnahme im Tiefenwasser spricht man von  $\beta$ -orthograd, in der Regel oligotroph.

klinograd – gleichsinniger Verlauf von hohen Gehalten an der Oberfläche bis zu niedrigen O<sub>2</sub>-Gehalten in der Tiefe, in der Regel eutroph.

heterograd – beinhaltet unterschiedliche Richtungen, z. B. ein metalimnisches O<sub>2</sub>-Maximum (Photosynthese-Maximum) oder ein metalimnisches O<sub>2</sub>-Minimum (tropholytisches Minimum) – je nach Lage der Kompensationsebene zwischen trophogener Zone mit autotropher Produktion und der tropholytischen Schicht ohne photoautotrophe Produktion. Eine heterograde Kurve ist in der Regel kein eigener Typ, sondern lediglich eine überprägte orthograde oder klinograde O<sub>2</sub>-Kurve.

Erstaunlich beständig tritt der jeweilige Kurventyp bei den einzelnen Seen in den verschiedenen Jahren immer wieder auf, auch wenn die O<sub>2</sub>-Absolutwerte beträchtlich schwanken. So zeigen die Sommermessungen in Chiemsee, Ammersee und Weißensee grundsätzlich jenes metalimnische Minimum (negativ heterograd).

In einem biogen kaum beeinflussten See verläuft die prozentuale Sauerstoffkurve mit fast 100% nahezu senkrecht nach unten, ganz unabhängig von der Temperatur. Die Kurve des absoluten Sauerstoffgehaltes (mg/l) verläuft gemäß dem Henryschen Ge-

setz nach rein physikalischer Gesetzmäßigkeit invers zur Temperatur. Der extrem orthograde Typ ( $\alpha$ -orthograd), der nur selten und in bayerischen Seen gar nicht vorkommt, wird von der  $\beta$ -orthograden Kurve unterschieden, die bereits eine geringe  $O_2$ -Abnahme im Tiefenwasser anzeigt. Die  $\beta$ -Orthograde gliedert sich in Kurven mit schlagartiger  $O_2$ -Abnahme am Seegrund (konvex) und mit sachter  $O_2$ -Abnahme (konkav), wobei letztere kontinuierlich in klinograde Kurven übergehen können. Eine klinograde Kurve verläuft gleichsinnig von hohen  $O_2$ -gehalten an der Oberfläche bis zu niederen  $O_2$ -gehalten in der Tiefe, im Extremfall bis zu völligem Sauerstoffschwund, und ist meist in % wie auch in mg/l als solche zu erkennen.

Eine heterograde Sauerstoffverteilung kommt in den meisten Fällen durch ein metalimnisches Photosynthesemaximum oder durch intensiven Abbau von organischem Material in der Thermokline zustande (Minimum). Fällt die lichtdurchflutete und photosynthetisch aktive Schicht ziemlich genau mit dem Epilimnion zusammen, so wird das mit  $O_2$  angereicherte, teilweise sogar übersättigte Wasser mit dem Rest des Epilimnions vermischt, das überschüssige Gas an die Oberfläche gebracht und abgegeben.

Liegt die Kompensationsfläche (Übergang von trophogene in tropholytische Schicht) bereits im Metalimnion, tritt ein markantes  $O_2$ -Maximum im Metalimnion auf (positiv heterograde Kurve). Der übersättigte Sauerstoff kann in diesem Bereich aufgrund der extrem stabilen Schichtung mit hohen Temperaturgradienten nur sehr langsam entweichen. Die Kompensationsebene liegt in einem See dann im Metalimnion, wenn die epilimnische Schicht sehr dünn ist (geringe Seefläche und schwache Windeinwirkung) und bzw. oder die Eindringtiefe der Sonnenstrahlung bis ins Metalimnion reicht (d. h. hohe Transparenz aufgrund geringer Fremdverschmutzung und/oder schwache Planktonproduktion wegen geringen Nährstoffangebots).

In sehr stabil geschichteten und unproduktiven Seen glaubt YOSHIMURA (nach HUTCHINSON 1957) positiv heterograde Kurven mit leichten Übersättigungen direkt unter dem Epilimnion vornehmlich auf Sonneneinstrahlung in situ, also rein physikalisch auf Strahlungseinwirkung zurückführen zu können. Selbst in den als oligotroph geltenden südbayerischen Seen (z. B. Königssee) jedoch überschreitet die Übersättigung im Metalimnion das durch Erwärmung rein physikalisch mögliche Maß bei weitem und muß daher vornehmlich biogen bedingt sein.

Liegt die Kompensationsebene noch im Epilimnion, gibt es in vielen Seen die markante Tendenz, daß der  $O_2$ -Aufbrauch im Metalimnion größer ist als im oberen Hypolimnion (negativ heterograde Kurve). Das metalimnische Minimum repräsentiert eine Schicht mit einem Maximum an Bakterien, die totes Plankton abbauen, das aus dem Epilimnion „herausgefallen“ ist und durch den Eintritt in das zunehmend kältere Metalimnion mit höherer Viskosität gebremst wird. Außerdem ist die Stoffwechselintensität ( $O_2$ -Verbrauch) in dem vergleichsweise wärmeren Metalimnion stärker als im Hypolimnion. Die Kompensationsfläche liegt dann im Epilimnion, wenn die epilimnische Schicht sehr dick ist (große Seefläche und/oder kräftige Windeinwirkung) und

bzw. oder die Eindringtiefe der Sonnenstrahlen gering ist (geringe Transparenz aufgrund hoher Fremdverschmutzung und/oder starker Planktonproduktion wegen großen Nährstoffangebotes). Für das Auftreten einer negativ heterograden Kurve ist außerdem wichtig, daß ein ausreichend mächtiges oberes Hypolimnion vorhanden ist, das mit seinem kaum angetasteten, reichlichen Sauerstoffgehalt das metalimnische  $O_2$ -Minimum vom bodennahen Minimum trennt.

Heterograde  $O_2$ -Kurven können also in eutrophen wie oligotrophen Seen auftreten und modifizieren lediglich den orthograden oder klinograden Grundtyp einer  $O_2$ -Kurve. Während positiv heterograde Kurven in allen Seen vorkommen können, sind negativ heterograde Kurven auf tiefere Seen mit mächtigem Hypolimnion beschränkt.

### 3.3 THIENEMANNs Seentypenlehre nach dem Volumenverhältnis von Epilimnion zu Hypolimnion

Da die  $O_2$ -zehrenden Abbauprozesse vornehmlich am Seegrund bzw. im Metalimnion stattfinden, weisen Seen mit großer Tiefe und mächtigem Hypolimnion naturgemäß auch während der Stagnationsperiode ein mehr oder minder  $O_2$ -reiches oberes und mittleres Hypolimnion auf (z. B. Ammersee), dessen  $O_2$ -Vorräte kaum angetastet werden – im Gegensatz zu Seen geringer Tiefe, deren Sauerstoffvorrat im geringmächtigen Hypolimnion (aber gleichmächtigen, produktiven Epilimnion wie in tiefen Seen!) bald aufgebraucht ist. Daher gliederte schon 1928 THIENEMANN die Seen gemäßigter Klimate nach dem Volumenverhältnis von Epilimnion zu Hypolimnion.

Ein See ist von Natur aus oligotroph, wenn dieses Verhältnis 1 oder unter 1 ist, und eutroph, wenn es größer 1 ist. Geringe Tiefe bedeutet demnach eine Disposition für den eutrophen Typ („morphometrisch eutroph“), was allerdings nicht zwangsläufig Eutrophie im Sinne von Nährstoffreichtum bedeuten muß, doch in Hinblick auf den geringen  $O_2$ -Vorrat im Hypolimnion in der Praxis immer bedeutet, denn das Hypolimnion eines flachen Sees wird mit den Abbauprodukten auch eines weniger produktiven Epilimnions schlechter fertig als das mächtige Hypolimnion eines tiefen Sees mit einem sehr produktiven Epilimnion.

Die nachfolgend nach THIENEMANN (1928) – er legte obigen Schwellenwert (Volumen Epilimnion = Volumen Hypolimnion) unter Annahme üblicher, sich nach der Tiefe verjüngender Seebeckformen in 50 bis 60 m Tiefe – vorgenommene Grobklassifikation zeigt, daß die meisten südbayerischen Seen seinem Schema prinzipiell folgen, wengleich bei Berücksichtigung der trophogenen Komponenten wegen der hohen Nährstoffbefruchtung vieler Seen eine Verschiebung der Einstufung hin zum eutrophen Status erforderlich wird, z. B. oligotroph  $\rightarrow$  mesotroph (Walchensee) oligotroph  $\rightarrow$  eutroph (Ammersee) eutroph  $\rightarrow$  polytroph (Pilsensee)

Es gibt keinen bayerischen See geringer Tiefe, der nur morphometrisch eutroph, sondern nicht auch vom trophogenen Aspekt her eutroph wäre.

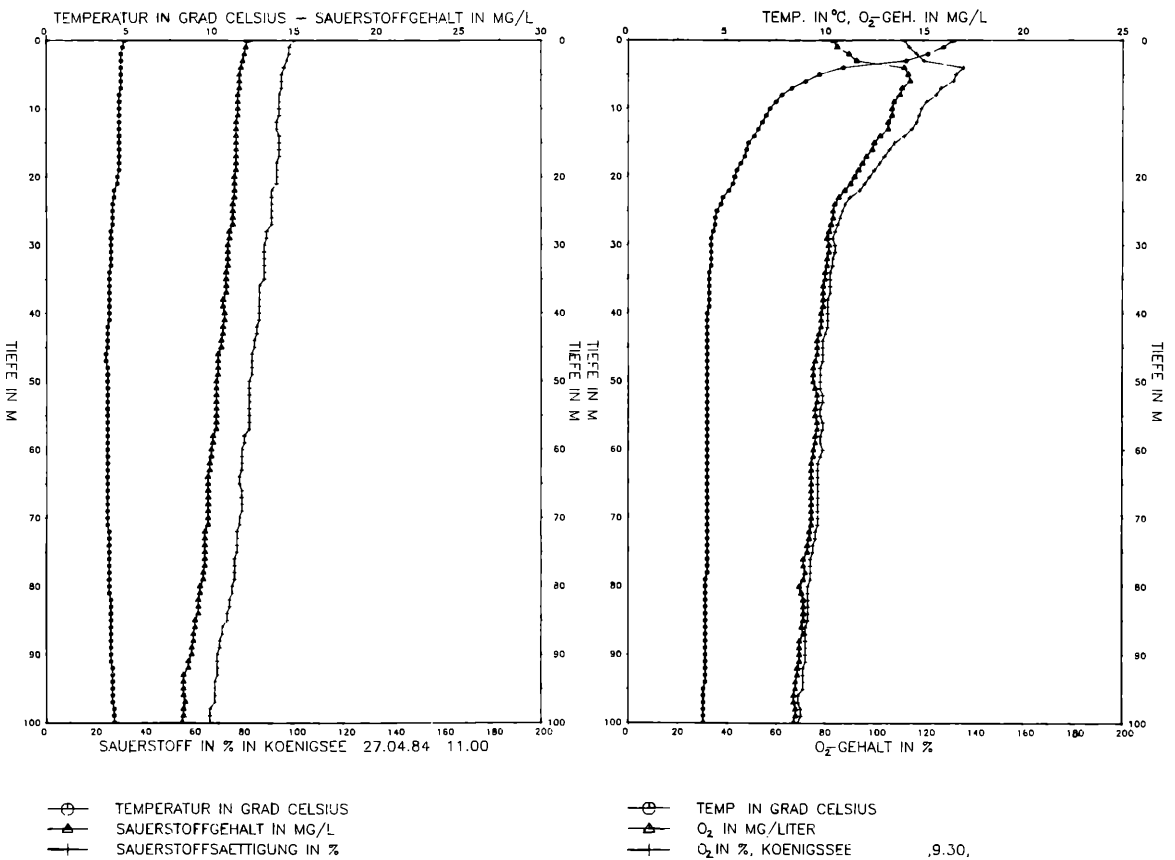


Abbildung 1

#### 4. Auswertung der Meßergebnisse

##### 4.1. Seen mit großer Tiefe (ca. > 60 m), von Natur oligotroph

##### 4.1.1 noch oligotrophe Seen mit $\beta$ -orthograder Sauerstoffkurve, geringer bis mittlerer Übersättigung und (selten) geringer heterograder Überprägung

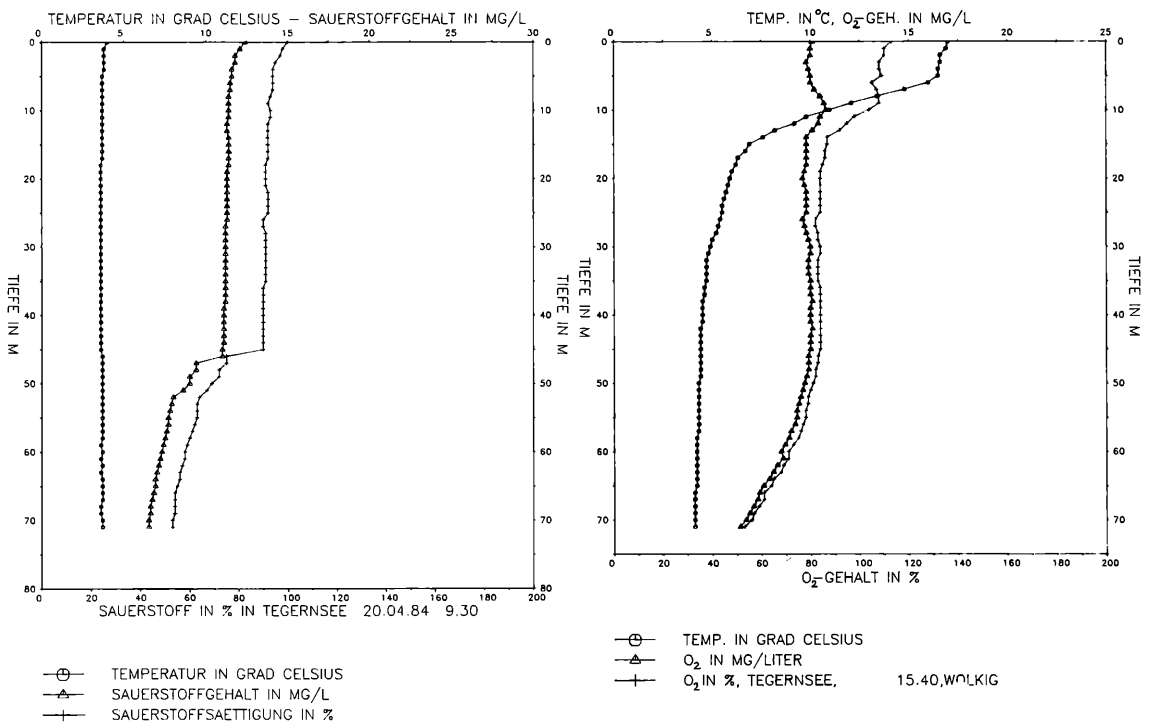
##### Königssee (Abb. 1)

Der Königssee zeigt am 27.4.1884 einen noch vollkommen homothermen Temperaturverlauf. Unter 20 m liegt die Temperatur eher bei 4° C, darüber ist eine geringfügige Erwärmung auf 5° C erkennbar, die jedoch, aufgrund der geringen Dichteunterschiede des Wassers in diesem Temperaturbereich, die noch anhaltende Vollzirkulation nicht behindert. Der Wärmeeintrag kann daher bis in 20 m Tiefe als Temperaturerhöhung um 1° C wirksam werden. Die Frühlingsvollzirkulation ist vermutlich noch in ihrer Anfangsphase, da der Königssee erst sehr spät im Frühling eisfrei wird. An der Oberfläche ist das Wasser zu 100% mit Sauerstoff gesättigt, in 100 m Tiefe (maximale Meßtiefe des Gerätes) liegt nur eine Sättigung von rd. 65 % vor. Dieser für diese Jahreszeit geringe Sättigungsgrad ist zu einem Großteil auf die extremen morphologischen Verhältnisse zurückzuführen: die im Verhältnis zur Tiefe von 189 m bzw. zum hypolimnischen Volumen (besonders groß wegen der im See sich fortsetzenden, nahezu senkrechten Wände) geringe Oberfläche, die gute Windgeschützttheit und die früh einset-

zende und langandauernde Vereisung mit verkürzter Herbst- und Frühjahrsvollzirkulation.

Die Temperatur- und Sauerstoffmessung zur Zeit der Sommerstratifikation im August 1984 zeigt eine nahezu ideale strahlungsbedingte Temperaturkurve mit exponentiellem Verlauf, ebenfalls ein Beweis, daß bis zu diesem Zeitpunkt schichtungsabbauende Winde nicht wirksam waren. Ein winddurchmischtes Epilimnion fehlt. Das Metalimnion mit Temperaturgradienten  $> 1^{\circ} \text{C} \cdot \text{m}^{-1}$  („Sprungschicht“ im Sinne von E. RICHTER) beginnt nach dieser Definition bereits in 1 m Wassertiefe und reicht bis 5 m. Der Sauerstoffgehalt an der Oberfläche liegt bei 110 % und steigt in 4-5 m Tiefe auf knapp 130 % an, um dann in ca. 20 m Tiefe mit 90 % den gleichen Sättigungswert wie zur Zeit der Frühjahrsomothermie anzunehmen. Darunter fallen Frühjahrs- und Sommersauerstoffsättigung in fast identischen Beträgen auf rd. 65 % in 100 m Tiefe ab. Die Abnahme des Sauerstoffgehaltes von der photosynthetisch aktiven Schicht mit Sauerstoffübersättigung bis zu 130 % zur Oberfläche hin kann als deutliches Diffusionsgefälle angesehen werden. Die Übersättigung von 130 % stellt ein kleines metalimnisches O<sub>2</sub>-Maximum dar (positiv heterograde Kurve) und kann in diesem letzten noch allgemein anerkannt oligotrophen See als beachtlich bezeichnet werden, zumal noch am Morgen (9.30 Uhr) gemessen wurde und durch Photosynthese im Laufe des Tages noch höhere Werte zu erwarten waren. Betrachtet man jedoch den scharfen Anstieg des Sauerstoffgehaltes in 3-4 m Tiefe, so ist offensichtlich, daß dieser mit dem größten Temperaturgradienten ( $3^{\circ} \text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ ) zusammenfällt. Es ist denkbar, daß hier z. T. auch physi-





**Abbildung 2**

kalische Sauerstoffübersättigung durch Strahlungserwärmung vorliegen könnte.

Der Überschneidungspunkt der mg/l-Kurve mit der Sättigungskurve (100% Sättigung bei jeweiliger Temperatur, nicht eingezeichnet), d. h. der Übergang von übersättigten Schichten in Wasser mit mehr oder weniger großem Sauerstoffdefizit liegt in 19 m bei 5,5° C. Der Sauerstoffvorrat des mächtigen Hypolimnions, wie er zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation – allerdings mit morphologisch bedingter unzureichender Sättigung – existierte, ist nicht angetastet worden, was den tatsächlich noch oligotrophen Trophiezustand des Königssees widerspiegelt. Der Verlauf der O<sub>2</sub>-Kurve ist demnach  $\beta$ -orthograd mit leicht positiv heterograder Überprägung.

### Tegernsee (Abb. 2)

Das Tegernseer Tal wandelte sich in den letzten Jahrzehnten zu einer intensiv inwertgesetzten Freizeit- und Erholungslandschaft, deren Entstehen und Ausweitung zu „urbanisierten Fremdenverkehrs-siedlungen“ RUPPERT 1962 u. 1968 in seinen sozialgeographischen Studien aufgezeigt hat.

Durch die 1957-65 erstellte, damals beispielgebende Ringkanalisation konnte der zunehmenden Überdüngung des Tegernsees durch die starke Siedlungstätigkeit im Tegernseer Tal Einhalt geboten werden. Über die limnologischen Zustände des Tegernsees (und Schliersees) vor und nach der Abwasserfernhaltung hat HAMM 1971 ausführlich berichtet. So brachte die 1964 in Betrieb genommene Ringkanalisation eine rasche und anhaltende Nährstoffentlastung, die beim Phosphor etwa 95 % ausmacht. Während der See am 23.9.1964 ein kräftiges Sauerstoffminimum von 31 % in 15 m Tiefe aufwies und durch völligen O<sub>2</sub>-Schwund im Profundal gekennzeichnet ist, zeichnen die Messungen in den Jahren

1974/75/76/78 und schließlich 1984 (siehe Abb.) ein erfreuliches Bild. Das Epilimnion reicht von 0-5 m Tiefe (rd. 17° C) und erreicht O<sub>2</sub>-Werte um 110%. Das Metalimnion erstreckt sich von 5 m bis ca. 15 m und beinhaltet auch den Überschneidungspunkt zwischen (in der Summe) sauerstoffliefernden und sauerstoffzehrenden Prozessen. Das Hypolimnion weist O<sub>2</sub>-Werte von 85-90 % auf. Diese entsprechen noch weitgehend den O<sub>2</sub>-Werten der Frühjahrsvollzirkulation. Lediglich nahe dem Seegrund ist eine O<sub>2</sub>-Zehrung bis 50 % zu beobachten. Auch am Tegernsee liegt somit eine  $\beta$ -orthograde O<sub>2</sub>-Kurve mit leicht heterograder Überprägung im Metalimnion vor.

Die Frühjahrsmessung zeichnet sich durch ideale Homothermie bei 4° C im gesamten Wasserkörper aus. Die Zirkulation, d. h. das „Auftanken“ mit Sauerstoff, ist am 20. April 1984 allerdings erst bis in 45 m Tiefe erfolgt. Darunter blieb das herbstliche Defizit des Vorjahres mit rd. 50 % Sauerstoffgehalt erhalten. Daß der Tegernsee in den kommenden Frühjahrswochen noch weiteren Sauerstoff aufgetankt hat, beweist die August-Messung, in der das untere Hypolimnion mehr Sauerstoff aufweist als zum Meßzeitpunkt im April 1984.

### Walchensee (Abb. 3)

Das ursprüngliche Niederschlagseinzugsgebiet des Walchensees betrug 74 km<sup>2</sup> (mittlerer Abfluß 2,3 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>). Durch die Isar-Überleitung bei Krünn 1924 (13 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>) und die Rißbachzuführung 1949 (8 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>) wurde das Einzugsgebiet auf 770 km<sup>2</sup> erweitert, so daß heute durch die Turbinen des Walchenseekraftwerkes im Mittel 23 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> laufen. Dieser erhöhte Durchsatz von Wasser aus dichter besiedelten Gebieten (Mittenwald!) zeigt sich deutlich im Temperatur- und Sauerstoffprofil. Auf ein Epilimnion von

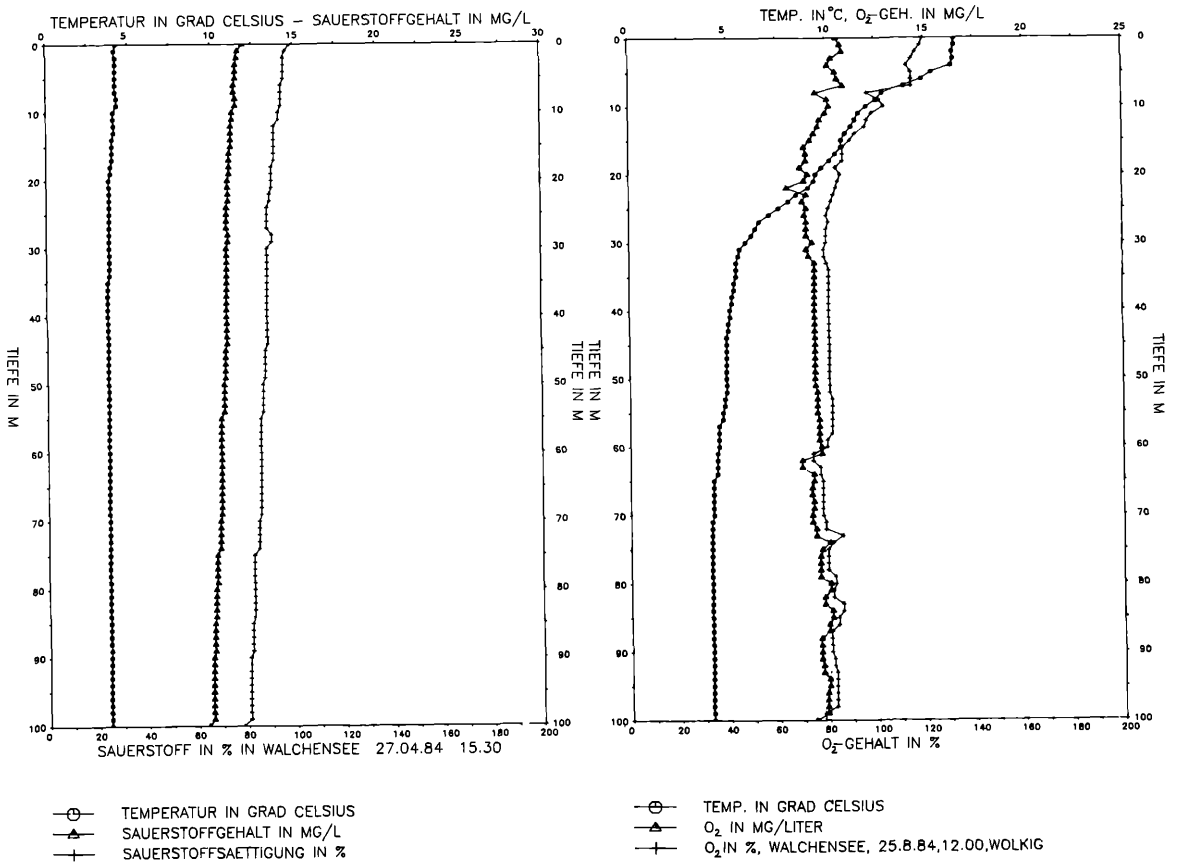


Abbildung 3

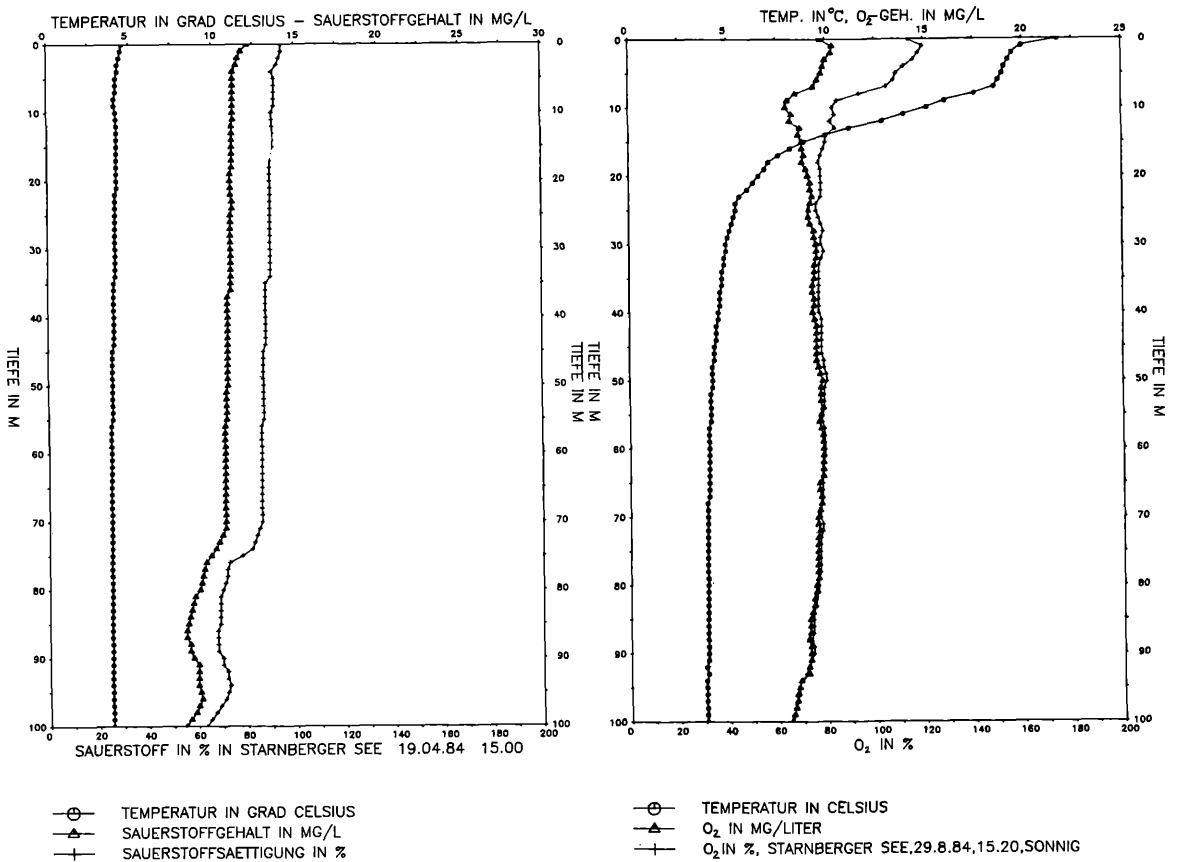


Abbildung 4

0-4 m folgt ein sehr verwaschenes Metalimnion, das bis in 30 m Tiefe reicht und bereits an die Verhältnisse im Kochelsee erinnert. Darunter allerdings scheint der kräftige Wasserdurchsatz von Isar und Reißbach nicht gelangt zu sein, da unter 30 m auch im August der orthograde Temperaturverlauf (4-5° C) des Frühjahrs erhalten bleibt. Die Sauerstoffverhältnisse sind in 0-8 m Tiefe durch leichte Übersättigung gekennzeichnet (an diesem wolkgigen Tag bis 115 %) und erreichen in 20 m Tiefe jene 80%-Sättigung, die zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation aufgenommen wurden. Im oberen Hypolimnion ist demnach keine Sauerstoffzehrung zu erkennen. Über das untere Hypolimnion (der Walchensee reicht bis in 192 m Tiefe) kann wegen unzureichender Kabellänge des Gerätes – ähnlich dem Königssee – keine Aussage gemacht werden. Auffallend ist jedoch der unruhige O<sub>2</sub>-Kurvenverlauf in 60-100 m Tiefe, der indirekt eine Folge der starken Durchströmung sein könnte. Der Sauerstoffgehalt von 80% in 100 m Tiefe ist noch erstaunlich hoch (β-orthograde O<sub>2</sub>-Kurve) und verschleiern den rasch ablaufenden Übergang zu mesotrophen Verhältnissen durch das abwasserbelastete Isarwasser.

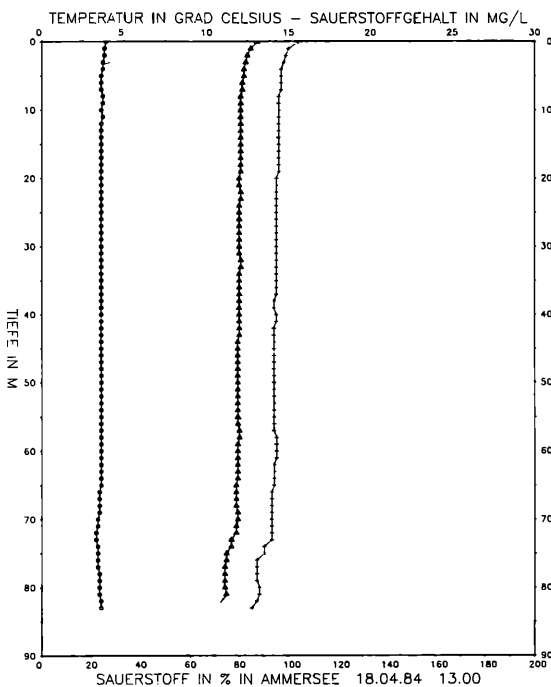
#### Starnberger See (Würmsee) (Abb. 4)

Wegen der geringen Zuflüsse aus dem kleinen Niederschlagseinzugsgebiet (aber nennenswerter Grundwasserspeisung von den Osterseen her) wird der Wasserkörper dieses volumenreichsten Sees in Bayern (3100 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) nur alle 21 Jahre theoretisch einmal ausgetauscht. Durch die Ende 1976 fertiggestellte, 40 km lange Ringkanalisation im recht um-

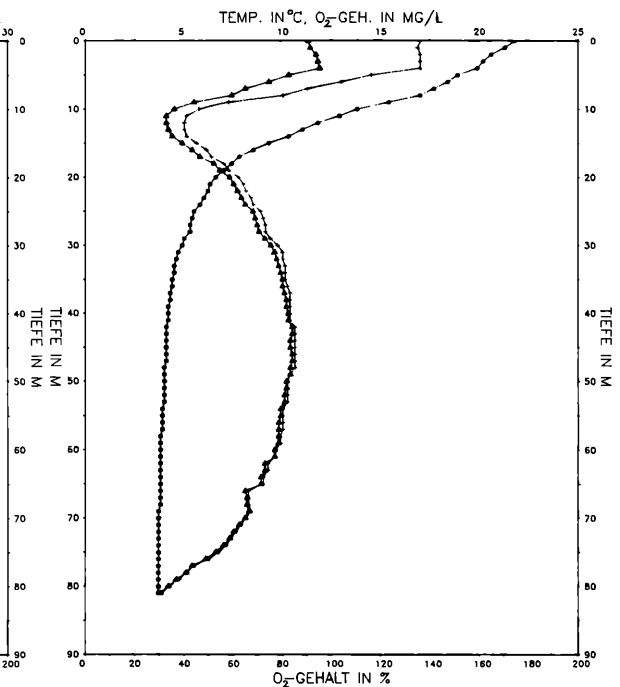
fangreich bebauten Uferbereich konnten die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich weitgehend verbessert werden. Wie die beiden anderen tiefen Seen (Walchensee, Königssee) hat auch der Starnberger See zum Meßzeitpunkt im April im Tiefenwasser von 75 bis 100 m Wassertiefe trotz vorherrschender Homothermie noch nicht voll „aufgetankt“: liegt über 75 m eine Sättigung von 90 % vor, erreicht diese darunter nur rd. 65 %. Im Verlauf der noch anhaltenden Vollzirkulation wird allerdings noch Sauerstoff angereichert, so daß die Augustmessung eine O<sub>2</sub>-Sättigung um 75 % aufweist, was auch beweist, daß die hypolimnische Zehrung nicht bedeutend sein kann. Anhand der β-orthograden Sauerstoffkurve würde man also den Starnberger See als oligotroph einstufen, der tatsächliche Trophiegrad ist mesotroph. Die O<sub>2</sub>-Übersättigung erreicht in 1 m Tiefe 120 % und zeigt zur Oberfläche hin ein Diffusionsgefälle. Die Kompensationsebene liegt in 7 m Tiefe. Die Temperaturkurve im August zeigt eine tagesbedingte Erwärmung von 0-1 m, dann ein nahezu homothermes Epilimnion von 1-7 m, ein Metalimnion („Sprungschicht“) von 7-ca. 20 m Tiefe und ein thermisch ungestörtes Hypolimnion bis 100 m Tiefe (max. Tiefe 127 m).

#### 4.1.2 Seen mit O<sub>2</sub>-Kurve im Übergang von β-orthograd zu klinograd, mittlerer Übersättigung und kräftiger, negativ heterograder Überprägung, in der Regel mesotroph bis schwach eutroph.

#### Ammersee (Abb. 5)



○— TEMPERATUR IN GRAD CELSIUS  
 ▲— SAUERSTOFFGEHALT IN MG/L  
 +— SAUERSTOFFSÄTTIGUNG IN %



○— TEMP. IN GRAD CELSIUS  
 ▲— O<sub>2</sub> GEHALT IN MG/L  
 +— O<sub>2</sub> IN %, AMMERSEE, 23.8.84, 14.00, HEITER

Abbildung 5

Der Ammersee (keltisch „Wasser“) hat mit rund 1000 km<sup>2</sup> ein besonders großes Niederschlagsgebietsgebiet, und die Ammer führt dem See beträchtliche Nährstoffmengen zu.

Dennoch kann der Ammersee wegen der guten Durchströmung zu den mesotrophen Seen gerechnet werden, da sich der Wasserkörper innerhalb von 2,5 Jahren theoretisch einmal erneuert. Im Gegensatz zum tieferen und wenig durchströmten Würmsee hat der Ammersee zum Frühjahrszeitpunkt sich nahezu vollständig mit Sauerstoff gesättigt (über 95 %). Typisch für diese Seengruppe ist der charakteristische Verlauf der sommerlichen Sauerstoffkurve: Bis 4 m Tiefe herrscht eine Übersättigung bis 145 %, die sich aufgrund der Temperaturzunahme zur Oberfläche hin mit einem Diffusionsgradienten zur Oberfläche manifestiert. Im Bereich des Metalimnions liegt ein ausgeprägtes Sauerstoffminimum vor mit Minimalkonzentrationen um knapp 40 %. Dagegen ist der Sauerstoffvorrat des Hypolimnions mit bis zu 85 % durch sommerliche O<sub>2</sub>-Zehrvorgänge kaum angetastet. Erst ab 70 m wird die bodennahe O<sub>2</sub>-Zehrung spürbar, der O<sub>2</sub>-Gehalt geht von 70 % in 70 m Tiefe auf 30 % in 80 m zurück. Im algen- und schwebstoffreichen und daher wenig lichtdurchlässigen Ammerseewasser liegt die Kompensationsebene zwischen trophogener Zone mit überwiegender photoautotropher Produktion und der tropholytischen Zone (Überwiegen der organische Substanz abbauenden und damit sauerstoffzehrenden Vorgänge) bereits in 7 m Tiefe (Königssee 19 m!). Durch die zunehmende Dichte im Metalimnion werden absinkende Organismen hier länger aufgehalten und zu einem beträchtlichen Teil bereits abgebaut. Die gegenüber dem Hypolimnion vergleichsweise noch hohe Temperatur wirkt dabei abbaubeschleunigend. Hohe Übersättigungen sowie die beträchtliche Sauerstoffzehrung im Metalimnion und unteren Hypolimnion sind Ausdruck des großen Stoffumsatzes im Ammersee: Gesamttrophiegrad fast eutroph.

## Chiemsee (Abb. 6)

Am Chiemsee, dem mit 80 km<sup>2</sup> flächengrößten bayerischen See ( und nach dem internationalen Bodensee das größte stehende Gewässer der BR Deutschland), ist eine wirksame Abwasserfernhaltung erst in Planung. Mit 73,4 m maximaler Tiefe und ausgedehnten Flächen mit geringer Wassertiefe rückt der Chiemsee bereits nahe an die Gruppe von Seen heran, die nach THIENEMANN (1928) in Ermangelung eines ausreichend mächtigen Hypolimnions rascher altern und eutrophieren. Im nur andeutungsweise vorhandenen Epilimnion ist – mit leichtem Diffusionsgefälle zur Oberfläche hin – eine Übersättigung bis 120 % festzustellen. Ein metalimnisches Minimum geht bis auf eine Minimalsättigung von 55 % zurück, um darunter wieder auf rund 70 % anzusteigen. Die Kompensationsebene liegt mit 8 m Tiefe ähnlich hoch wie im Ammersee. Deutlich ist zu erkennen, daß zum Frühjahrszeitpunkt die Sauerstoffanreicherung unter 40 m Tiefe noch nicht beendet ist. Eine wie jedes Jahr bereits früh ausgebildete warme Oberflächenschicht läßt befürchten, daß bei anhaltend schönem Wetter die Frühjahrsvollzirkulation bald beendet und eine weitere Anreicherung des Tiefenwassers nicht mehr möglich sein wird. Die Temperatur des homothermen Wasserkörpers im Frühjahr liegt mit fast 5° C um 1 Grad höher als in anderen Seen, wohl eine Folge des kräftigen Wasserzustroms durch die Tiroler Ache.

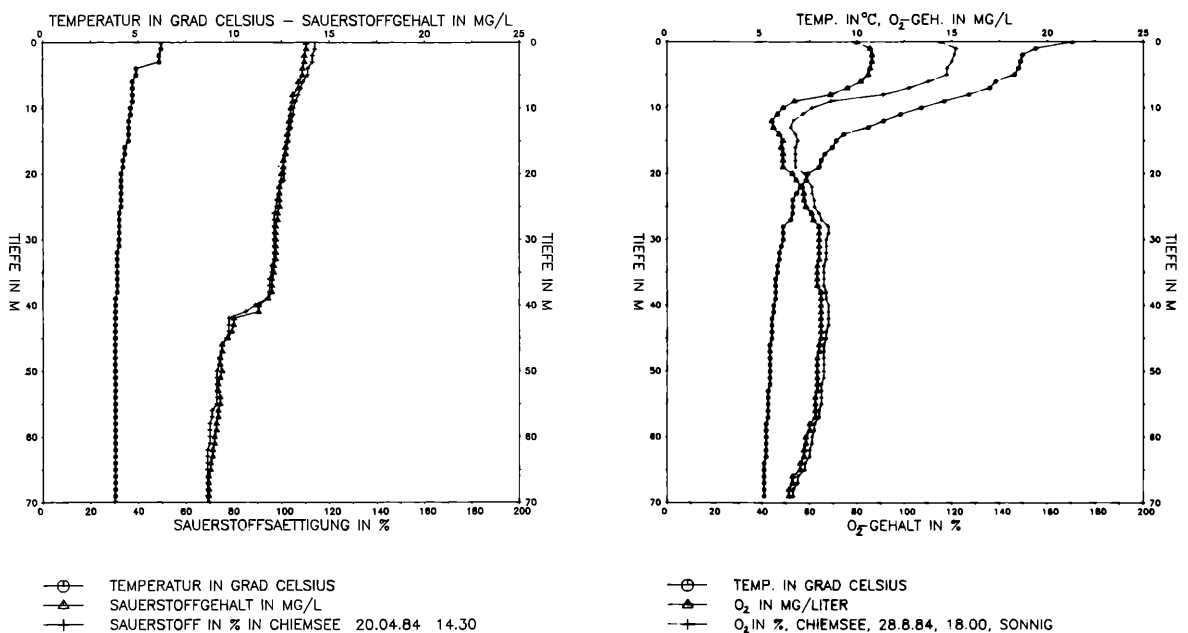


Abbildung 6

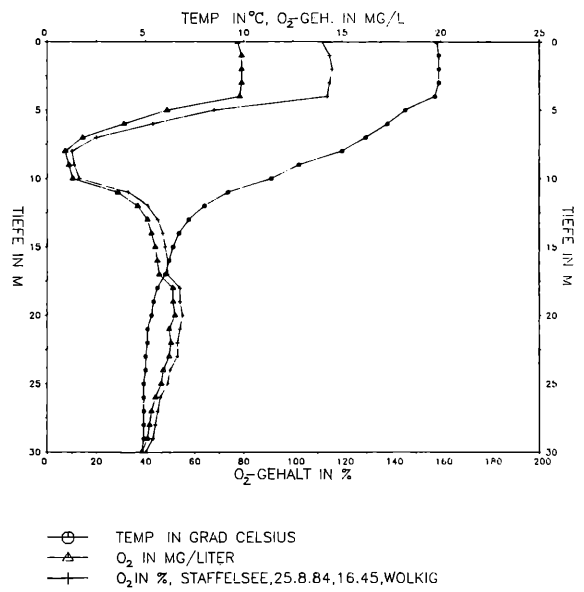
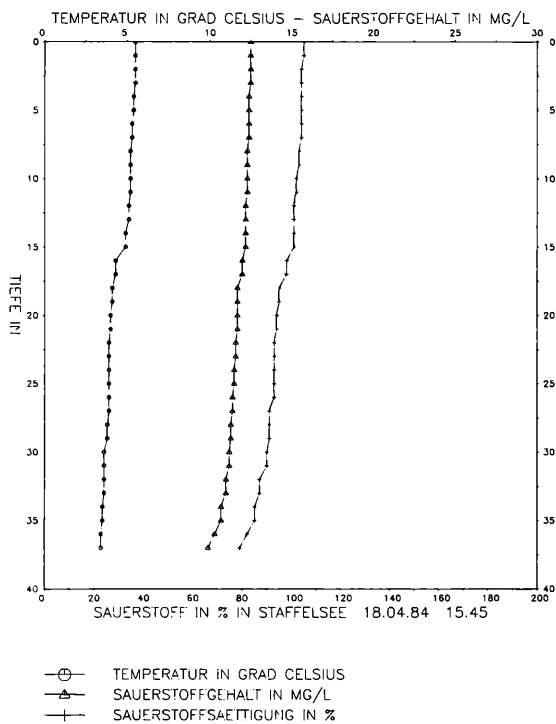


Abbildung 7

4.2 Seen geringer Tiefe (ca. < 60 m) mit natürlicher Tendenz zur Eutrophierung

4.2.1 Seen mit klinograde O<sub>2</sub>-Kurve und negativ heterograde Überprägung, in der Regel mesotroph bis stark eutroph

Staffelsee (Abb. 7)

Der Staffelsee neigt wegen seiner geringen Tiefe – nur im Nordbecken werden 35 m erreicht – und der vielen Buchten von Natur aus zur Eutrophierung. Das Epilimnion mit 20, C reicht bis 4 m Tiefe, ebenso die Zone der Übersättigung (rd. 120 %) mit leichtem Diffusionsgefälle. Daran schließt sich ein meta-

limnisches Sauerstoffminimum an, das in diesem eutrophen See auf O<sub>2</sub>-Minimalkonzentrationen von 10 % zurückgeht. Der hypolimnische Sauerstoffgehalt des Frühjahrs von 80-90 % ist im August bis auf 40-45 % aufgebraucht – bei diesem nur maximal 38 m tiefen See eine Folge des gegenüber tiefen Seen ungünstigeren Verhältnisses von trophogener zu tropholytischer Schicht („morphometrisch eutroph“).

Weissensee (Abb. 8)

Seine stark klinograde O<sub>2</sub>-Kurve ist Ausdruck eines großen Stoffumsatzes mit massiver Sauerstoffzehrung ab 10 m (eutroph). Ein metalimnisches Sauerstoffdefizit von 14 % ist noch zu erkennen, geht aber

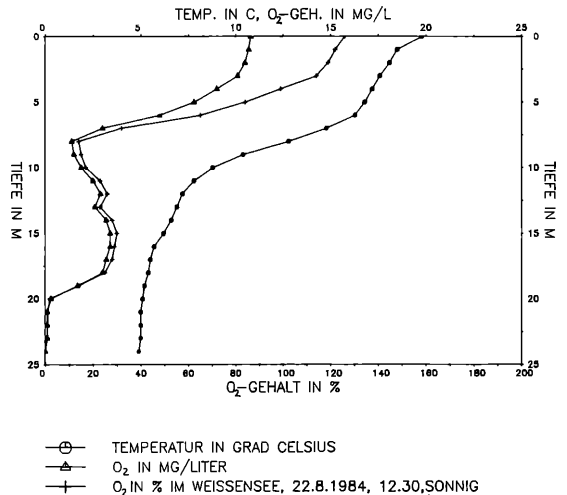
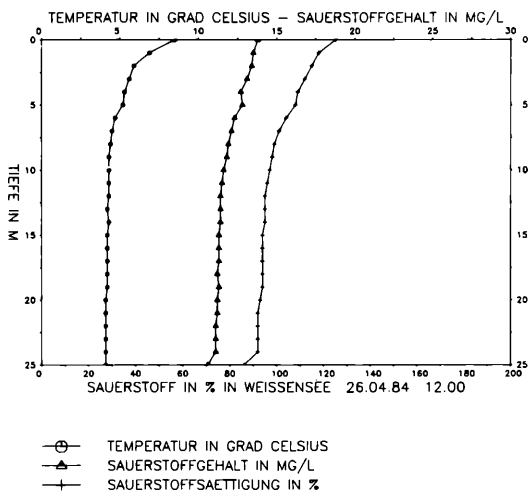


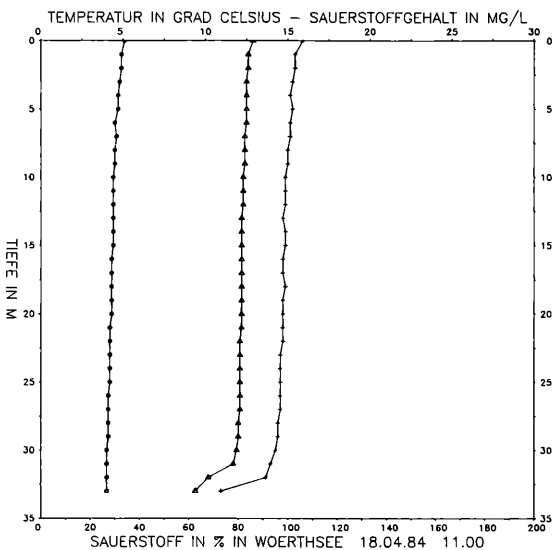
Abbildung 8

wegen des geringmächtigen Hypolimnions von 30 % rasch in das profundale O<sub>2</sub>-Minimum über (0 %). Auf dem kleinen windgeschützten See treten zum Zeitpunkt der Frühjahrsmessung bereits erste oberflächennahe Erwärmungen auf. Die vorausgehende Erwärmung konnte – trotz Homothermie – in die Tiefe verfrachtet werden, weshalb die homotherme Temperatur bei fast 5° C liegt.

#### 4.2.2 Seen mit klinograde O<sub>2</sub>-Kurve und meist positiv heterograde Überprägung, in der Regel bereits eutroph

##### Wörthsee (Abb. 9)

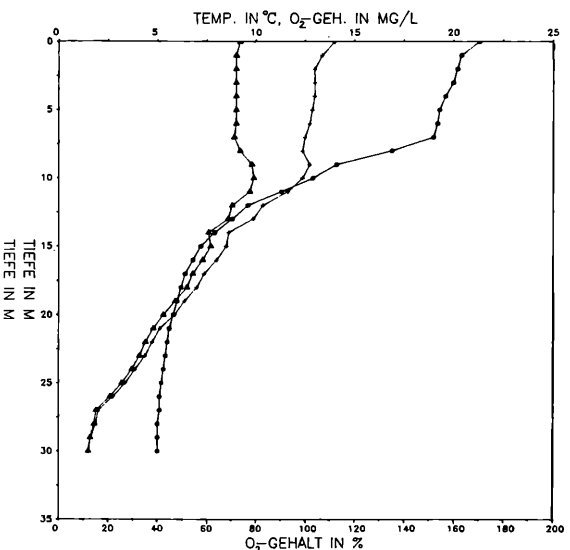
Das Epilimnion reicht mit 20° bis in 7 m Tiefe, sein Sauerstoffgehalt liegt bei 110 %. Es geht über ein ungestörtes Metalimnion in das geringmächtige Hypolimnion über. Die Sauerstoffkurve nimmt nach einer geringen positiven Ausbuchtung klinograd bis auf 10 % ab. Wegen seines kleinen Einzugsgebietes entspricht die Nährstoffbelastung vergleichsweise der des Starnberger Sees, doch der O<sub>2</sub>-Vorrat im (geringmächtigen Hypolimnion) wird zwangsweise in diesem See geringer Tiefe wegen der ungünstigen Volumenrelation von trophogener zu tropholytischer Schicht weitaus stärker aufgebraucht: Trophiezustand noch mesotroph, morphometrisch jedoch eutroph, was auch in der O<sub>2</sub>-Kurve zum Ausdruck kommt. Die kräftige Sauerstoffzehrung erfolgte auch sicher im Sommer 1984, da die Frühjahrsmessung eine vorbildliche Sauerstoffanreicherung bis knapp 100 % offenbart.



⊕ TEMPERATUR IN GRAD CELSIUS  
 ▲ SAUERSTOFFGEHALT IN MG/L  
 + SAUERSTOFFSAETIGUNG IN %

##### Schliersee (Abb. 10)

Nach Errichtung der Abwasserfernhaltung durch Ringkanalisation 1964 verringerte sich der Trophiegrad in diesem stark eutrophierten See zunächst beträchtlich, doch ab 1967 verschlechterten sich die hypolimnischen O<sub>2</sub>-Verhältnisse, bis die alte Situation mit völlig O<sub>2</sub>-leerem Hypolimnion und H<sub>2</sub>S Bildung wieder erreicht war. Die windgeschützte Lage des Schliersees, seine lange Eisbedeckung und geringe Durchströmung (im Gegensatz zum ebenfalls ringkanalisierten, tieferen Tegernsee) verhindern in manchen Jahren eine vollständige O<sub>2</sub>-Sättigung während der Vollzirkulation, weshalb das O<sub>2</sub>-Defizit am Ende der Sommerstagnation allein keinen eindeutigen Rückschluß auf die Intensität des Stoffwechsels zuläßt. Am 20. April 1984 hat der Schliersee bis 35 m Tiefe sein Wasser bis 90 % angereichert, nur in 35-41 m Tiefe ist die Sauerstoffanreicherung noch unvollständig. Die sommerliche O<sub>2</sub>-Kurve der Stratifikationsperiode ist durch eine Übersättigung von 130 % im Epilimnion gekennzeichnet, ferner durch eine Übersättigung von knapp über 200 % im Bereich der nicht sonderlich scharf ausgeprägten Sprungschicht (positiv heterograd), einem Rückgang auf 50 % im oberen Hypolimnion und einer O<sub>2</sub>-Zehrung auf 0 im bodennahen Bereich ab 35 m Tiefe. Die extreme Übersättigung und das hohe Defizit in der Tiefe unterstreichen den auch nach der Abwasserfernhaltung noch hohen Eutrophierungsgrad des Schliersees, den HAMM (1971) mit interner Düngung aus den Seesedimenten erklärt. Das sommerliche bodennahe O<sub>2</sub>-Defizit kann jedoch auch eine Folge mangelnder vollständiger Sättigung zur Frühjahrszirkulation sein, da die windgeschützte Lage des Schliersees, seine lange Eisbedeckung und geringe Durchströmung (im Gegensatz zum ebenfalls ringkanalisierten, tieferen Tegernsee) in manchen Jahren eine vollständige O<sub>2</sub>-Sättigung während der Vollzirkulation (= Meromixis) verhindern. Dies könnte auch 1984 der Fall gewesen sein, wie die Frühjahrsmessung zeigt.



⊕ TEMP. IN GRAD CELSIUS  
 ▲ O<sub>2</sub> IN MG/LITER  
 + O<sub>2</sub> IN %, WOERTHSEE, 11.15

Abbildung 9

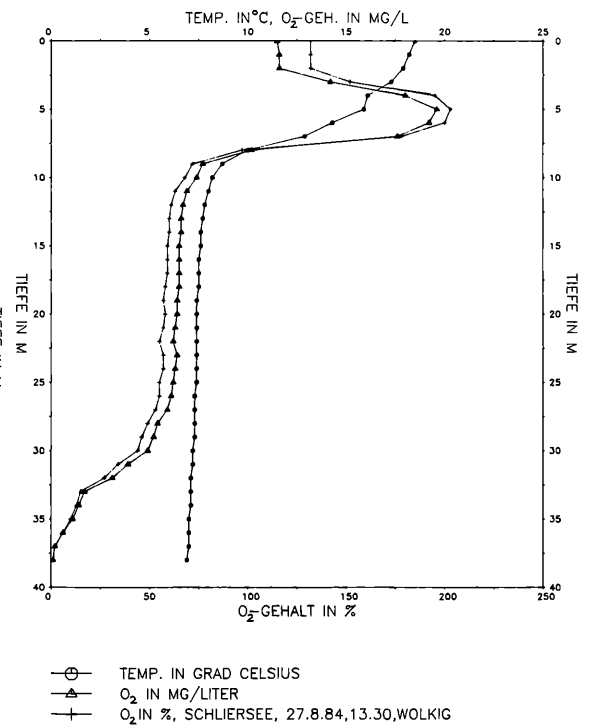
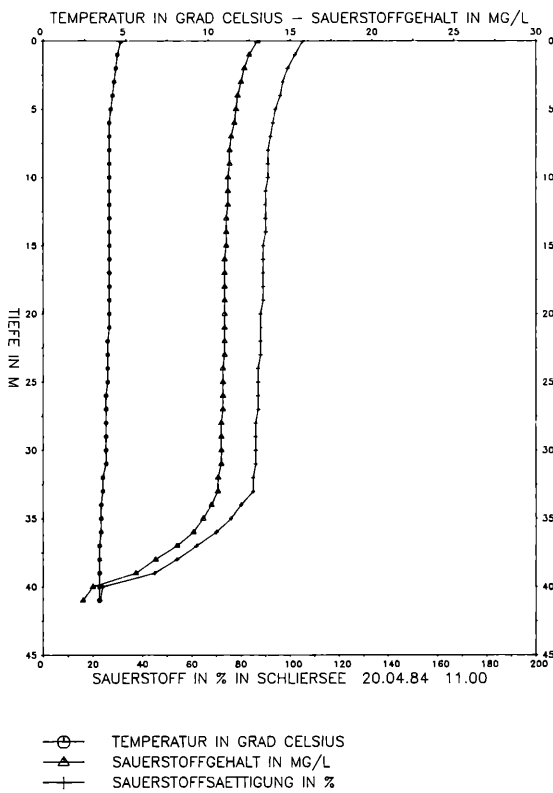


Abbildung 10

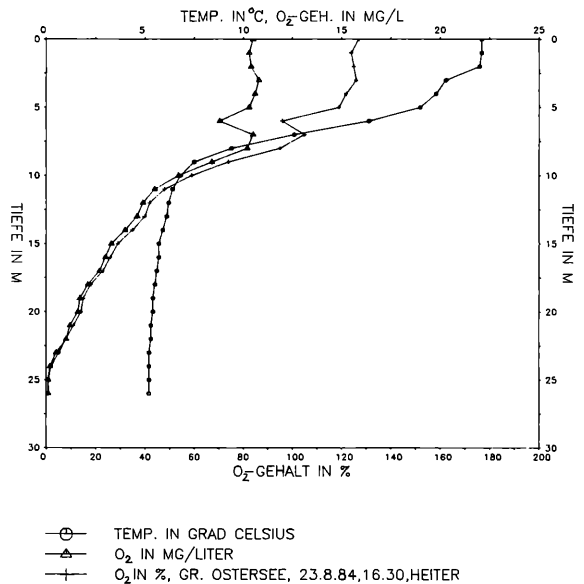
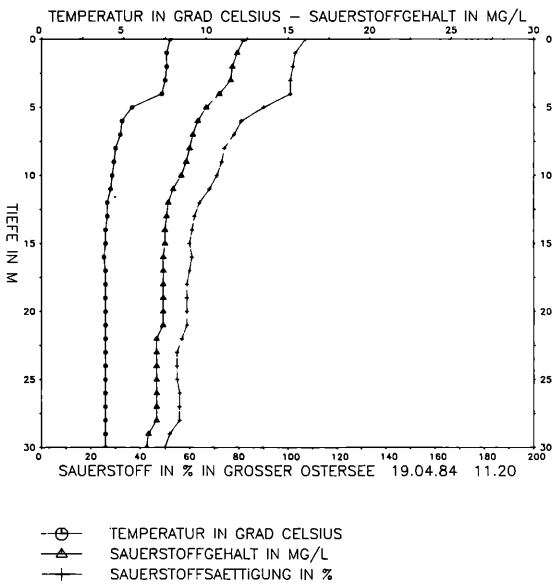


Abbildung 11

### Großer Ostersee (Abb. 11)

Die Osterseen südlich des Würmsee (Starnberger Sees) sind aus einer Eiszerfallslandschaft heraus entstanden und besitzen ein unruhiges Relief mit zahlreichen Kesseln. Die Frühjahrsmessung fällt bereits in die Zeit des Aufbaus einer ersten Sprungschicht. Die O<sub>2</sub>-Werte liegen in diesem ersten Epilimnion bei knapp über 100 %, im Hypolimnion jedoch wird deutlich, daß der See mit rd. 50 % O<sub>2</sub> sich nur unzureichend mit Sauerstoff angereichert hat. Zwei Ursachen hierfür sind denkbar: Bei 29 m maximaler Tiefe weist der Ostersee nur eine kleine Ober-

fläche auf, d. h. die durchmischende Kraft des Windes bleibt gering und kann deshalb keine vollständige Anreicherung mit Sauerstoff erzielen. Da die Wasserzufuhr zu einem großen Teil unterirdisch erfolgt, könnte auch der Fall vorliegen, daß dieses Wasser nicht voll mit Sauerstoff angereichert ist und im Frühjahr durch unzureichende Vollzirkulation nicht voll O<sub>2</sub>-gesättigt wird.

Die sommerliche Messung zeigt deutlich die besonders scharf ausgeprägte, vom Wind nur wenig gestörte Sprungschicht (> 10° C von 5-8 m Tiefe!). Einer O<sub>2</sub>-Übersättigung von 120 % an der Oberfläche folgt – klinograd – eine Abnahme bis auf 0 % in 25 m Tiefe. Während bis 1975 an schönen Wochenen-

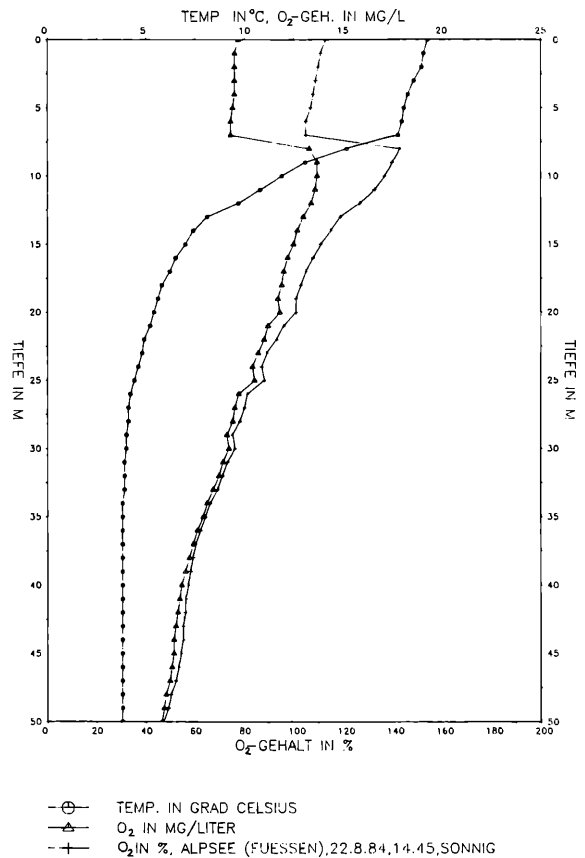
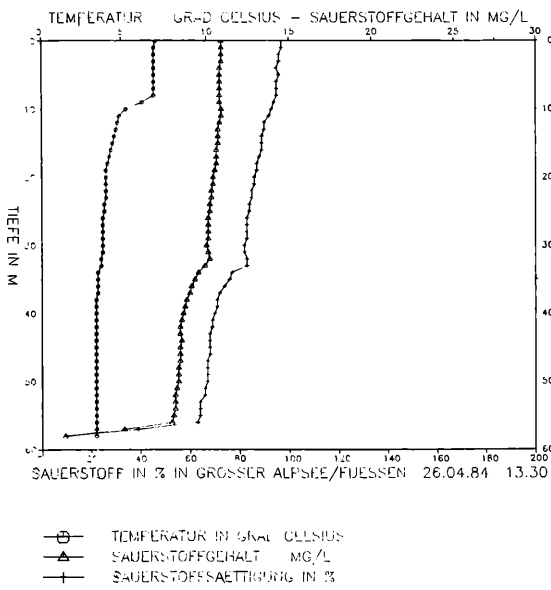


Abbildung 12

den bis zu 10.000 Erholungssuchende die einzigartige Naturlandschaft der Osterseen bevölkerten (→ Fohnsee), haben strenge Schutzbestimmungen seither zu einer wesentlich verminderten Belastung geführt.

#### Alpsee (Füssen) (Abb. 12)

Auch der Alpsee bei Füssen weist zum Zeitpunkt der Frühjahrsmessung den Aufbau einer Sprungschicht auf. Die Sauerstoffanreicherung im Frühjahr erreicht Konzentrationen zwischen 90 % und etwas über 60 % (unten). Die sommerliche Messung weist ein gut durchmisches Epilimnion, eine kaum gestörte Sprungschicht bis 13 m und ein thermisch unbeeinflusstes Hypolimnion aus. Die Sauerstoffkurve zeigt eine leichte Übersättigung von 110 % im Epilimnion, eine kräftige – positiv heterograde – Zunahme im Metalimnion auf über 140 %, der zur Tiefe hin eine nahezu kontinuierliche Abnahme auf knapp unter 50 % folgt. Bemerkenswert sind drei kleine Unregelmäßigkeiten in 20, 25 und 30 m Wassertiefe, die im Frühjahr in 30 m Tiefe vereinzelt auch auftritt und möglicherweise auf Quellen zurückgeführt werden könnte.

#### Eibsee (Abb. 13)

Der Eibsee bei Grainau, Deutschlands größter Bergsturzsee (973,28 m ü. NN) am Fuße der Zugspitze, besitzt ein unruhiges Relief und als oberirdisch geschlossener Endsee keinen oberirdischen Abfluß. Durch langjährige Einleitung von Abwäs-

sern aus dem Eibseehotel wurde der Eutrophierungsprozeß gefördert. Trotz Frühjahrsvollzirkulation ist zum Zeitpunkt der Messung (26.4.1984) die O<sub>2</sub>-Anreicherung nur unvollständig: rd. 80 % im oberen, 50 % im unteren Teil. Da der Eibsee aufgrund seiner Höhenlage (973 m ü. NN) erst spät eisfrei wird, ist mit einer weiteren O<sub>2</sub>-Anreicherung in der Tiefe zu rechnen. Dies zeigt auch das Sommerprofil, das im Hypolimnion mit rd. 60 % immer noch höhere Sättigungswerte aufweist als das Frühjahrsprofil. Die Sommerstratifikation am 29.8.1984 zeichnet sich durch ein gut durchmisches Epilimnion bis 7 m, eine scharfe, ungestörte Sprungschicht und ein 10 m mächtiges Hypolimnion (20-30 m) aus. Da nur kaltes Tiefenwasser abziehen kann, während kein warmes Oberflächenwasser entweichen kann, ist der Eibsee trotz seiner Höhenlage relativ warm. Das Sauerstoffprofil ist klinograd mit positiv heterograde Überprägung im Bereich des Metalimnions und Sättigungswerten von 40-30 % am Seegrund, was eine Einstufung des Sees als mesotroph bis schwach eutroph rechtfertigen würde. Vom Nährstoffhaushalt her müßte der Eibsee mit O<sub>2</sub>-Konzentrationen von 8 µg/l eher als oligotroph bezeichnet werden.

#### 4.2.3. Seen mit unvollständiger Zirkulation (Meromixis)

##### Alatsee (Abb. 14)

Der kleine windgeschützte Alatsee ohne oberirdischen Zufluß ist der einzige seit Jahrhunderten meromiktische (d. h. nur teilmischende) See Bayerns. Nur oberhalb des Monimolimnions verhält er sich



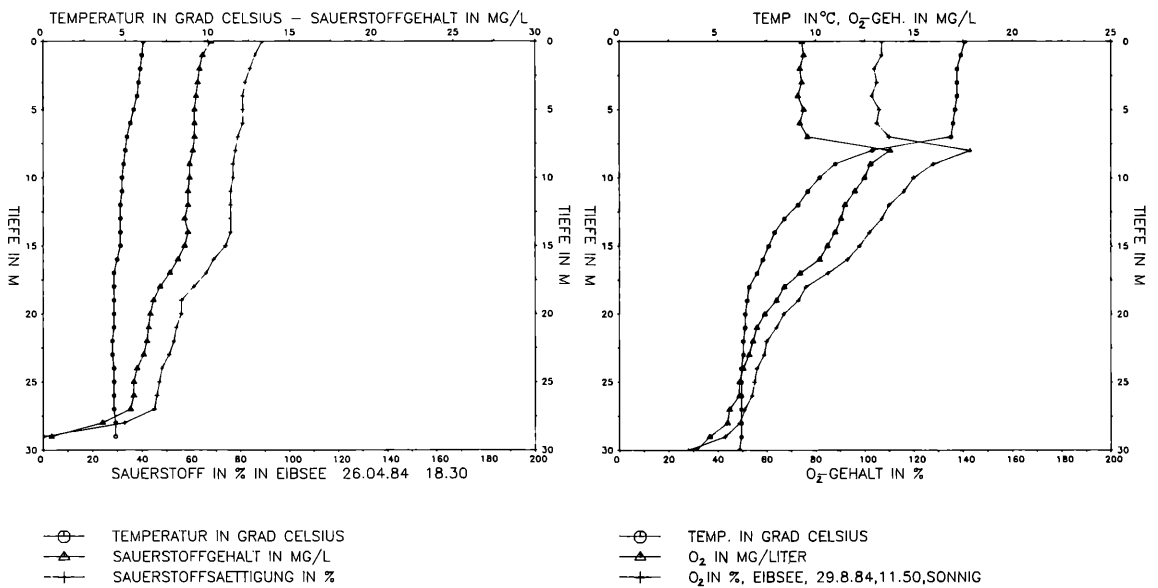


Abbildung 13

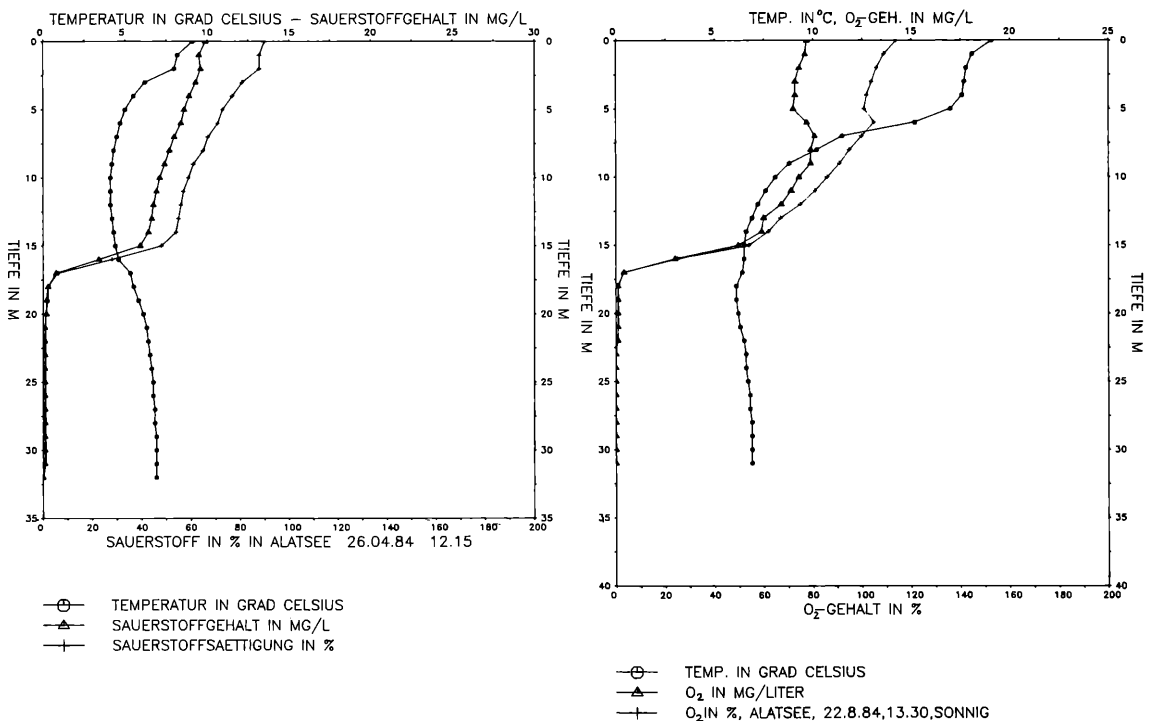


Abbildung 14

wie ein dimiktischer See. Auch im Frühjahr reicht die durchmischende Zone nur bis 15 m Tiefe, darunter herrscht Sauerstofffreiheit und Schwefelwasserstoffüberschuß. Die Temperatur des Monimolimnions nimmt von 15 m mit 4° C auf 7,5° C in 32 m (ca. Jahresdurchschnittstemperatur) zu. Im August gliedert sich der Wasserkörper in ein ca. 5 m mächtiges Epilimnion mit etwa 100 % Sauerstoffgehalt, gefolgt von einem 10 m mächtigen Metalimnion, darunter das nicht mischende, sauerstofffreie Hypolimnion (Monimolimnion), dessen Temperatur der des Frühjahrs entspricht. Der hohe H<sub>2</sub>S-Gehalt (max. 70 bis 117 mg/l in etwa 25 m Tiefe, nach FÖBRICH et al.) ist der zweithöchste bisher bekannte in Mitteleuropa nach dem Himmelsdorfer See bei Lü-

beck. Der Schwefelnachschub erfolgt aus dem hohen Sulfatgehalt des Seewassers (40 mg/l), im Monimolimnion rechnerisch sogar 1020 mg/l in 31 m Tiefe.

#### 4.2.4. Seen mit extrem klinograde O<sub>2</sub>-Kurve und O<sub>2</sub>-Schwund bereits in geringer Tiefe, max. Tiefe meist < 30 m, in der Regel eutroph bis polytroph

Zu diesen morphometrisch eutrophen Seen, die aufgrund ihrer geringen Tiefe nahezu kein Hypolimnion ausbilden, gehören Pilsensee, Riegsee, Fohnsee (aus der Gruppe der Osterseen), Alpsee (Immenstadt), Freiburger See, Hopfensee, Bannwaldsee, Simssee, Hartsee, Seoner See (Klostersee),

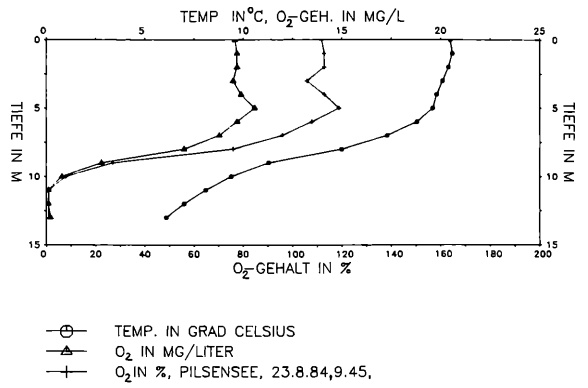
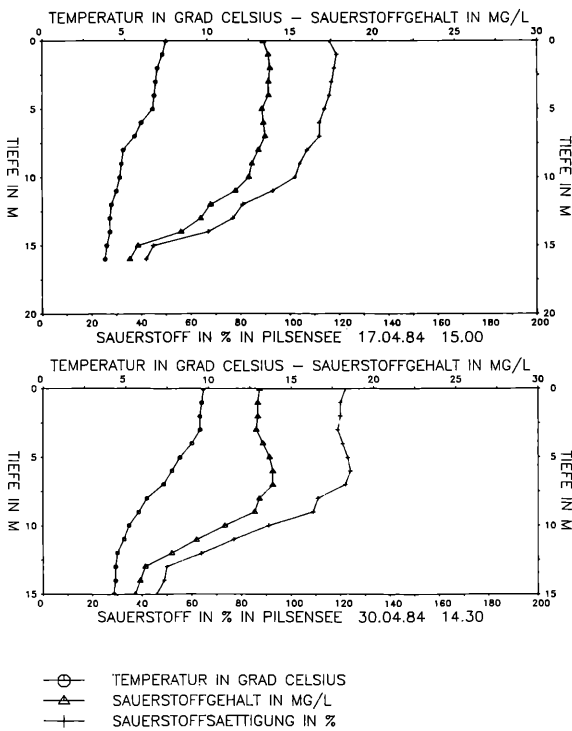


Abbildung 15

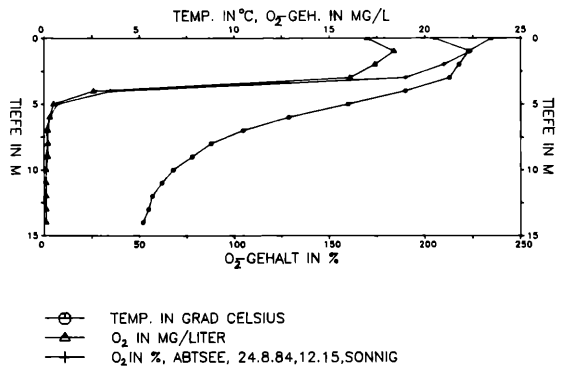
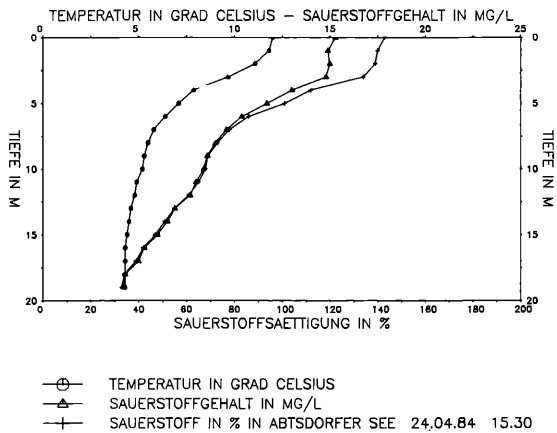


Abbildung 16

Wager und Tachinger See sowie Weßlinger See. Ihr Wasserumsatz ist in der Regel gering, beim Riegsee fehlt sogar ein oberirdischer Abfluß (Blindsee).

### Pilsensee (Abb. 15)

Der polytrophe Pilsensee ist im Hochsommer unterhalb 9 m praktisch sauerstofffrei. Neben der üblichen Nährstoffzufuhr aus Siedlungen und landwirtschaftlichem Umland gilt ein Campingplatz mit über 900 Wohnwagenstellplätzen als „Hauptverursacher“. Eine Besserung der Situation wird seit Fertigstellung der Ammersee-Ringkanalisation 1975 erwartet. Die Frühjahrsmessung am 17.4.1985 (links oben) zeigt bereits die Ausbildung eines leichten Epilimnions von 0-5 m Tiefe, in dem auch eine O<sub>2</sub>-Sättigung bis 115 % auftritt. Von 10-15 m Tiefe ist trotz vorangegangener Vollzirkulation bereits ein

O<sub>2</sub>-Defizit festzustellen. Nahe dem Grund sind nur noch 40 % O<sub>2</sub> vorhanden. Eine weitere Messung erfolgte am Ende der gesamten Frühjahrsmeßkampagne am 30.4.1984. Die Oberflächenerwärmung ist fortgeschritten, verbunden mit einer stärkeren Übersättigung (etwas über 120 %), das O<sub>2</sub>-Defizit in der Tiefe ist unverändert. Diese zweite Messung gibt einen allgemeinen Eindruck, wie stark die einzelnen Messungen, die sich demnach über einen Zeitraum von 13 Tagen verteilen, „driften“, d. h. von einer (technisch nicht realisierbaren) simultanen Messung unterscheiden.

Die sommerliche Messung zeigt deutlich eine extrem klinograde Sauerstoffkurve mit anaeroben Verhältnissen ab 10 m Tiefe – mit einer leichten positiv heterograden Überprägung. Dem Rückgang der Polytriephie im allgemeinen oder dem für Seen günstigen Witterungsverlauf 1984 ist es zu verdanken, daß anaerobe Zustände nicht bereits ab 5 m Tiefe (MICHLER 1975), sondern erst ab 10 m Tiefe auftreten.

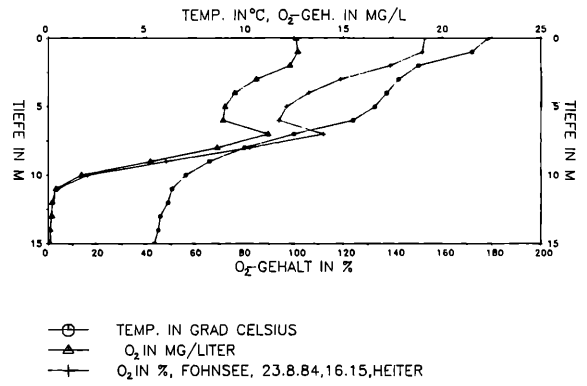
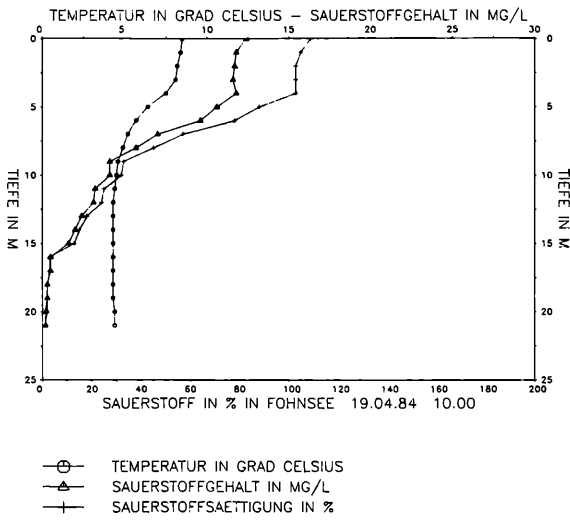


Abbildung 17

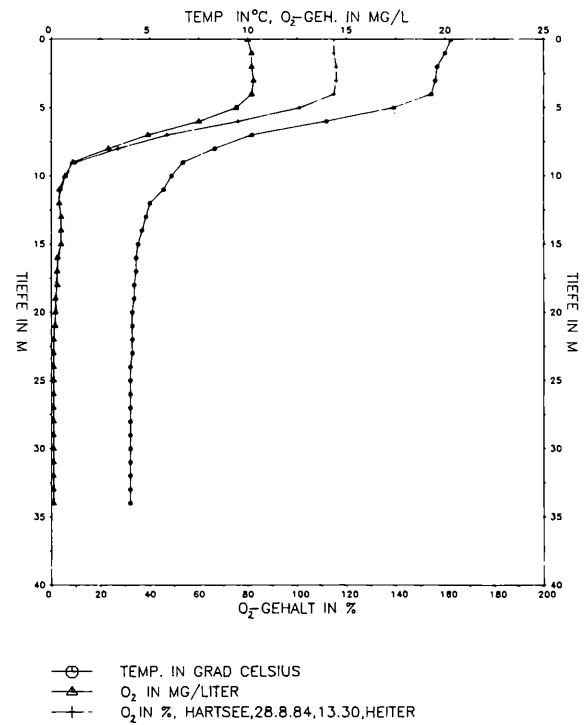
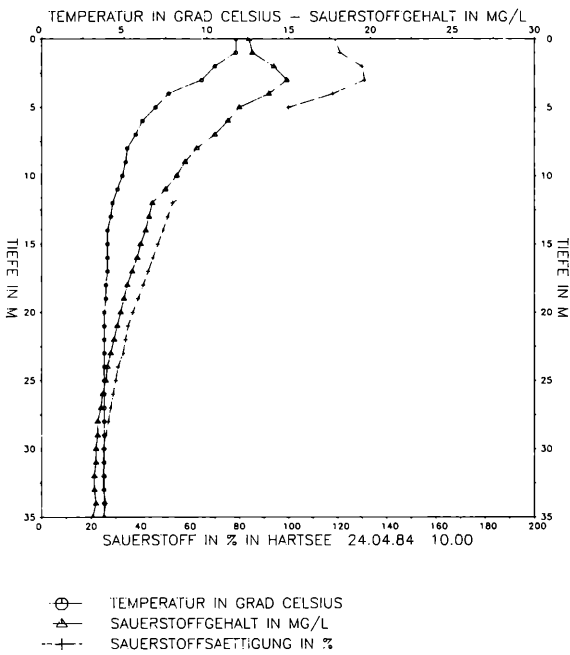


Abbildung 18

Abtsee (Abb. 16), Fohnsee (Abb. 17), Hartsee (Abb. 18), Hopfensee (Abb. 19) und Wesslinger See (Abb. 20)

Charakteristisch für diese Seen ist das beträchtliche O<sub>2</sub>-Defizit bereits kurz nach der Frühjahrsvollzirkulation. Es beträgt nahe dem Grund im Abtsee 35 %, Fohnsee fast 0 %, Hartsee 25 %, Hopfensee 40 % und Weßlinger See 5-30 %. Ein bereits ausgebildetes Epi- und Metalimnion zeigt, daß diese Seen ihre Frühjahrsvollzirkulation bereits beendet haben. Die Situation in der sommerlichen Stratifikationsperiode ist durch stark klinograde Sauerstoffkurven mit O<sub>2</sub>-Freiheit im Hypolimnion (Fohnsee, Hartsee u. Weßlinger See) und teilweise sogar im Metalimnion (Abtsee und Hopfensee) gekennzeichnet. Die Übersättigung in Epi- und Metalimnion erreicht im Abtsee 230 %, Fohnsee 140 %, Hartsee 120 %, Hopfensee 165 % und Weßlinger See 110 %. Der

Fohnsee weist ein leichtes metalimnisches Maximum auf (positiv heterograd).

**Alpsee, Bannwaldsee, Niedersonthofener See, Riegsee, Seoner See, Simssee, Waginger See**

Im Gegensatz zur obigen Seengruppe „verlassen“ diese Seen die Phase der Vollzirkulation mit einem geringeren Sauerstoffdefizit. Nahe dem Seegrund wurden folgende O<sub>2</sub>-Konzentrationen gemessen: Alpsee (Imm.) 80-90 %, Bannwaldsee 50-60 %, Niedersonthofener See 80-90 %, Riegsee 70-80 %, Seoner See (Klostersee) 55-70 %, Simssee 20-80 % und Waginger See 70-80 %. Bannwaldsee, Niedersonthofener See, Seoner See, Simssee und Waginger See haben bereits ein so kräftiges Epilimnion und Metalimnion aufgebaut, daß sie vermutlich durch Wind im weiteren Verlauf des Frühjahrs nicht

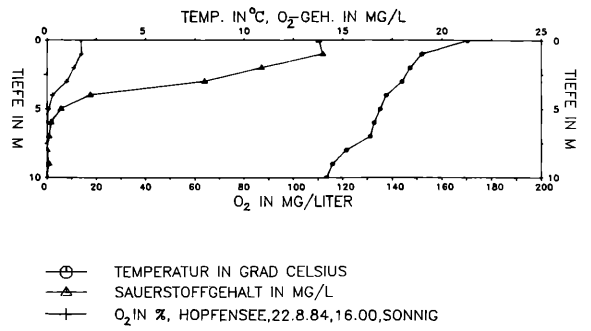
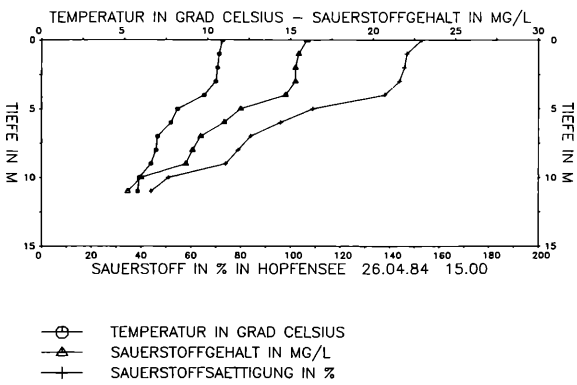


Abbildung 19

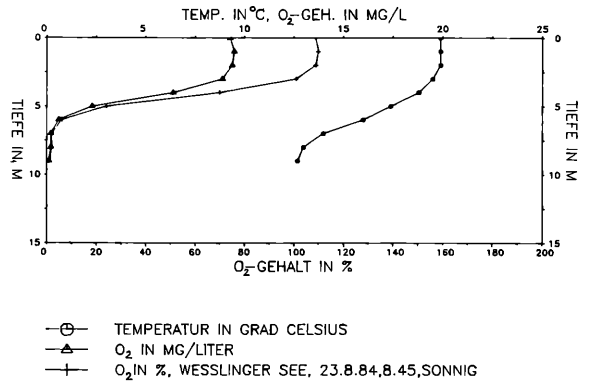
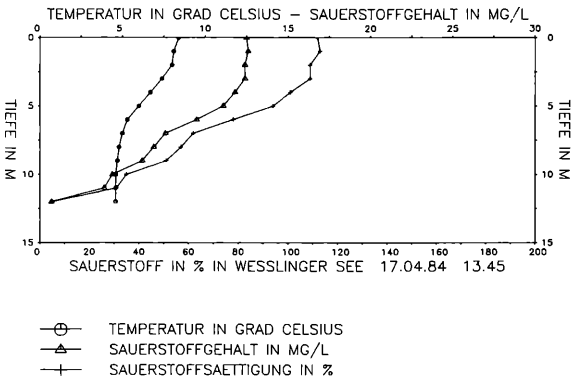


Abbildung 20

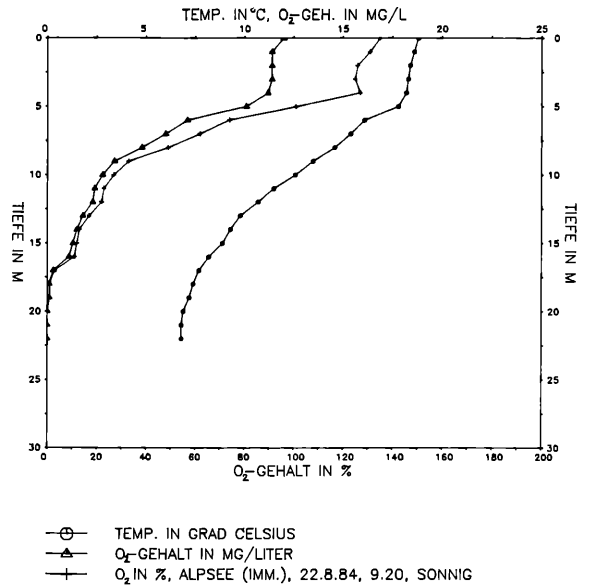
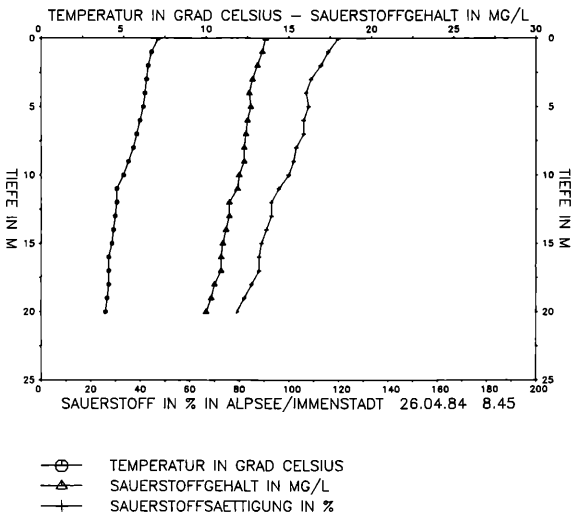


Abbildung 21

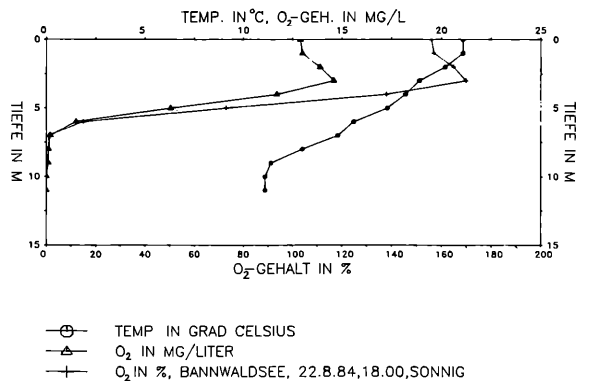
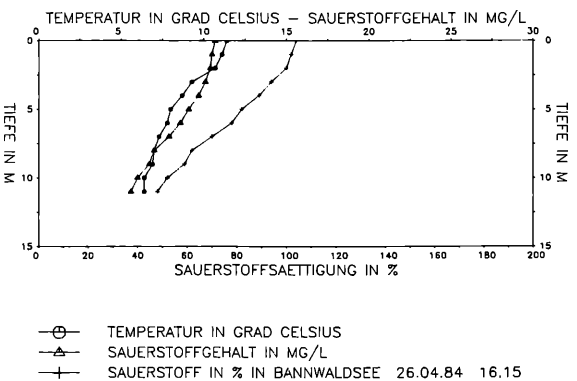


Abbildung 22

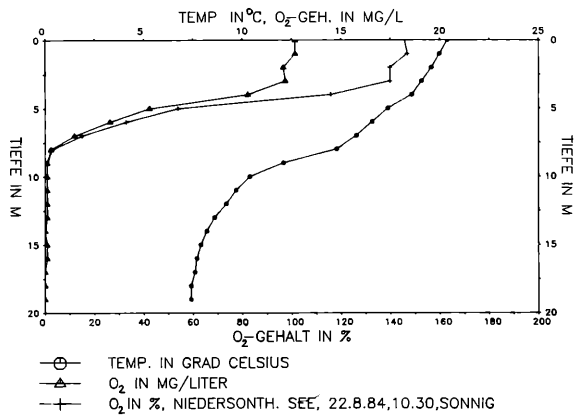
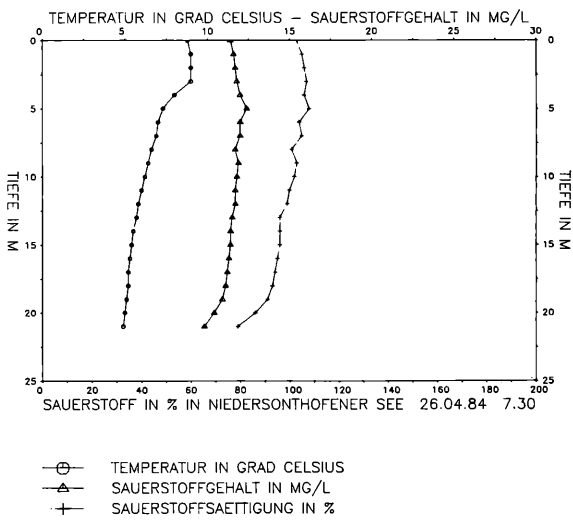


Abbildung 23

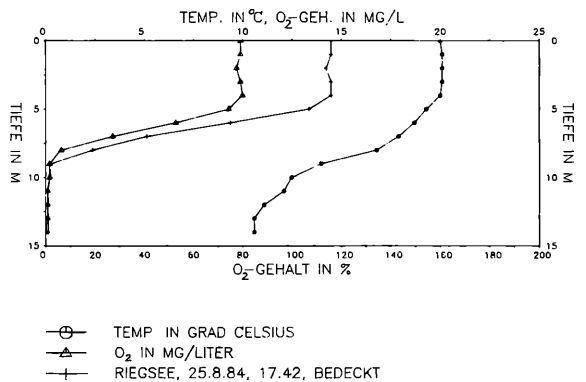
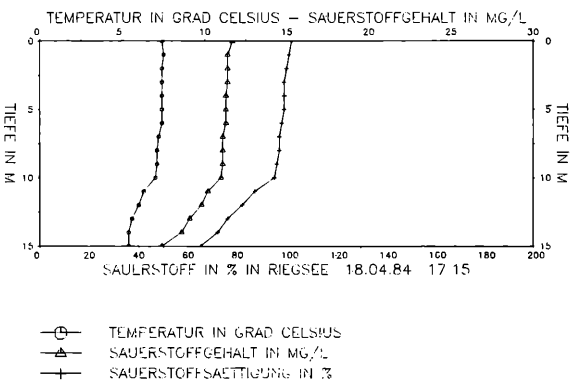


Abbildung 24

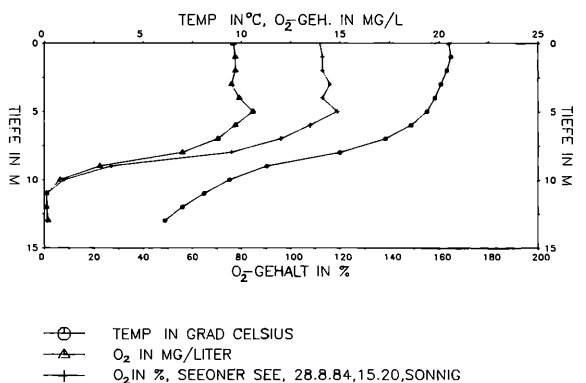
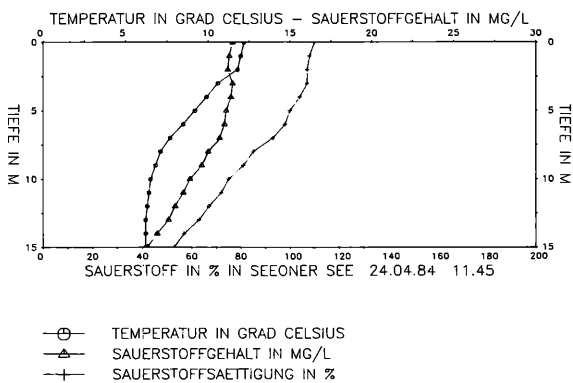


Abbildung 25

mehr durchmischt werden konnten. Beim Alpsee (Imm.) und Riegsee ist die thermische Stratifizierung erst schwach ausgebildet und kann durchaus von kräftigen Winden noch umgewälzt und zerstört werden. In allen genannten Seen treten während der sommerlichen Stratifikationsperiode im Tiefenbereich anaerobe Zustände auf:

Alpsee (Imm.) 17-22 m, Bannwaldsee 7-11 m, Niedersonthofener See 8-19 m, Riegsee 9-14 m, Seoner See 11-13 m, Simssee 11-20 m und Wager See

11-21 m. Bereits 1974 und 1975 liefen im Wager See erste Versuche, das extreme O<sub>2</sub>-Defizit durch Belüftung des Hypolimnions zu vermindern. Sie wurden jedoch wegen des ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses wieder eingestellt. Neuerdings versucht man im Weßlinger See ebenfalls durch Belüftung (neue Technik), die anaeroben Zustände (und damit die Re-Eutrophierung durch Rücklösung von Nährstoffen aus dem Sediment) zu beseitigen.

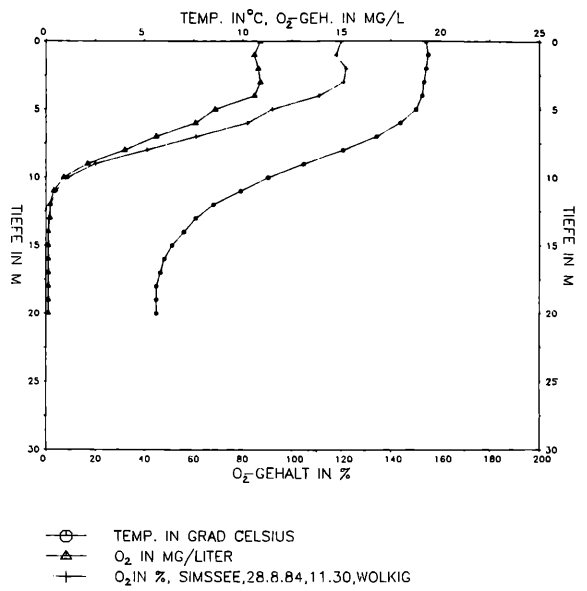
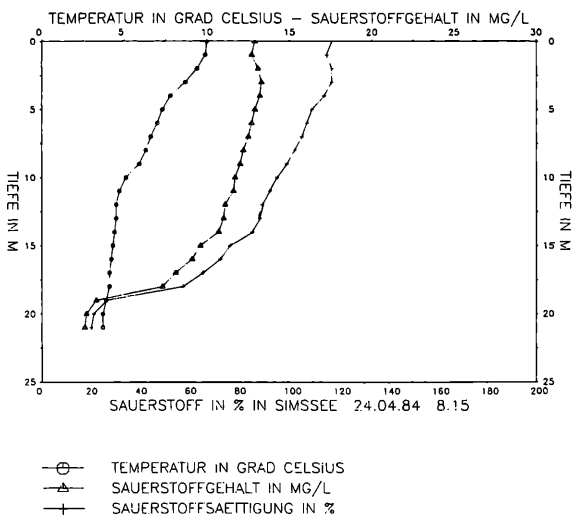


Abbildung 26

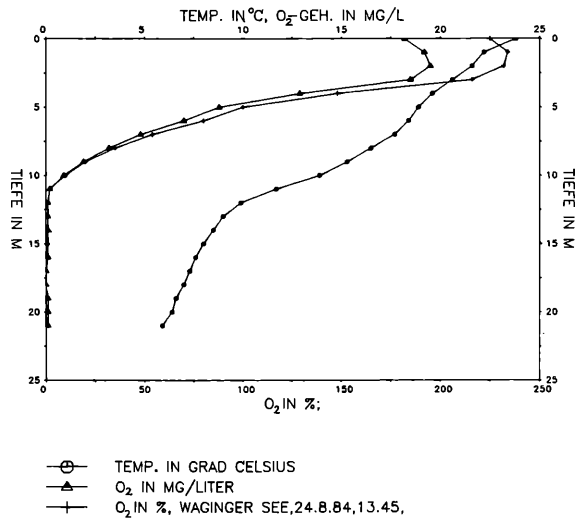
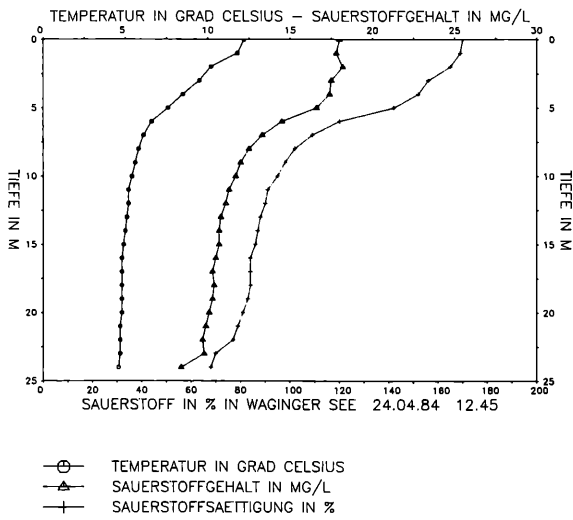


Abbildung 27

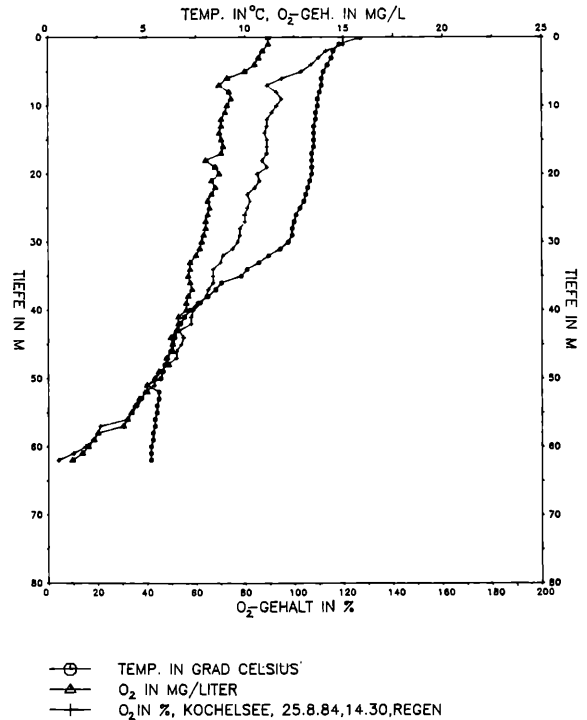
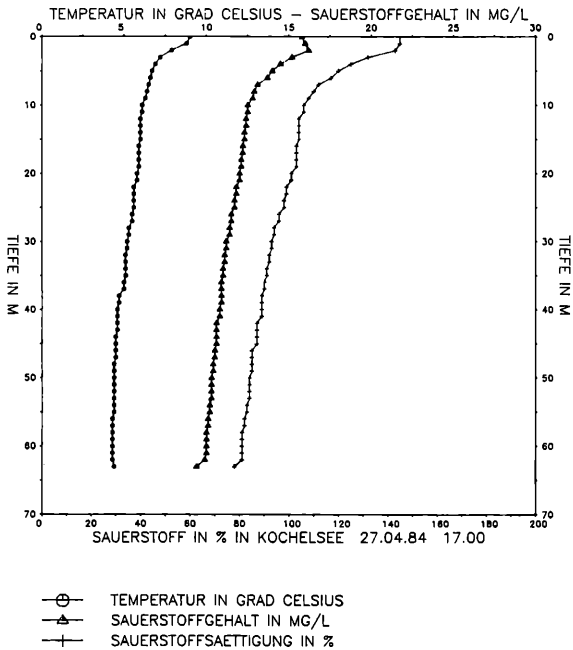
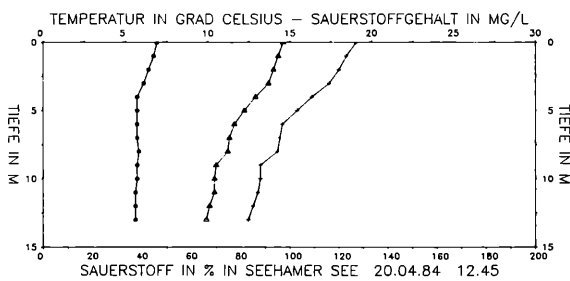
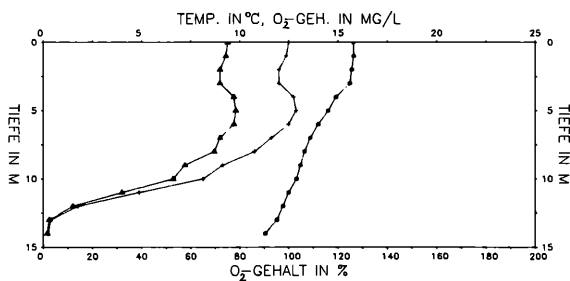


Abbildung 28



- ⊙ — TEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
- △ — SAUERSTOFFGEHALT IN MG/L
- + — SAUERSTOFFSAETTIGUNG IN %



- ⊙ — TEMP. IN GRAD CELSIUS
- △ — O<sub>2</sub> IN MG/LITER
- + — O<sub>2</sub> IN %, SEEHAMER SEE, 27.8.84, 10.45, BEDECKT

Abbildung 29

### 4.3. Seen mit kräftigem Wasserdurchsatz

#### 4.3.1. Natürliche Seen

##### Kochelsee (Abb. 28)

Den Kochelsee durchfließen die aus dem Wettersteingebirge kommende, abwasserbelastete Loisach ( $23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) und das Triebwasser des Walchenseekraftwerkes ( $23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Der Kochelsee hat damit den schnellsten Wasseraustausch aller natürlichen Seen Südbayerns (1,5 Monate!). Besonders durch das nur  $3\text{-}6^\circ \text{C}$  warme Triebwasser des Walchensees wird der Wasserkörper kräftig durchmischt, was – wie schon ZORELL (1956) nachgewiesen hat – im Temperaturverhalten und im  $\text{O}_2$ -Gehalt seinen Niederschlag findet. So ist die Oberfläche des Kochelsees (stets einer der kältesten Badeseen Bayerns) bis in den September hinein sogar kälter als der 203 m höher gelegene Walchensee. Andererseits transportiert das turbulente Walchensee-Triebwasser beträchtliche Wärmemengen in die Tiefe, weshalb der Kochelsee in der Tiefe die höchsten Temperaturen von allen Seen in Bayern aufweist. Schon die Frühjahrstemperaturen des Hypolimnions liegen mit knapp  $5^\circ \text{C}$  um fast  $1^\circ \text{C}$  höher als in weniger durchmischten Seen. Im August zur Stratifikationsperiode erstreckt sich ein kühles, doch gleichmäßig temperiertes Epilimnion bis in 30 m Tiefe! Die Sauerstoffgehalte entsprechen der kräftigen Durchmischung. Im Frühjahr liegen 80-90 % Sättigung vor, im Sommer nimmt die Kurve von 120 % Übersättigung an der Oberfläche klinograd bis auf nahezu 0 % in Bodennähe ab. Ein Sauerstoffeintrag durch die kräftige Durchmischung ist anzunehmen, weshalb die  $\text{O}_2$ -Kurve wohl eine geringere Sauerstoffzehrung angibt als tatsächlich durch Abbau verbraucht wird („eutroph“).

#### 4.3.2. Stauseen

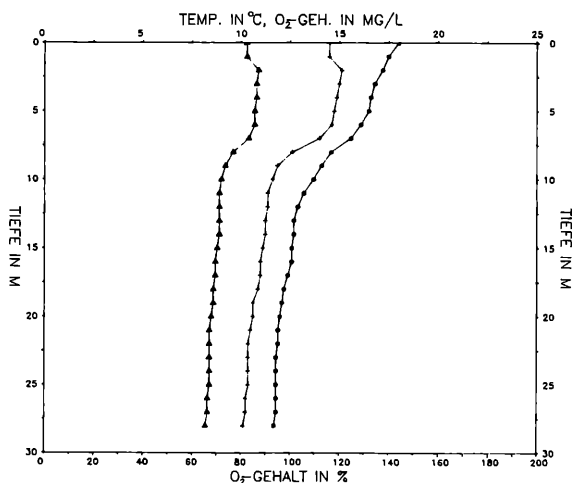
##### Seehamer See (Abb. 29)

Dieser ursprünglich nur noch  $0,57 \text{ km}^2$  große (natürliche) Zungenbeckensee wurde 1914 (etwa bis zum heutigen Wasserstand) aufgestaut und dient seit 1957 als Speicherbecken für den Pumpspeicherbetrieb des Leitzachkraftwerkes. Außerdem nimmt er

die geklärten Abwässer aus dem Tegernseer-Schlierachtal auf. Im Frühjahr zeigt das  $5^\circ \text{C}$  warme, homotherme Wasser den kräftigen Zufluß an, im Sommer die relativ geringen Temperaturen des Oberflächenwassers (um  $15^\circ \text{C}$ ) und die – vergleichsweise – hohen Temperaturen des Tiefenwassers. Der Eutrophierungsstatus muß beachtlich hoch sein, zeigt doch die Sauerstoffkurve im Frühjahr bereits eine beachtliche oberflächennahe Übersättigung an und im Sommer eine kräftige klinograde Abnahme nach unten bis auf 0 % in 12-13 m Tiefe. Gleichwohl lassen sich im Seehamer See wegen der hohen Durchflußmengen aus den  $\text{O}_2$ -Vertikalprofilen keine hinreichend zuverlässige Aussagen über den Stoffwechsel ableiten.

##### Forgensee (Abb. 30)

Der 1954 aufgestaute Forgensee (Bayerns größter künstlicher See) ist – ähnlich dem Sylvensteinspeicher südlich Lenggries – ein typischer Flußstausee (Jahresspeicher), dessen Temperatur- und Sauerstoffjahresgang fast schon denen eines Flusses vergleichbar ist (rechnerischer Wasseraustausch alle 3,5 Wochen). Zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation



- ⊙ — TEMP. IN GRAD CELSIUS
- △ — O<sub>2</sub> IN MG/LITER
- + — O<sub>2</sub> IN %, FORGENSEE, 22.8.84, 17.00, SONNIG

Abbildung 30

erübrigte sich eine Messung, da der Speicher leer war. Die Sommermessung macht schon in ihrem Temperaturvertikalprofil den fluvialen Charakter des Forggensees deutlich: eine Temperaturschichtung ist nur ganz schwach ausgeprägt. Die Oberflächentemperatur ist verhältnismäßig niedrig, die Temperaturen in der Tiefe vergleichsweise hoch (→ Kochelsee), was u. a. auf den Abzug des kalten Tiefenwassers durch das Kraftwerk zurückzuführen ist. Das frisch zugeführte Lechwasser ist sauerstoffreich und relativ wenig belastet, so daß sich angesichts der kräftigen Durchmischung ein nahezu orthogrades O<sub>2</sub>-Profil mit Konzentrationen zwischen 80 und 115 % einstellt.

## 5. Kurzfassung

Während der Frühjahrsvollzirkulation im April 1984 und der Sommerstagnation im August 1984 wurden innerhalb weniger Tage – also fast synoptisch – Temperatur – und Sauerstoffvertikalprofile in 30 südbayerischen Seen aufgenommen, nach den Klassifikationen von ABERG & ROHDE sowie von THIENEMANN gegliedert und hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit über die Stoffwechselaktivität bzw. den Trophiegrad überprüft.

## Summary

At homoiothermal conditions in spring and during summer stagnation in 1984 almost synoptic temperature and oxygen profiles have been measured in 30 lakes of southern Bavaria. These oxygen profiles was compared with each other, systematized by the classification systems of ABERG & RODHE and THIENEMANN. The reliability of the interpretation of these profiles with regard to metabolic activity and the trophic status of the lakes was checked.

## 6. Literaturverzeichnis

- BAYER. LANDESAMT F. WASSERWIRTSCHAFT, (HRSG.) (1983):  
Verzeichnis der Seen in Bayern.
- BIRGE E. A. & JUDAY, C. (1911):  
zitiert aus HUTCHINSON, G. E. 1957: A Treatise on Limnology. Vol. I, New York.
- ELSTNER, H. J. (1955):  
Limnologische Untersuchungen im Hypolimnion verschiedener Seentypen.-Mem. Instituto Ital. Idrobiol., Suppl. 8, S. 83-119.
- FINDENEGG, I. (1936):  
Über den Sauerstoffgehalt tiefer Seen und seine indikatorische Bedeutung für ihren Trophiezustand. – Archiv f. Hydrobiologie 30:337-344.
- FÖBRICH, G. & MANGELSDORF, I. (1973):  
Beiträge zur Limnologie der Niedersonthofener Seen im Allgäu. – Schriften d. Bay. Landesstelle f. Gewässerkunde, H. 8:1-37.

- FÖBRICH, G. et al. (1977):  
Gewässerkundliche Studie über sechs Seen bei Füssen im Allgäu. – Schriftenreihe d. Bay. Landesamtes f. Wasserwirtschaft, H. 3, München.
- FRITSCH, W. (1971):  
Über den gegenwärtigen Gütezustand der Gewässer im deutschen Alpen- und Voralpengebiet. – Wasserwirtschaft (1):5-12.
- GROTE, A. (1934):  
Der Sauerstoffhaushalt der Seen. = Die Binnengewässer, Bd. XIV, Stuttgart 1934.
- HAMM, A. (1971):  
Limnologische Untersuchungen am Tegernsee und Schliersee nach der Abwasserfernhaltung (Stand 1970). – Wasser- u. Abw.-Forschung (5).
- HUTCHINSON, G. E. (1957):  
A Treatise on Limnology. Bd. 1, 1015 S.; New York u. London.
- LIEBMANN, H & HAMM, A. (1972):  
Eutrophierung und Eutrophierungsminderung an bayerischen Seen. – Gas- u. Wasserfach 113:404-409.
- MICHLER, G. (1976):  
Synoptische Temperatur- und Sauerstoffmessungen in 33 südbayerischen Seen während der Sommerstagnation im August 1975. – Mitt. d. Geogr. Ges. München 61:137-167.
- MICHLER, G. & SCHMIDT, H. (1979):  
Vergleichende Temperatur- und Sauerstoffmessungen in 32 südbayerischen Seen während der Sommerstagnation im August 1978. – Wasserwirtschaft 69(6):191-196.
- NÄHER, W., MANGELSDORF, J. & SCHEUERMANN, K. (1974):  
Der Waginger-Tachinger See. – Schriftenreihe d. Bay. Landesstelle f. Gewässerkunde, H. 9, München.
- RUPPERT, K. (1962):  
Das Tegernseer Tal. Sozialgeographische Studien im oberbayerischen Fremdenverkehrsgebiet. = Münchner Geogr. Hefte, 23, Kallmünz.
- THIENEMANN, A. (1928):  
Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. – Die Binnengewässer, Bd. 4; Stuttgart.
- WILHELM, F. (1958):  
Vorläufiger Bericht über die Temperatur- und Sauerstoffaufnahmen im Schliersee 1956. – Gewässer und Abwässer, H. 19, S. 40-65.
- WILHELM, F. (1972):  
Verbreitung und Entstehung von Seen in den Bayerischen Alpen und im Alpenvorland. – Gas und Wasserfach 113(9):393-444.
- ZORELL, F. (1956):  
Temperatur- und Sauerstoffbestimmungen im Kochelsee. – Gewässer und Abwässer, H. 14, S. 7-30.

## Anschrift des Verfassers:

Dr. Günther Michler  
Institut für Geographie  
(Lehrstuhl Prof. Dr. F. Wilhelm)  
Luisenstr. 37  
8000 München 2



## Glossar

Arnulf Melzer, Raimund Harlacher und Elise Vogt  
(Anmerkung zum Glossar: Manche Stichworte wurden nicht eigens erläutert, sondern lediglich mit Hinweisen auf andere Stichworte versehen. Das bedeutet nicht in allen Fällen, daß diese Stichworte die gleiche Bedeutung haben, sondern es können unter dem hingewiesenen Stichwort auch Erläuterungen zum gesuchten Stichwort enthalten sein).

**aerob.** Unter dem Einfluß von Sauerstoff (Luft) stattfindend. Aerobe Organismen sind solche, die Sauerstoff zur Atmung benötigen.

**Algenblüte.** Charakterisiert den Zustand, bei dem es zu einer Massenentwicklung mikroskopisch kleiner Algen in Gewässern kommt, wodurch sich dessen Farbe (und Transparenz) ändern kann. Besonders auffällig ist eine Blüte der Burgunderblutalge (*Oscillatoria rubescens*), die eine mehr oder weniger deutliche Rotfärbung des Wassers nach sich zieht.

**Ammonium.** Chemische Formel:  $\text{NH}_4^+$  Wichtiger Pflanzennährstoff, der von den meisten Pflanzen bevorzugt vor dem Nitrat aufgenommen und in Aminosäuren und Eiweiß eingebaut wird. In fließenden Gewässern deuten hohe Ammoniumgehalte zumeist auf eine Abwasserbelastung hin. In stehenden Gewässern ist während der Stagnationsphasen häufig ein ausgeprägter vertikaler Ammoniumgradient mit einem Maximum über dem Gewässergrund zu beobachten, der nicht durch Belastungen hervorgerufen sein muß. Bei hohen pH-Werten liegt Ammonium in Form von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) vor, das fischtoxisch werden kann.

**anaerob.** Ohne Luft (Sauerstoff) stattfindend. Anaerobe Organismen sind solche, die keinen Sauerstoff zur Atmung benötigen.

**anthropogen.** Durch menschliche Aktivitäten verursacht.

**Armleuchteralge.** Siehe: Chara

**Arteninventar.** Gesamtheit der in einem Biotop (z. B. See) vorkommenden pflanzlichen (oder tierischen) Arten.

**Atmung, Atmungsprozesse.** Biochemischer Vorgang der Energiegewinnung, bei dem Wasserstoff auf Sauerstoff übertragen wird. Gleichbedeutend mit biologischer Oxidation.

**Benthall.** Bodenzone eines Gewässers. Den mit Licht versorgten Teil des Benthalls nennt man Litoral (siehe dort).

**Bicarbonatassimilation.** Aufnahme von  $\text{HCO}_3^-$  durch Wasserpflanzen. Fast alle aquatischen Gefäßpflanzen sind in der Lage, neben  $\text{CO}_2$  auch Bicarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) zu assimilieren, das in der Pflanze durch das Enzym Carboanhydrase in  $\text{CO}_2$  und  $\text{OH}^-$  gespalten wird. Dieses  $\text{CO}_2$  wird dann, wie das direkt aufgenommene  $\text{CO}_2$  auch in der Dunkelreaktion der Photosynthese reduziert und in Zucker eingebaut. Wassermoose können kein  $\text{HCO}_3^-$ , sondern nur  $\text{CO}_2$  verwerten, manche Grünalgen dagegen ausschließlich  $\text{HCO}_3^-$ .

**biogen.** Durch die Tätigkeit von Organismen bedingt.

**Bioindikator.** Man versteht darunter eine Sippe oder Lebensgemeinschaft von Lebewesen, deren Vorkommen oder sonstiges leicht erkennbares Ver-

halten sich mit bestimmten Verhältnissen so eng korrelieren lassen, daß man sie als Zeiger (Indikator) oder quantitativen Test verwenden kann (Def. nach ELLENBERG).

**Biomasse.** Menge pflanzlicher oder tierischer Organismen pro Volumeneinheit (z. B. beim Plankton) oder Flächeneinheit (z. B. bei makrophytischen Wasserpflanzen).

**Blualgen.** Werden heute zusammen mit den Bakterien zu den sog. Spaltpflanzen (Schizophyta) gerechnet. Im Gegensatz zu echten Algen besitzen Blualgen (Cyanophyceae) keinen von einer Hülle umgebenen Zellkern. Viele Blualgen besitzen die Fähigkeit molekularen Stickstoff zu fixieren. Bei hohen Nährstoffbelastungen (hauptsächlich mit Phosphat) kann es zu einer Massenentwicklung (Blüte) von Blualgen kommen. Dabei können Substanzen freigesetzt werden, die beim Menschen zu Hautausschlägen führen. Blualgen leben zumeist planktisch, sehr häufig wachsen sie aber auch auf dem Gewässergrund, wobei sie das Sediment und dort wurzelnde Wasserpflanzen mit einem dichten Teppich überziehen können.

**Chara, Characeae, Characeen.** Armleuchteralgen. Die systematische Ordnung der Charales umfaßt heute noch eine Familie, die Characeae. Diese setzt sich aus mehreren Gattungen zusammen, von denen in unseren Gewässern die Gattungen Chara, Nitella und Nitellopsis die wichtigsten sind. Insgesamt kommen weltweit etwa 300 verschiedene Arten vor. In Bayern sind es 20.

Die Characeen weisen einen hochentwickelten Bau und Fortpflanzungsmechanismus auf. Da manche Chara-Arten gegenüber erhöhten Phosphatkonzentrationen durch Absterben reagieren, stellen sie wichtige Bioindikatoren dar. Siehe: Bioindikator, Phosphor

**Chara-Rasen.** Ausgedehnte, an Rasen oder Wiesen erinnernde Bestände von Characeen. Zumeist treten Characeen dabei in Einartbeständen auf. Im Flachwasserbereich setzen sich diese Rasen zumeist aus der Art *Chara aspera* oder *Chara contraria* zusammen, in tieferem Wasser aus *Chara tomentosa* oder *Chara hispida*.

**Chara-See.** Seen, in denen Characeen von der Artenanzahl wie auch von der Biomasse dominieren. Chara-Seen sind im allgemeinen phosphatarme, kalkreiche und transparente Gewässer.

**CO<sub>2</sub>.** Siehe: Kohlensäure

**Diatomeen.** Kieselalgen. In Seen gibt es zumeist ein Diatomeen-Maximum im Frühjahr und eines im Herbst. Während dieser Zeit wird die im Wasser vorhandene freie Kieselsäure fast vollständig aufgezehrt und in den Kieselshalen der Algen festgelegt. Neben vielen planktischen (=frei im Wasser schwebend) Kieselalgen-Arten gibt es auch solche, die auf Steinen (=epilithisch) oder Pflanzen (=epiphytisch) als sog. Aufwuchs vorkommen.

**Diversität.** Vielfalt eines Biotops an verschiedenen Arten.

**dystroph.** Huminsäurereiches und daher braun gefärbtes Wasser von Moorseen, das sich daneben durch eine Elektrolyt- und Nährstoffarmut auszeichnet. Siehe: Huminsäure

**Elektrolyte, elektrolytisch, elektrische Leitfähigkeit.** Verbindungen, die in Wasser gelöst Ionen bilden und dann elektrischen Strom leiten, nennt man Elektrolyte. In Gewässern spielen dabei hauptsächlich Salze (des Calciums) eine Rolle. Eine niedrige elektrische Leitfähigkeit weisen „weiche“ Wässer mit geringer Wasserhärte auf.

**emers.** Wasserpflanzen, die mit dem überwiegenden Teil ihres Sproßes über die Wasseroberfläche herausragen.

**Entkalkung, biogene.** Prozeß, bei dem es durch photosynthetisch bedingte pH-Wert-Verschiebungen zu einem Ausfällen von Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) kommt. Bei Höheren Wasserpflanzen bildet sich auf der Oberseite von Blättern (OH<sup>-</sup>-Abgabe und damit pH-Anstieg) häufig ein Kalküberzug. Durch Phytoplankton hervorgerufene Anstiege des pH-Wertes führen dagegen häufig zu einer milchigen Trübung des Wassers vor allem im Frühjahr.

**Epilimnion, epilimnisch.** Siehe: Sprungschicht

**Epiphyten, epiphytisch.** Organismen, die auf Pflanzen als Aufwuchs vorkommen. Sehr häufig gehören dazu Kieselalgen.

**essentielle Nährstoffe.** Die für eine normale Entwicklung einer Pflanze unbedingt notwendigen Nährstoffe bezeichnet man als essentiell. In größeren Mengen notwendig sind dabei die sog. Makronährstoffe (Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Eisen und Magnesium). Es gibt aber auch Nährstoffe, die nur in sehr geringen Mengen notwendig sind (Mikronährstoff oder Spurenelement), z. B. Mangan, Molybdän, Bor, u. a.

**eutraphent.** Als eutraphent bezeichnet man Arten, die lediglich in nährstoffreichen Gewässern gedeihen. Bei der Umpflanzung solcher Arten in nährstoffarme Gewässer hat man häufig ein „Verhungern“ (Nährstoffmangelsymptome) festgestellt. Siehe auch: oligotraphent, mesotraphent

**eutroph.** Bezeichnung für ein produktives und dabei zumeist nährstoffreiches Gewässer. Siehe: Trophie

**Eutrophierung.** Siehe: Trophie, eutroph

**Florenelement.** Sippen von Pflanzen, die ein bestimmtes Gebiet (Areal) besiedeln.

**Frühjahrszirkulation.** Siehe: Zirkulation

**Gefäßpflanzen.** Zu diesen gehören Farne und Samenpflanzen, die für den Stofftransport Leitbahnen (Gefäße) besitzen.

**Grünalgen.** Wichtige Klasse innerhalb der Algen, die 9 Ordnungen, u. a. die Charales (Siehe: Chara) umfaßt. Massenentwicklungen werden durch Nährstoffbelastungen hervorgerufen. Für die zu den Characeen gehörenden Arten trifft das nicht zu.

**Gyttja.** Sedimentart aus feinstkörnigem, oft tonigem Material. In den bayerischen Voralpensee besteht sie oft zu über 90 % aus Calcit (Calciumkarbonat). Dann spricht man auch von Kalkgyttja. Durch hohen Druck kommt es allmählich zu einer Entwässerung und Herausbildung von hellgrau bis weiß gefärbter Seekreide.

**Herbstzirkulation.** Siehe: Zirkulation

**Homothermie.** Zustand der Temperaturgleichheit innerhalb eines Sees. Homothermie wird zumeist bei ca. 4° C erreicht, der Temperatur, bei der das Wasser seine größte Dichte besitzt.

**H<sub>2</sub>S.** Siehe: Schwefelwasserstoff.

**Huminsäuren, Huminstoffe.** Gelbbraun bis schwarz gefärbte, hochmolekulare Verbindungen, die bei der Zersetzung organischen Materials als Endprodukt übrigbleiben. Besonders hoch ist der Anteil von Huminsäuren beim Abbau von Hochmoortorf. Huminstoffe unterteilt man auf Grund ihrer Löslichkeit und Molekülmassen in verschiedene Fraktionen. Huminstoffe werden überwiegend in Böden, z. T. aber auch im Wasser selbst gebildet.

**Hydroxylionen.** Siehe: pH-Wert

**Hypolimnion, hypolimnisch.** Siehe: Sprungschicht

**Interglazial.** Zeitraum zwischen zwei Eiszeiten.

**Kieselsäure.** Siehe: Diatomeen

**Kohlendioxid.** Siehe: Kohlensäure

**Kohlensäure.** Sie entsteht in Gewässern dadurch, daß ein Teil des im Wasser gelösten Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ) hydratisiert ( $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Die Kohlensäure dissoziiert in natürlichen Gewässern zu  $\text{H}^+$  und  $\text{HCO}_3^-$  und nimmt damit Einfluß auf den pH-Wert. Siehe: pH-Wert, Pufferkapazität, Bicarbonatassimilation.

**Kompensationsebene.** Sie kennzeichnet die Tiefenschicht in einem See, in dem sich Photosynthese- und Atmungsprozesse des Phytoplanktons langfristig gesehen in energetischem Sinn die Waage halten. Primär hängt die Tiefenlage der Kompensationsebene von der Lichtversorgung und damit von der aktuellen Gewässertrübung und Witterung ab.

**Limnokrene.** Unterseeische Quelle

**Limnologie.** Ist das Teilgebiet der Ökologie, das sich mit den Binnengewässern als Forschungsgegenstand befaßt.

**Litoral.** Darunter versteht man den durchlichteten Teil der Bodenzone (Benthal) eines Sees. Hier gedeihen festsitzende Höhere Pflanzen, Moose und Algen. Die untere Grenze des Litorals wird durch die Kompensationsebene (siehe dort) bestimmt.

**Makrophyten, makrophytische Wasserpflanzen.** Sammelbegriff für alle mit bloßem Auge erkennbaren Wasserpflanzen. Im Gegensatz dazu stehen die nur mit optischen Hilfsmitteln (Mikroskop) erkennbaren, mikroskopischen Algen. Zu den Makrophyten zählen alle Höheren Pflanzen, Moose, Farne und einige Algen, etwa die Armleuchteralgen. Fädige Grünalgen (z. B. Cladophora, Spirogyra etc.) werden traditionell nicht zu den Makrophyten gezählt.

**Meromixis, meromiktisch.** Ein Gewässer ist dann meromiktisch, wenn während der Zirkulationsphasen nicht der gesamte Wasserkörper durchmischt wird. Meromixis kann durch verschiedene Gründe verursacht werden, etwa durch salzhaltiges Tiefenwasser, Windabschirmung des Sees oder Eigenheiten der Seemorphologie. Den Teil des Wasserkörpers, der nicht mehr in die Zirkulationsphasen einbezogen wird, nennt man Monimolimnion.

**mesotraphent.** Als mesotraphent bezeichnet man Arten, die sich in ihrem Vorkommen auf mäßig nährstoffreiche Gewässer konzentrieren. Siehe: oligotraphent, eutraphent

**mesotroph.** Bezeichnung für ein mäßig produktives und dabei zumeist mäßig nährstoffreiches Gewässer. Siehe: Trophie

**Metalimnion, metalimnisch.** Siehe: Sprungschicht

**Monimolimnion.** Siehe: Meromixis

**Nettophotosyntheserate.** Energiegewinn bei der Photosynthese, der sich aus der Bruttophotosyntheserate abzüglich der Energieverluste durch Atmungsprozesse ergibt.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.** Siehe: Ammonium

**Nitrat:** Chemische Formel: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Nitrat wird in Böden nicht absorbiert und daher leicht ins Grundwasser ausgewaschen. Bei höher, vor allem aber unsachgemäßer Düngung werden dadurch auch Oberflächengewässer belastet. In diesen wird Nitrat von photoautotrophen Pflanzen im allgemeinen erst nach dem Aufzehren von Ammonium assimiliert. Siehe: Nitratatmung

**Nitratatmung, Nitratreduktion.** Durch bestimmte Bakterien (Nitratreduzierer) betriebene Form der Atmung, bei der nicht Sauerstoff als H-Akzeptor in der Atmungskette dient. Bakterielle Nitratatmung setzt in Gewässern immer erst dann ein, wenn der Sauerstoffgehalt des Wassers nahezu aufgebraucht ist.

**Nitrit.** Chemische Formel: NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Findet sich in Gewässern zumeist nur in geringen Konzentrationen. Es wird von Bakterien bei der Oxidation von Ammonium zu Nitrat und bei der Reduktion von Nitrat zu molekularem Sauerstoff als instabiles Zwischenprodukt freigesetzt.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.** Siehe: Nitrit

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.** Siehe: Nitrat

**O<sub>2</sub>.** Siehe: Sauerstoff

**oligotroph.** Als oligotroph bezeichnet man Pflanzen, die sich in ihrem Vorkommen auf nährstoffarme Gewässer konzentrieren. Ungeklärt ist in den meisten Fällen, ob die Pflanzen höhere Nährstoffkonzentrationen aus physiologischen oder aus Konkurrenzgründen nicht ertragen. Siehe: mesotroph, eutroph.

**oligotroph.** Bezeichnung für ein produktionsarmes und dabei auch zumeist nährstoffarmes Gewässer. Siehe: Trophie

**oxidativer Abbau.** Unter der Anwesenheit und dem Verbrauch von Sauerstoff ablaufende Zersetzung organischer Biomasse, die hauptsächlich durch Mikroorganismen betrieben wird.

**Pflanzengesellschaft.** Pflanzenbestände, die sich durch eine typische, immer wiederkehrende Artenkombination auszeichnen. Grund dafür sind sich entsprechende Standortbedingungen. Auf der Grundlage der Pflanzengesellschaften (oder -assoziationen) baut sich das System der Pflanzensoziologie auf.

**pH, pH-Wert.** Definition: Das pH ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration. Der pH-Wert dient zur Angabe der Wasserstoff- (H<sup>+</sup>), bzw. der Hydroxylionen- (OH<sup>-</sup>) Konzentration im Wasser. In Gewässern wird der pH-Wert hauptsächlich durch das Stoffmengenverhältnis von freier Kohlensäure zum Hydrogencarbonat bestimmt. In „weichem“, d. h. Hydrogencarbonat-armen Gewässern kann der pH-Wert beim Vorhandensein größerer Mengen gelösten CO<sub>2</sub> auf 5 absinken, unter dem Einfluß des „Sauern Regens“ sogar auf unter 4. Gut gepufferte, Hydrogencarbo-

nat-reiche Gewässer zeichnen sich allgemein durch einen über dem Neutralpunkt liegenden leicht alkalischen pH-Wert (um 8) aus.

**Phosphat, gelöstes Phosphat, Gesamtphosphat.** Phosphor, ein essentieller Pflanzennährstoff, kommt in Gewässern in gelöster, pflanzenverfügbarer Form zumeist nur in sehr geringen Konzentrationen vor. Höhere Gehalte deuten fast immer auf anthropogen verursachte Verunreinigungen hin. Der Gesamtphosphatgehalt von Gewässern gibt i. a. einen eindeutigen Hinweis auf deren Trophiezustand. Der Gesamt-P-Gehalt unbelasteter Seen beträgt während der Zirkulationsphasen zumeist weniger als 20 µg P/l.

Bei der Bestimmung des Gesamtphosphors werden sowohl das gelöste als auch das in anorganischem wie in organischem Material enthaltene Phosphat (gelöst und partikulär) erfaßt. Beim gelösten Phosphat erfaßt man, bedingt durch die Bestimmungsmethode, auch kolloidal gebundenen Phosphor. Daher ist man übereingekommen, diese Phosphatfraktion den gelösten, reaktiven Phosphor zu benennen.

**Photosynthese, Photosyntheseaktivität.** Ist der Prozeß, bei dem Strahlungsenergie auf biochemische Weise gebunden wird. Dabei wird CO<sub>2</sub> unter Verwendung von Wasser (als H-Donator) reduziert und Zucker und Stärke gebildet. Die Aktivität, mit der grüne Pflanzen (und manche Bakterien) dabei Photosynthese betreiben könne, hängt von vielen Außenfaktoren, wie Licht, Temperatur, der CO<sub>2</sub>-Versorgung, dem Alter der Pflanzen oder auch dem Ernährungszustand ab.

**Phytoplankton.** Gesamtheit der im freien Wasser passiv schwebenden, mikroskopisch kleinen Algen.

**Pionierpflanzen.** Pflanzen, die neu geschaffene Standorte zuerst besiedeln. Im Gewässerbereich sind das heute hauptsächlich Baggerseen. Hier siedeln sich als Pionierpflanzen vornehmlich Armleuchteralgen (Characeae) an.

**Plankton, planktisch.** Alle im freien Wasser lebenden, passiv treibenden Organismen. Dazu gehören Algen (=Phytoplankton), Kleinkrebse (Zooplankton) und Bakterien (Bakterioplankton).

**Postglazial.** Zeitabschnitt, der sich einer Eiszeit (Glazial) anschließt.

**produktiv.** Gewässer mit einer hohen Intensität der Primärproduktion. Siehe: Trophie

**Pufferkapazität, Puffereigenschaft.** Konstanthalten des pH-Wertes trotz Zufuhr von H<sup>+</sup>- oder OH<sup>-</sup>-Ionen. In Gewässern kommt dem Kohlensäure-Calciumhydrogencarbonat-Gemisch die wichtigste Pufferkapazität zu.

**Redoxpotential.** Abkürzung: E, wird in Millivolt angegeben. Es kennzeichnet die reduzierende Kraft eines Systems (z. B. Wassers) und ist abhängig vom Normalpotential, vom Konzentrationsverhältnis der Redox-Partner und bei Redoxsystemen mit Beteiligung von H<sup>+</sup>-Ionen auch vom pH. Je höher das Potential ist, umso stärker ist die Oxidationskraft im System, und umso stärker kann es Systeme mit niedrigem Potential oxydieren. An der Einstellung des Redox-Potentials in Gewässern sind Mikroorganismen stark beteiligt. Die Bildung von Schwefelwasserstoff findet z. B. bei sehr niedrigen Potentialen

( $< -100\text{mV}$ ) statt, unter  $+200\text{mV}$  gehen Eisen- und Phosphatverbindungen in Lösung. Das ist z. B. im sauerstofffreien Tiefenwasser von Seen der Fall.

**Sauerstoffsättigung, -übersättigung, -zehrung.** Im Wasser können sich je nach Temperatur, Luftdruck (Meereshöhe) und Wasserdruck (=hydrostatischer Druck) unterschiedliche Mengen an Sauerstoff (und anderen Gasen) lösen. Unter Normalbedingungen (20,1 % Sauerstoff der Luft, Meereshöhe) lösen sich im Wasser bei  $0^\circ\text{C}$  z. B. maximal  $14,5\text{ mg O}_2/\text{l}$ , bei  $20^\circ\text{C}$   $8,9\text{ mg } \frac{1}{\text{l}}$ . Unter diesen Bedingungen ist das Wasser zu 100 % mit Sauerstoff gesättigt. In natürlichen Gewässern weicht die Sättigung häufig von 100 % ab. Durch die Photosyntheseaktivität grüner Pflanzen kommt es nicht selten zu bedeutenden Übersättigungen, durch Atmungsprozesse zu Untersättigungen. Unterhalb der Kompensationsebene (siehe dort) wird durch Atmungsprozesse nur noch Sauerstoff gezehrt, woraus mehr oder weniger starke Untersättigungen resultieren.

**Schwefelwasserstoff.** Chemische Formel:  $\text{H}_2\text{S}$ . Übel riechendes Gas, das unter anaeroben Bedingungen bei der Zersetzung organischen Materials und der mikrobiellen Reduktion von Sulfat im Tiefenwasser von Seen oft angereichert wird. Das Monimolimnion meromiktischer Seen (siehe dort) enthält fast immer Schwefelwasserstoff.

**Seekreide.** Siehe: Gytja

**Sichttiefe.** Zur Charakterisierung der Lichtdurchlässigkeit der oberen Wasserschichten eines Sees kann die sog. Sichttiefe herangezogen werden. Man bestimmt sie mittels einer weißen Scheibe (sog. Secchi-Scheibe), wobei die Tiefe ermittelt wird, in der die Scheibe von der Oberfläche aus gerade noch zu erkennen ist.

**Sprungschicht.** Horizontal ausgebildete Schicht innerhalb eines Sees, die entgegen einer darüber und darunterliegenden Schicht einen besonders auffälligen Temperaturgradienten aufweist. Ein See weist (im Sommer) aus diesem Grund eine Stockwerkbildung unterschiedlich temperierter Wasserschichten auf. Einer homothermen Oberflächenschicht (Epilimnion) folgt die Sprungschicht (Metalimnion) der sich das homotherme Tiefenwasser (Hypolimnion) anschließt. Während der Zirkulationsphasen werden thermische (und chemische) Schichtungen in einem See abgebaut.

**Stagnation, Stagnationsphase.** Bestehen in einem See stabile Schichtungsverhältnisse, so kann der Wind keine Durchmischung des gesamten Wasserkörpers hervorrufen. Im Sommer beruht die Stagnation auf der Stabilität unterschiedlich temperierter Wasserschichten, im Winter darauf, daß eine Eisschicht den See überzieht. Siehe: Zirkulation, Temperaturschichtung, Sprungschicht.

**Standortfaktoren.** Sämtliche standortbedingten Einflüsse, die auf einen Organismus einwirken. Wichtige Standortfaktoren in Gewässern sind z. B.: Licht, Temperatur, Wasserdruck, Strömung, Gehalt des Wassers an Nähr- bzw. Schadstoffen, Sedimentzusammensetzung.

**Stickstofffixierung.** Stoffwechselleistung verschiedener Blaualgenarten (z. T. auch von Bakterien), elementaren Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) zu Ammonium zu reduzieren. Diese Leistung ist an das Vorhandensein des Enzyms Nitrogenase gebunden, das bei Blaualgen

in bestimmten Zellen, den sog. Heterozysten, lokalisiert ist. Die Stickstofffixierung ist ein streng anaerober Prozeß. Die Mengen an elementarem Stickstoff, die auf diese Weise in den biogenen Stoffkreislauf eingeschleust werden, können in Einzelfällen beträchtlich sein. Besonders hoch ist die Fixierungsrate, wenn ein Gewässer kaum Ammonium oder Nitrat, dafür aber hohe Mengen an Phosphat enthält.

**submers.** Wasserpflanzen, die vollständig unter Wasser wachsen und höchstens mit ihren Blütenständen die Wasseroberfläche erreichen oder überragen.

**Sulfatreduktion.** Siehe: Schwefelwasserstoff

**Temperaturschichtung.** Bedingt durch die Erwärmung des Oberflächenwassers eines Sees im Frühjahr bildet sich, auf Grund von Dichteunterschieden des Wassers, eine stabile Temperaturschichtung heraus, die durch Windeinwirkung nicht mehr zerstört werden kann.

**thermische Schichtung.** Siehe: Temperaturschichtung

**Toteis, Toteisseen.** Als Toteis bezeichnet man in das Geschiebe eines Gletschers eingeschlossene Eismassen. Bei deren Abschmelzen bleiben sog. Toteiskessel oder mit Wasser gefüllte Toteisseen zurück.

**Trophie, Trophiezustand.** Unter Trophie versteht man die Intensität der durch photoautotrophe Organismen (grüne Pflanzen) betriebenen Produktion (sog. Primärproduktion). Der Begriff Trophie sagt daher im Grunde nichts über den Nährstoffgehalt von Gewässern aus. Der Begriff Eutrophierung wird zumeist fälschlicherweise mit „Nährstoffbelastung“ gleichgesetzt. Eutrophierung bedeutet streng genommen einen Anstieg der Primärproduktion in einem Gewässer. Da eine Nährstoffbelastung häufig auch eine Erhöhung der Primärproduktion nach sich zieht, besteht zwischen diesen Vorgängen aber ein funktioneller Zusammenhang. Die Trophie eines Gewässers bestimmt man durch die Ermittlung der Kohlenstoff-Fixierung oder Sauerstoffproduktion von Algen bzw. Wasserpflanzen.

**trophogene Zone.** Durchlichtete Zone eines Sees, in der der Energiegewinn durch Photosyntheseprozesse die durch Atmungsprozesse auftretenden Verluste übertrifft. Es schließt sich die Kompensationsebene nach unten an (siehe dort).

**tropholytische Zone.** Zone unterhalb der Kompensationsebene (siehe dort), in der keine positive Nettophotosynthese mehr möglich ist. Hier herrschen Sauerstoffzehrungsprozesse vor.

**unterseeische Rasen.** Siehe: Chara-Rasen

**Wassererneuerungszeit, theoretische:** Ist die Zeit, die die Zuflüsse und die auf die Wasseroberfläche auftreffenden Niederschläge bräuchten, um den gesamten Inhalt eines Gewässers zu erneuern. Diese Wassererneuerungszeit schwankt von See zu See sehr stark. Beim Starnberger See beträgt sie z. B. 21 Jahre, beim Walchensee, bedingt durch den Kraftwerksbetrieb, 20 Monate anstatt von Natur aus 18,5 Jahre, beim Kochelsee 43 Tage und beim Kleinen Alpsee bei Immenstadt nur 1,3 Tage.

**Wasserhärte.** Durch den Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen wird die Wasserhärte (Gesamthärte) des Wassers bestimmt.  $1^\circ\text{dH}$  (ein Grad deutscher Härte) entspricht  $10\text{ mg CaO/l}$ .

**Wasserstoffionen.** Siehe: pH-Wert

**Wassertransparenz.** Siehe: Sichttiefe

**Zeigerpflanze.** Siehe: Bioindikator

**Zirkulation.** Durch Wind induzierte Umwälzung des gesamten Wasserkörpers eines Sees im Zustand der Homothermie. Bei Gewässern mittlerer geographischer Breite findet diese Durchmischung zweimal im Jahr (Frühjahr und Herbst) statt. Solche Seen bezeichnet man als dimiktisch.

