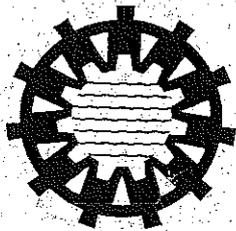


# Seen

in der Bundesrepublik Deutschland





München 1985

Herausgegeben von der Ländergemeinschaft Wasser (LAWA) unter Vorsitz  
des Bayerischen Staatsministers des Innern.

© Nachdruck oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Gestaltung: Klaus Eihöf, Düsseldorf

Produktion und Vertrieb: Woeste Druck Verlag, Lazarettstr. 34 · 4300 Essen 1 · Tel. (0201) 224641

Printed in West Germany

ISBN: 3-88754-006-9



# Geleitwort



Die Seen in der Bundesrepublik Deutschland sind wertvolle Bestandteile unserer Landschaft und hervorragende Anziehungspunkte für den Fremdenverkehr und für die Naherholung. Neben den traditionellen Nutzungen als Nahrungsquelle, Verkehrsträger oder Wasserspeicher bedeuten die heutigen vielfältigen Freizeitgestaltungen eine zusätzliche Belastung für unsere Seen.

Ein See weist andere physikalische und biologische Merkmale als ein Fließgewässer auf. Vor allem muß der verhältnismäßig austauscharme Wasserkörper mit den eingetragenen Belastungen selbst fertig werden. Mancher See ist durch den gestiegenen Nährstoffeintrag überfordert. Übermäßige menschliche Einwirkungen beschleunigen den natürlichen Alterungsprozeß erheblich.

Bereits in den 50er Jahren wurde deshalb die Reinhaltung der Seen und ihrer Zuflüsse zu einem Schwerpunkt des Gewässerschutzes. Seitdem wurden erhebliche finanzielle Mittel von Bund, Ländern und Kommunen in die Sanierung und Restaurierung der Seen investiert. Die herkömmlichen Verfahren der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung reichten allein nicht aus. Es mußten neue Techniken und Verfahren wie z. B. Phosphorelimination, Ringkanalisation, Tiefenwasserbelüftung entwickelt und eingesetzt werden.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser stellte in den Gewässergütekarten der Bundesrepublik Deutschland 1975 und 1980 auch die größten Seen nach ihren Trophiestufen dar. Der Bedeutung der Seen, dem durch viele Untersuchungen erweiterten Kenntnisstand und dem gestiegenen Umweltinteresse entsprechend war es geboten, eine umfangreiche Bestandsaufnahme der wichtigsten Seen durchzuführen. Das Ergebnis wird in dieser Schrift vorgestellt.

München, im Mai 1985

Dr. K. Hillermeier

Bayerischer Staatsminister des Innern  
Vorsitzender der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

# Inhalt

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2 Zur Limnologie von Seen</b>	<b>10</b>
2.1 Definition und Abgrenzung	10
2.2 Geographische Verbreitung und Entstehungsgeschichte	10
2.3 Beckenmorphologie und Schichtung	10
2.4 Stoffhaushalt	11
2.5 Die Schlüsselrolle des Phosphors	12
2.6 Das Trophiesystem	12
2.7 Kriterien zur Bestimmung der Trophiestufen	13
2.8 Eutrophierung	13
<b>3 Schutz – Sanierung – Restaurierung von Seen</b>	<b>15</b>
<b>4 Kriterien für die Auswahl und Beschreibung der Seen</b>	<b>16</b>
4.1 Farbtafeln	I–VIII
<b>5 Beschreibung der Seen</b>	<b>17</b>
5.1 Baden-Württemberg	18
5.2 Bayern	35
5.3 Berlin	66
5.4 Hamburg	72
5.5 Hessen	77
5.6 Niedersachsen	99
5.7 Nordrhein-Westfalen	113
5.8 Rheinland-Pfalz	129
5.9 Schleswig-Holstein	149
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>187</b>
<b>7 Erläuterung der Fachbegriffe</b>	<b>188</b>

# Seen in der Bundesrepublik Deutschland

## 1 Einleitung

Seen sind besonders stark prägende Bestandteile der Landschaft, mit der sie in enger Wechselwirkung stehen. Dies gilt vor allem für die mannigfaltigen, gewässerabhängigen Lebensräume. Größere Seen beeinflussen auch das Klima, indem sie vor allem auf den Wärme- und Wasserhaushalt der Umgebung ausgleichend wirken.

Von alters her dienen Seen vielfältigen Nutzungen und Ansprüchen wie der Gewinnung von Trink- und Brauchwasser und der Fischerei. Auch Abflußregelung und Energiegewinnung spielen an manchen Seen eine wichtige Rolle. Schließlich sind sie für die Erholung des Menschen schon lange attraktive Ziele. Wassersport, Baden und Freizeitfischerei haben in den letzten Jahrzehnten als Nutzungen der Seen und ihrer unmittelbaren Umgebung erheblich zugenommen.

Der Nährstoffeintrag in die Seen ist gestiegen. Die Intensivierung der Nutzung der Gewässer und ihrer Umländer haben zu einer negativen Beeinflussung der Wasserqualität geführt, die biologische Veränderungen und Störungen in vielen Seen mit sich gebracht hat. Diese als „Eutrophierung“ allgemein bekannt gewordenen Erscheinungen haben eine Reihe von Maßnahmen der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Länder notwendig gemacht.

Bereits 1976 wurden die größten Seen in der ersten von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herausgegebenen Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Wegen der von Fließgewässern wesentlich abweichenden Reaktionsweise können Seen nicht nach denselben Kriterien wie Fließgewässer beurteilt werden. Grundlage der Klassifikation waren nicht die Güteklassen sondern Trophiestufen, denen die Dynamik der biologischen und chemischen Prozesse und deren Folgen im See zugrunde liegen. Dabei spielten neben den Belastungen durch Nährstoffeintrag und Gewässernutzungen auch die Gestalt und die Lage des Sees eine erhebliche Rolle.

Hauptaufgabe der Gewässergütekarte ist es, Belastungen von Gewässern allgemein verständlich einer breiten Öffentlichkeit darzulegen, um zu zeigen, wo verstärkte Anstrengungen um die Reinhaltung der Gewässer nötig sind und welche Wirkungen die bisherigen Bemühungen erzielt haben. Das klassische Trophiesystem für Seen reicht aber für diese Aussage nicht aus. Dies gilt vor allem dann, wenn wie im vorliegenden Falle, Seen unterschiedlicher

Größe, Tiefe und Lage miteinander verglichen werden müssen. Es besteht daher das dringende Bedürfnis, ein für die Praxis geeignetes, allgemein anwendbares Klassifizierungssystem zu entwickeln.

Bisher waren aus drucktechnischen Gründen in der Gewässergütekarte der Bundesrepublik im Maßstab 1 : 1 000 000 nur sehr wenige, große Seen darstellbar. Unter den nicht in die Karte aufgenommenen Seen befinden sich jedoch viele von regionaler und überregionaler Bedeutung. Für eine ganze Reihe von ihnen sind in den letzten Jahren zur Abwendung nachteiliger Folgen der Eutrophierung und zur Sicherung der bestehenden Nutzungen mit erheblichem finanziellen Aufwand Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen durchgeführt worden. Es erschien daher geboten, die wichtigsten Seen der einzelnen Länder im Rahmen einer Bestandsaufnahme in einer gesonderten Schrift vorzustellen.

Dabei wird neben einer allgemeinen Charakterisierung ihr Zustand und ihre Bedeutung dargelegt. Um den Text möglichst gut lesbar zu machen, sind alle Seen nach einer allgemein vorgegebenen Gliederung beschrieben und nach Ländern geordnet.

Die dabei verwendeten Fachbegriffe sind in der „Erläuterung der Fachbegriffe“ erklärt. Eine Beschränkung auf ausgewählte natürliche Seen und Baggerseen mußte vorgenommen werden, um den Rahmen der vorliegenden Schrift nicht zu sprengen. Stauseen und Talsperren werden zu einem späteren Zeitpunkt in einer gesonderten Schrift dargestellt.

Grundlage der Beschreibungen sind die Ergebnisse der Seenüberwachung in den einzelnen Ländern.

Die Schrift wurde erarbeitet von dem LAWA ad hoc Arbeitskreis „Biologische Kartierung von Seen“.

Die Beiträge der Länder wurden erstellt von folgenden Dienststellen:  
Anstalt für Hygiene, Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg,  
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft,  
Hessische Landesanstalt für Umweltschutz,  
Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein,  
Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen,  
Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland Pfalz,  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg,  
Niedersächsisches Landesamt für Wasserwirtschaft  
Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin,  
Stadtwerke Düsseldorf (Unterbacher See).

## 2 Zur Limnologie von Seen

### 2.1 Definition und Abgrenzung<sup>1)</sup>

Als Seen bezeichnet man in der Limnologie stehende Gewässer, die so tief sind, daß regelmäßig eine stabile thermische Schichtung auftritt. Der Wasserkörper wird im Sommer geteilt in die sehr unterschiedlichen Lebensbereiche des relativ warmen, teilweise oder ganz durchlichteten Epilimnions und des darunter lagernden kalten und nur in Klarwasserseen teilweise durchlichteten Hypolimnions. Das Pflanzenwachstum ist in der Regel auf Teilbereiche des Wasserkörpers und des Seebodens beschränkt.

Neben dem tiefen See gibt es den Flachsee mit einem einheitlichen Wasserkörper. Er ist nicht oder nur ausnahmsweise oder kurzzeitig thermisch geschichtet. Der gesamte Wasserkörper des Flachsees entspricht dem Epilimnion eines tiefen Sees. Im Gegensatz dazu steht er jedoch in ständigem Kontakt mit dem Sediment.

In der vorliegenden Schrift „Seen in der Bundesrepublik Deutschland“ sind Gewässer beider Typen vertreten.

### 2.2 Geographische Verbreitung und Entstehungsgeschichte

Die Seen sind in der Bundesrepublik Deutschland sehr ungleichmäßig verteilt. Das hängt unmittelbar mit ihrer Entstehungsgeschichte zusammen.

Sehr viele natürliche Seen sind glazialen Ursprungs. Sie sind an erdgeschichtlichen Zeitmaßstäben gemessen sehr junge Erscheinungen. Ihre Entstehung durch die Einwirkungen des Eises auf die Erdoberfläche während der Eiszeiten (in vielen Fällen während der letzten) erklärt die auffällige Häufung natürlicher Seen im Bereich des nördlichen Alpenrandes und in der Moränenlandschaft Schleswig-Holsteins. Ebenfalls glazialen Ursprungs sind die großen Flachseen Niedersachsens. Seen vulkanischen Ursprungs gibt es nur in der Eifel: die auffällig kraterförmigen „Maare“.

Schließlich werden zahlreiche künstliche Gewässer beschrieben, deren Alter nur wenige Jahre oder Jahrzehnte beträgt. Dabei handelt es sich um Seen in Gebieten, in denen beim Bodenabbau das Grundwasser freigelegt wurde. Ihre geographische Verteilung ist ungleichmäßig, weil sie an bestimmte geologische Bedingungen geknüpft ist. Teilweise ausgedehnte „Seenplatten“ entstanden und entstehen bei

<sup>1)</sup> Die limnologischen Definitionen stimmen nicht unbedingt überein mit der Bedeutung umgangssprachlicher Bezeichnungen für viele Gewässer.

der Kies- und Sandgewinnung in den Flußtalern der Mittelgebirge und in den großen Flußauen, sowie in den Revieren des Braunkohletagebaus.

Die ursprüngliche Beckenform der Seen wird und wurde im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte sekundär verändert. Ursachen derartiger Überformungen sind Erosionsprozesse im Einzugsgebiet und die Ablagerung von außen zugeführter (allochthoner) und im See selbst entstandener (autochthoner) Sedimente. Künstliche Veränderungen der Beckenform ergeben sich z. B. aus der Regulierung von Wasserstand und Abfluß.

### 2.3 Beckenmorphologie und Schichtung

Schichtungs- und Durchmischungsverhalten eines Sees hängen von zahlreichen äußeren Faktoren ab. Dazu gehören morphometrische (Beckenform und Tiefe), geographische (schützende Geländeformen, wie Berge, Inseln, Lage des Beckens zur Hauptwindrichtung) und meteorologische (Windhäufigkeit und -stärke, Sonnenscheindauer) Bedingungen. Die sich aus diesen Randbedingungen ergebenden physikalischen Erscheinungen in Seen haben wesentlichen Einfluß auf deren Stoff- und Energiehaushalt. Die wichtigsten Phasen der Schichtung sollen daher zunächst am Beispiel eines tiefen Sees beschrieben werden.

Im frühen Frühjahr ist das Wasser von der Oberfläche bis zum Grund gleichmäßig temperiert. Der gesamte Wasserkörper kann durch Windeinwirkung vollständig durchmischt werden. Er ist holomiktisch. In diesem Stadium der Vollzirkulation sind die Wasserinhaltsstoffe (Sauerstoff, Nährstoffe) gleichmäßig im gesamten Seevolumen verteilt.

Während der warmen Jahreszeit wird der See von oben her erwärmt. Das oberflächennahe, wärmere Wasser ist spezifisch leichter als das kalte Tiefenwasser. Infolgedessen kann durch Wind nur noch ein Teil des gesamten Wasserkörpers umgewälzt werden. Es bilden sich drei Schichten aus; oben das gleichmäßig warme Epilimnion, unten das bei uns meist etwa 4 bis 6 °C gleichmäßig kalte Hypolimnion. Dazwischen lagert eine Schicht mit starkem vertikalen Temperaturgradienten, das Metalimnion. Die Mächtigkeit des Epilimnions hängt ab von den genannten Randbedingungen. Sie liegt zwischen etwa 2 bis 3 m in kleinen windgeschützten Gewässern und 15 bis 20 m in sehr großen Seen.

Mit fortschreitender Abkühlung im Herbst nimmt der Dichteunterschied von epilimnischem und hypolimnischem Wasser ab. Die Durchmischung der

oberen Schicht erreicht zunehmend größere Tiefen und schließlich den gesamten Wasserkörper. Dieser Zustand der Vollzirkulation wird in kleineren Gewässern im Herbst erreicht, in großen, tiefen Seen erst im Winter. Er sorgt wieder für eine gleichmäßige Verteilung der Inhaltsstoffe im gesamten Wasserkörper.

An die herbstliche Vollzirkulation kann sich im Winter eine Periode der Winterstagnation bei Eisbedeckung anschließen. Dieser Zustand der inversen Schichtung wird bei uns in kleineren, flachen Gewässern regelmäßig erreicht, in großen, tiefen Seen nur ausnahmsweise in extrem kalten Wintern.

Gewässer mit nur einer Zirkulationsphase (im Winter/Frühjahr) nennt man monomiktisch, solche mit zwei Zirkulationsperioden (Herbst und Frühjahr) dimiktisch.

Die Vollzirkulation kann aus verschiedenen Gründen gelegentlich oder immer ausfallen. Das ist z. B. der Fall, wenn Zeitspanne und Windstärke zwischen sommerlicher Schichtungsperiode und Eisbildung im Winter für eine vollständige Umwälzung nicht ausreichen.

Ein dauernder Ausfall der Vollzirkulation ist zumeist eine Folge temperaturunabhängiger Dichteunterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser. Ursache sind hohe Konzentrationsunterschiede gelöster Substanzen. Diese können autochthon bedingt (vertikaler Stofftransport; s. Abschn. 2.4) oder auf das Einschichten von salzreichem Wasser aus unterseeischen Quellen oder aus Einleitungen zurückzuführen sein.

Derartige, zu keiner Zeit des Jahres vollzirkulierende, ständig geschichtete Seen nennt man meromiktisch. Das von der Zirkulation nicht erfaßte Tiefenwasser ist das Monimolimnion. Es zeichnet sich aus durch völliges Fehlen von Sauerstoff und durch hohe Konzentrationen von Nährstoffen (Phosphor, Stickstoff) und von reduzierten Abbauprodukten (Methan, Ammonium, Schwefelwasserstoff u. a. m.).

Außerdem gibt es zahlreiche Gewässer, in denen wegen ihrer geringen Tiefe nur gelegentlich kurzfristig oder gar keine stabile Schichtung auftritt. Sie können daher häufig zirkulieren. Man spricht von polymiktischen Seen, die als Flachseen bezeichnet werden.

## 2.4 Stoffhaushalt

Für den Stoffhaushalt und damit für den Zustand und die Entwicklung stehender Gewässer von entscheidender Bedeutung ist die Vegetationsperiode. Sie fällt in tiefen Seen zeitlich etwa mit der Periode

der sommerlichen Stagnation zusammen. Vereinfachend läßt sich sagen: Im ständig voll durchmischten Epilimnion überwiegen Produktionsprozesse, im Hypolimnion laufen überwiegend oder ausschließlich Abbauprozesse ab. Produzenten sind die grünen Pflanzen. In Seen spielen freischwebende, zumeist mikroskopisch kleine Algen (Phytoplankton) die wichtigste Rolle. Sie nehmen im Wasser gelöste anorganische Kohlenstoffverbindungen ( $\text{CO}_2$  oder  $\text{HCO}_3^-$ ) und Nährstoffe auf und bauen unter Ausnutzung des Lichtes energiereiche organische Verbindungen auf (Primärproduktion). Als „Abfallprodukte“ werden dabei Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und  $\text{OH}^-$ -Ionen freigesetzt. In Abhängigkeit von der Produktionsintensität steigen daher  $\text{O}_2$ -Konzentrationen und pH-Wert mehr oder weniger stark an.

Die Abbauleistungen werden vollzogen von den Konsumenten und den Destruenten. Die Konsumenten ernähren sich überwiegend von lebendem organischen Material. Zu ihnen gehören praktisch alle tierischen Organismen im See: die im Wasser freischwebenden Tiere (Zooplankton), Fische und schließlich die Fauna des Gewässergrundes, das Zoobenthon. Die Destruenten, vor allem Gewässerbakterien, leben überwiegend von totem organischen Material. Rund 80 bis 90% des gesamten Primärproduktes werden innerhalb des Epilimnions umgesetzt und abgebaut. Die dabei wieder freigesetzten Nährstoffe stehen den Primärproduzenten erneut zur Verfügung. Man spricht vom „kurzgeschlossenen Stoffkreislauf“.

Der Rest des Primärproduktes sinkt ab in das Hypolimnion. Er wird dort unter Sauerstoffverbrauch – solange der Vorrat reicht – weiter abgebaut. Das führt während der Stagnationsphase zu abnehmenden Sauerstoffkonzentrationen in der Tiefe, in eutrophen Seen schließlich zum völligen Sauerstoffschwund im Hypolimnion.

Mit den absinkenden organischen und anorganischen Partikeln werden Nährstoffe in die Tiefe verfrachtet. Folge dieses vertikalen Stofftransportes ist eine fortschreitende Verarmung des Epilimnions an gelösten Substanzen, sofern diese nicht durch Zuflüsse von außen ergänzt werden. Dem steht eine entsprechende Stoffanreicherung im Hypolimnion gegenüber. Damit wird ein zunehmender Anteil von Nährstoffen der Verfügbarkeit für die Primärproduzenten entzogen – zumindest bis zur nächsten Phase der Vollzirkulation.

Nur ein geringer Teil des Primärproduktes – in tiefen Seen oft weniger als 1% – gelangt in das Sediment. Die Zusammensetzung der Sedimente hängt

ab von der Menge des autochthon produzierten organischen Materials, vom Stoffhaushalt des Wasserkörpers, insbesondere von Sauerstoffhaushalt und Abbaubedingungen im Hypolimnion und schließlich von Art und Menge des eingeschwemmten, allochthonen Materials. Die Sedimente sind daher ein Abbild des Zustandes eines Gewässers.

Die überwiegend aufbauenden Prozesse innerhalb des Epilimnions tiefer Seen und die überwiegend abbauenden Vorgänge im Hypolimnion verlaufen in Flachseen weitgehend nebeneinander innerhalb eines Wasserkörpers. Er steht zudem in ständigem Kontakt mit dem Sediment, das daher vor allem während der Vegetationsperiode einen viel größeren Einfluß auf den gesamten Stoffhaushalt ausübt, als auf den in geschichteten Seen. Das gilt insbesondere für extrem flache Seen, in denen die obersten Sedimentlagen häufig durch Wellen aufgearbeitet und verlagert werden. In diesen polymiktischen Gewässern bleiben die vorhandenen Nährstoffe weitgehend in der durch Produktion gekennzeichneten Wasserschicht erhalten. Sie können daher während einer Vegetationsperiode häufiger umgesetzt und damit besser ausgenutzt werden als in tiefen Seen. Flache Seen reagieren deshalb empfindlicher und stärker auf Nährstoffbelastungen als tiefe Seen.

Sehr empfindlich auf steigende Nährstoffbelastungen reagieren auch Seen, die aufgrund ihrer Beckenmorphologie und geographischen Lage nur selten oder unvollständig zirkulieren: Der beschriebene vertikale Stofftransport und die Stoffanreicherung in der Tiefe führen zur Stabilisierung der Schichtung, so daß derartige Seen meromiktisch werden können.

## 2.5 Die Schlüsselrolle des Phosphors

Die Primärproduktion ist abhängig von Lichtangebot und Nährstoffversorgung. Dabei werden die einzelnen lebensnotwendigen Stoffe in sehr unterschiedlichen Mengen benötigt. Die Konzentrationen der im Wasser gelösten Nährstoffe entsprechen jedoch in ihrer relativen Zusammensetzung nicht dem Bedarf der Primärproduzenten. Diese Diskrepanz zwischen Stoffangebot einerseits und Stoffaufnahme andererseits führt zu einer Begrenzung der Produktion durch denjenigen Stoff, der sich gemessen am Bedarf der Pflanzen im Minimum befindet.

Unter natürlichen Bedingungen sind die Phosphatkonzentrationen in Gewässern so gering, daß der Phosphor bei Binnengewässern in den weitaus meisten Fällen die Schlüsselrolle des produktions-

begrenzenden Faktors spielt: Angebot und Verfügbarkeit von Phosphat bestimmen die Produktionsintensität in den meisten Gewässern. Zeitweilig können allerdings auch andere Parameter eine steuernde Rolle übernehmen, so z. B. Licht, Stickstoffverbindungen oder Kieselsäure.

Auch der Phosphor unterliegt den im Abschnitt 2.4 beschriebenen Prinzipien des Stoffhaushaltes. In gering produktiven, tiefen Seen mit einer ganzjährig andauernden Sauerstoffversorgung bis zum Gewässergrund wird das absinkende organische Material zwar weitgehend im Wasserkörper mineralisiert, so daß nur ein geringer Anteil in das Sediment gelangt. Dieser Anteil und der darin enthaltene Phosphor ist dem Stoffhaushalt des Wasserkörpers jedoch endgültig entzogen, solange das Tiefenwasser sauerstoffhaltig bleibt. Das Gesamtsystem bleibt im Gleichgewicht, solange die Phosphatzufuhr durch eine gleichgroße Festlegung im Sediment und den Phosphataustrag über den Abfluß kompensiert wird.

Mit zunehmender Eutrophierung (vgl. Abschnitt 2.8) gelangen steigende Mengen von organischen Substanzen und von Nährstoffen in das Sediment. Dort sammelt sich ein Nährstoffvorrat an, der sich für den See nachteilig auswirken kann, wenn im Tiefenwasser der Sauerstoff vollständig aufgezehrt wird. Unter diesen anaeroben Bedingungen setzen chemische Reaktionen ein, die eine verstärkte Rückführung von Phosphat aus dem Sediment auslösen. Das führt zu einer zusätzlichen Anreicherung im Tiefenwasser und entsprechend höherem Angebot nach der nächsten Zirkulationsperiode. Damit wirkt diese „interne Düngung“ beschleunigend auf den Eutrophierungsprozeß.

## 2.6 Das Trophiesystem

Als Trophie bezeichnet man die Intensität der aufbauenden Stoffwechselleistungen der im Gewässer lebenden Organismen (Primärproduktion). Sie wird wesentlich bestimmt durch Menge und Verfügbarkeit der Pflanzennährstoffe. Damit wird dann die Ausgangsmenge für alle weiteren biogenen Stoffwechselprozesse bereitgestellt.

Je nach Intensität des Stoff- und Energieumsatzes in einem See unterscheidet man die

Trophiestufen

- oligotroph: nährstoffarm und gering produktiv,
- mesotroph: mäßig produktiv,
- eutroph: nährstoffreich und hoch produktiv
- polytroph: übermäßig nährstoffreich und sehr hoch produktiv.

Diese Trophiestufen beschreiben lediglich wertungsfrei den Zustand eines Sees. Im Gegensatz zum System der Güteklassen von Fließgewässern beinhalten sie keine Bewertung der Beschaffenheit im Sinne einer anthropogen verursachten Veränderung des natürlichen Zustandes. Damit unterscheidet sich das Trophiesystem stehender Gewässer grundsätzlich vom System der Gewässergüteklassen für Fließgewässer. Während in der Natur alle Stufen der Trophieskala vorkommen (Abschnitt 2.8), ist der natürliche Zustand der Fließgewässer – von Ausnahmen abgesehen – die Güteklasse I oder II. Die unterschiedliche Art der Klassifizierung darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß viele Seen infolge anthropogener Belastungen in einer Stufe des Trophiesystems einzuordnen sind, die nicht ihrer natürlichen Situation entspricht (vgl. Abschnitt 2.8).

Dieser prinzipielle Unterschied zwischen den Einstufungssystemen für stehende und fließende Gewässer ist der Grund dafür, daß die Darstellung der Seen in der Bundesrepublik Deutschland aus der Gewässergütekarte 1985 herausgenommen wurde und mit dieser Broschüre getrennt vorgenommen wird.

## 2.7 Kriterien zur Bestimmung der Trophiestufen

Die scheinbar einfachste Methode zur Bestimmung der Trophiestufe eines Sees ist die direkte Messung der Produktionsleistung. Die Meßverfahren erfordern jedoch einen sehr hohen apparativen, zeitlichen und damit kostenmäßigen Aufwand. Sie sind daher für die routinemäßig staatliche Gewässerüberwachung von Seen kaum geeignet.

Einfacher und billiger meßbar sind dagegen viele Parameter, die entweder die Ursachen oder die Auswirkungen bestimmter Stoffwechselintensitäten im Gewässer erfassen und damit einen Rückschluß auf die jeweilige Trophiestufe ermöglichen.

Zu den Ursachen gehört z. B. das Angebot an Pflanzennährstoffen, wobei in den meisten Fällen der Phosphor die Schlüsselrolle spielt (Abschnitt 2.5).

Relativ einfach erfaßbare Auswirkungen sind z. B. die Planktendichte und die Chlorophyllkonzentration (als Maß für Algendichte und Produktionspotential) und die Änderungen des pH-Wertes. Einfach zu messen sind ferner die Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt, den Stickstoffhaushalt, das Kalk-Kohlensäure-System u. a. m.

Wichtige Anzeiger bestimmter trophischer Situationen sind schließlich sog. Zeigerarten (Indikatorar-

ten) oder -gesellschaften. Dabei handelt es sich um solche Pflanzen oder Tiere, die hinsichtlich einzelner oder mehrerer Parameter begrenzte Ansprüche an ihren Lebensraum stellen. Ihr Vorkommen (oder Fehlen) indiziert daher bestimmte Qualitätsmerkmale, von denen auf die Trophiestufe eines Sees geschlossen werden kann.

Keine dieser Bestimmungsgrößen ist universell auf alle Typen stehender Gewässer anwendbar. Das ergibt sich bereits aus Abschnitt 2.3 und 2.4 und soll an einem Beispiel erläutert werden.

Als Maß für die Trophiestufe von Seen wird u. a. die Sauerstoffkonzentration im Hypolimnion am Ende der Stagnationsperiode verwendet. Dieses Kriterium ist geeignet für sehr viele Seen, sofern sie im Sommer stabil geschichtet sind. Es versagt vollständig bei Flachseen, in denen keine stabile Schichtung auftritt. Es führt aber auch bei geschichteten Seen gleicher Produktionsleistung (Trophie) zu unterschiedlicher Einstufung, wenn sie verschiedenen Tief sind. Die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser wird nämlich nicht allein bestimmt vom Umfang der produzierten, unter Sauerstoffverbrauch abbaubaren organischen Stoffe. Sie hängt auch ab von morphometrischen Größen und vom Schichtungsverhalten eines Sees (vgl. Abschnitt 2.3). Diese bestimmen das Volumenverhältnis von Epi- zu Hypolimnion und die absolute Größe des zur Verfügung stehenden Sauerstoffvorrates in der Tiefe.

Angesichts dieser sehr begrenzten Aussagekraft einzelner Meßgrößen wurden verschiedene mathematische Modelle entwickelt, die mehrere Parameter von Ursache und Auswirkung der Trophie miteinander verknüpfen.

Es gibt bisher kein auf alle Typen stehender Gewässer anwendbares Verfahren zur Bestimmung der Trophiestufe. Der für jeden hier beschriebenen See der vorliegenden Auflistung angegebene Zustand wurde nach unterschiedlichen, dem jeweiligen Gewässer angepaßten Kriterien bestimmt. Um die Einstufung für den Leser nachvollziehbar zu machen, werden Angaben zu weiteren, mit dem Trophiestatus in Zusammenhang stehender Eigenschaften eines Gewässers gemacht (Abschnitt 3).

## 2.8 Eutrophierung

Die natürliche Trophiestufe eines Sees wird wesentlich bestimmt von geographischen, geologischen, klimatischen und gewässermorphologischen Faktoren. Geländeform, Art und Verwitterungsgrad der Gesteine und Vegetationsbedeckung im Einzugs-

gebiet, sowie Größe des Einzugsgebietes in Relation zur Seeoberfläche, Erneuerungszeit u. a. m. bestimmen die Nährstoffversorgung. Beckenform und Schichtungsverhalten beeinflussen die internen Stoffkreisläufe (Abschnitt 2.3, 2.4). Insbesondere kleine und flache Seen mit großem Einzugsgebiet sind oft natürlicherweise eutroph.

Seen verändern sich im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte, sie altern. In Zeiträumen von Jahrtausenden wandeln sich viele Seen dabei vom oligotrophen, meist tiefen Gewässer zum flacheren, eutrophen oder polytrophen Typus, ehe sie schließlich verlanden. Dieser Prozeß der Eutrophierung ist ein natürliches Langzeitphänomen.

Anders verhalten sich allerdings Mooreseen. Ihre Entwicklung wird wesentlich beeinflusst durch den unvollständigen Abbau organischer Stoffe infolge der Nährstoffarmut und einer natürlichen Versauerung. Sie können zudem vom Ufer her durch schwimmende Pflanzendecken überwachsen werden.

Das Problem der vom Menschen verursachten Eutrophierung besteht darin, daß der natürliche Vorgang um ein Vielfaches beschleunigt wird und innerhalb von wenigen Jahren oder Jahrzehnten abläuft. Dabei werden in einzelnen Gewässern Nährstoffkonzentrationen und damit trophische Zustände erreicht, die in ihnen unter natürlichen Bedingungen nie auftreten würden.

Da in den meisten Seen natürlicherweise der Phosphor der produktionsbegrenzende Faktor ist (vgl. Abschnitt 2.5), läßt sich die vom Menschen verursachte „rasante Eutrophierung“ fast immer auf eine stark angestiegene Phosphatbelastung zurückführen. Sie kann im See zu einem so hohen Nährstoffangebot führen, daß Phosphat in seiner steuernden Schlüsselrolle zeitweilig oder dauernd durch andere Minimumfaktoren abgelöst wird.

Ursachen und Quellen dieser anthropogenen Überdüngung der Seen sind sehr vielfältig und für einzelne Gewässer von unterschiedlicher Bedeutung. Die wichtigsten punktförmigen Quellen sind im allgemeinen Einleitungen von gereinigtem Abwasser (Kläranlagenabläufe), von ungereinigtem Abwasser (z. B. Regenüberläufe bei Mischwasserkanalisationen) und von Oberflächenentwässerungen von bebauten Flächen. Von den zahlreichen diffusen Quellen sind vor allem die Auswaschung und Abschwemmung von Böden zu nennen, insbesondere von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Sie können bei manchen Seen sogar die größte Belastungsquelle sein. Eine

nicht zu unterschätzende Rolle vor allem für nährstoffarme Seen spielt schließlich der Nährstoffeintrag aus der Atmosphäre durch Staub und Niederschläge.

Folgen der Eutrophierung sind

- verstärktes Wachstum von Unterwasserpflanzen („Verkrautung“), die bei steigender Belastung verdrängt werden von Massenentwicklungen planktischer Algen („Wasserblüten“);
- verstärkte Trübung (Plankton), sowie starke und kurzfristige Änderungen der Wasserbeschaffenheit (pH-Wert, Sauerstoffkonzentration, Kalkfällung u. a.);
- erhöhte Zehrungsaktivität, die in geschichteten Seen regelmäßig zum völligen Sauerstoffschwund in der Tiefe führt, zeitweilig oder lokal aber auch zum Zusammenbruch des Sauerstoffhaushaltes im Epilimnion führen kann. Dann entstehen reduzierte, z. T. giftige Abbauprodukte (Methan, Ammonium, Schwefelwasserstoff).
- Einschränkung des Lebensraumes für Tiere (z. B. durch lokalen Sauerstoffmangel) und für Pflanzen (z. B. durch Lichtmangel infolge stärkerer Trübung);
- Veränderung der Artenzusammensetzung der im See lebenden Tier- und Pflanzengesellschaften.

In den meisten Fällen führt diese anthropogen ausgelöste Fehlentwicklung zu einer nachhaltigen Störung des natürlichen Gleichgewichtes. Sie hat damit auch Auswirkungen auf Nutzungsmöglichkeiten – zumeist in Form von Nutzungseinschränkungen. Beispiele dafür sind zunehmende Schwierigkeiten bei der Trink- und Brauchwassergewinnung, Behinderungen beim Wassersport oder das Aussterben wirtschaftlich wertvoller Fischarten. Unter dem Aspekt des Natur- und Landschaftsschutzes sind die durch die „rasante Eutrophierung“ erzwungene Veränderung der ursprünglichen Lebensgemeinschaft als schwerwiegender Eingriff in ein natürlich vorgegebenes Ökosystem anzusehen.

Mit fortschreitendem Ausbau von Ortskanalisationen sowie mit Intensivierung der Landwirtschaft und steigendem Düngemittelverbrauch hat der Prozeß der Eutrophierung in den vergangenen Jahrzehnten einen Schub von bisher unbekanntem Ausmaß erfahren. Die sich daraus für viele Gewässer ergebenden, bedenklichen Auswirkungen wurden und werden auch der breiten Öffentlichkeit zunehmend deutlich, nicht zuletzt infolge veränderter Nutzungsgewohnheiten und -ansprüche (mehr Freizeit) und eines veränderten Umweltbewußtseins. Damit wächst auch die Einsicht in die Notwendigkeit, Maßnahmen zum Schutz und zur Rettung der Seen durchzuführen.

### 3 Schutz – Sanierung – Restaurierung von Seen

Die meisten Probleme an unseren Seen lassen sich auf Nutzungen am See selbst oder im Einzugsgebiet zurückführen. Darüber hinaus können – wie neuere Untersuchungen und Erkenntnisse zeigen – auch über den Eintrag aus der Luft Schadstoffe von außerhalb des natürlichen Einzugsgebietes ein Gewässer zusätzlich nicht unerheblich belasten.

Die Seen können grundsätzlich dadurch am besten geschützt werden, daß die vom Menschen bzw. seinen Handlungen ausgehenden Belastungen soweit als möglich dem See ferngehalten werden.

Das oberste Ziel therapeutischer Eingriffe an behandlungsbedürftigen Seen muß es sein, den See durch geeignete Maßnahmen wieder in einen stabilen Zustand zurückzuführen, der aber in aller Regel wegen der zivilisationsbedingten Veränderungen unserer Umwelt nicht der ehemals „natürliche“ sein wird.

Schutz und Sanierung der Seen sind nicht mit einmaligen Aktionen zu erreichen; sie sind eine ständige Aufgabe. Die Seen bedürfen ebenso wie Fließgewässer einer angepaßten Unterhaltung, das gilt vor allem für die Ufer- und Flachwasserzonen, die nicht zu unterschätzendes Regenerierungspotential darstellen. Dabei kann es notwendig sein, bestehende Nutzungen, z. B. Schifffahrt, Freizeit, einzuschränken oder für bestimmte Uferbereiche ganz zu verbieten (Uferpläne).

Bei Eingriffen an zivilisationsgeschädigten Gewässern zur Verbesserung ihres unnatürlichen Zustandes unterscheidet man zwischen Sanierung und Restaurierung.

Als Sanierung wird die Behandlung der Ursachen einer unnatürlichen Eutrophierung bezeichnet. Sie ist die notwendige Voraussetzung für einen dauerhaften Erfolg im Bemühen um die Verbesserung eines Gewässers. Mit geeigneten Maßnahmen werden die aus dem Einzugsgebiet stammenden Belastungen beseitigt oder wenigstens minimiert. Dazu gehören z. B. die Fernhaltung von geklärtem oder ungeklärtem Abwasser durch Ringleitungen oder die weitergehende (chemische) Abwasserreinigung, mit der die Phosphatabgabe aus Kläranlagen auf weniger als ein Zehntel verringert werden kann. Gegenüber diesen technisch einfach erfaßbaren punktförmigen Belastungsquellen sind diffuse Einflüsse ungleich schwieriger und mit meist geringerem Erfolg zu behandeln.

Der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft kann dadurch verringert werden, daß zeitgerecht gedüngt und nicht mehr Dünger ausgebracht wird, als die Pflanzen benötigen. Insbesondere Wirtschaftsdünger darf nicht zu Zeiten aufgebracht werden, in denen

ein Abschwemmen in die Gewässer zu befürchten ist. Der Bodenerosion kann z. B. durch hangparallele Bewirtschaftung der Ackerlagen begegnet werden.

Eine weitere Möglichkeit, Phosphate der Umwelt fernzuhalten, besteht in ihrer Verringerung in den Wasch- und Reinigungsmitteln; dies hängt jedoch von der Entwicklung umweltfreundlicher Ersatzstoffe und einer sparsamen Verwendung dieser Mittel ab.

Selbst unter günstigsten Voraussetzungen läßt sich durch eine Sanierung die allochthone Nährstoffzufuhr kaum auf ein natürliches Maß reduzieren. Die Auswirkungen auch umfassender Sanierungsmaßnahmen werden zudem im See u. U. erst nach Jahren oder Jahrzehnten wirksam und sichtbar. Viele Gewässer haben nämlich jahrzehntelang so große Mengen von Nährstoffen im Sediment akkumuliert, daß sie sich über den Mechanismus der „internen Düngung“ (vgl. Abschnitt 2.5) aus eigenem Vorrat lange Zeit selbst auf hohem Produktionsniveau halten können.

Zusätzliche Eingriffe im See selbst sind daher oft zeitweilig oder dauernd erforderlich. Derartige Maßnahmen werden zusammengefaßt unter dem Begriff Restaurierung. Klassische Methoden der Restaurierung sind z. B. die Ableitung des Nährstoffreichen hypolimnischen Tiefenwassers während der Schichtungsperiode, die Belüftung des Hypolimnions, das Ausbaggern oder Abdecken der nährstoffreichen Sedimente.

Wo eine wirksame Sanierung eines Sees nicht durchführbar ist, beschränkt man sich in Einzelfällen auf Restaurierungsmaßnahmen, sofern Aufwand und Erfolg in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen. Derartige Maßnahmen bleiben jedoch ohne dauerhaften Erfolg. Sie müssen ständig durchgeführt oder regelmäßig wiederholt werden. Der Umkehrschluß ist zulässig: Maßnahmen, die zur Erhaltung eines gewünschten Zustandes dauernd angewendet oder regelmäßig wiederholt werden müssen, sind für eine wirkliche Sanierung eines Gewässers ungeeignet.

Sowohl für die Sanierung, als auch für die Restaurierung gibt es eine Vielzahl von mechanischen, chemischen und biologischen Verfahren. Einzelne Beispiele wurden bereits genannt, weitere finden sich in den Beschreibungen der einzelnen Seen. Keines dieser Verfahren ist universell auf jeden See anwendbar. Die Auswahl der im Einzelfall geeigneten Verfahren richtet sich nach den individuellen Eigenschaften des jeweiligen Gewässers. Voraussetzung ist daher in jedem Falle die Untersuchung der Situation, der verantwortlichen Ursachen und der natürlichen Voraussetzungen des einzelnen Sees.

## 4 Kriterien für die Auswahl und Beschreibung der Seen

In der Bundesrepublik gibt es mehrere Tausend stehende Gewässer. Aus diesen mußte eine Auswahl getroffen werden, die ein repräsentatives Zustandsbild vermitteln kann. Dabei wurden verschiedene Kriterien zugrunde gelegt.

Zunächst einmal sollten unter Berücksichtigung landschaftlicher Merkmale die verschiedenen Seentypen entsprechend ihrer Entstehung und ihrer regionalen Bedeutung dargestellt werden. So sind neben den großen voralpinen und schleswig-holsteinischen Seen, die Maare der Eifel und die großen Flachseen Niedersachsens ebenso berücksichtigt wie kleine Seen der Mittelgebirge, Baggerseen und neuentstandene Seen im rheinischen Braunkohlere Kultivierungsgebiet.

Die geologischen Bedingungen der Einzugsgebiete prägen den hydrochemischen Grundcharakter der Seen. Vorhandene Nutzungen und deren oft nachteilige Folgen für den Gewässerzustand waren ebenfalls Kriterien, einen See zur Darstellung auszuwählen, um dabei zugleich die erforderlichen und oft bereits erfolgten wasserwirtschaftlichen Maßnahmen darzustellen. Es wurden insgesamt, auch um den Umfang nicht zu groß werden zu lassen, 72 Seen ausgewählt, die im Verzeichnis (§. 17) einzeln aufgeführt sind.

Auch bei den kennzeichnenden Parametern mußte eine Auswahl getroffen werden. Zum Teil liegen sehr umfangreiche Datenmaterialien über längere Jahresreihen vor, zum Teil sind die Seen nur kurzfristig auf wesentliche Parameter untersucht worden. Um die Darstellung möglichst einheitlich und dadurch gut lesbar zu gestalten, wurde nach einem Schema verfahren, das die wichtigsten Parameter zur Gewässerkennzeichnung enthält.

Die Grundlage für die geographische Lagebestimmung bildet die topographische Karte im Maßstab 1:50000 (TK L...). Die genaue Angabe der Lage des Gewässers geschieht nach dem in dieser Karte eingezeichneten Gauss-Krüger-Raster nach Rechts- und Hochwerten mit 4 oder 6 Ziffern.

Der Seetyp steht im allgemeinen in engem Bezug zur Entstehungsgeschichte eines Sees. Gestalt und Abmessung des Seebeckens beeinflussen das Mischungsverhalten des Wasserkörpers und damit die Geschwindigkeit der Stoffkreisläufe und des Energieflusses. Die Kenntnis der Höhenlage des Gewässers gibt Hinweise auf den Wärmehaushalt, die Eisbedeckung und damit die Umsatzgeschwindigkeit biogener Prozesse.

Für die überschlägige Beurteilung und vor allem für die Modellierung von Stoffumsätzen ist die Kopplung verschiedener Größen unbedingt erforderlich. Dazu gehören vor allem die mittlere Tiefe, der Umgebungsfaktor und die Wassererneuerungszeit.

Aus den Angaben zum Einzugsgebiet, zum Ufer und zur Uferentwicklung ist die Verzahnung mit der umgebenden Landschaft ersichtlich, in die das Gewässer eingebettet ist. Es ergeben sich daraus wertvolle Rückschlüsse auf seine Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte, wie auch qualitative Hinweise auf Einflüsse aus dem Umland und anthropogene Belastungen.

Quantitative Angaben vermittelt der Abschnitt Wasserchemismus und Trophiegrad, der den Vergleich verschiedener Seen untereinander ermöglicht. Dabei fällt auf, daß die auf carbonatarmen geologischen Formationen liegenden „Weichwasserseen“ ph-Werte unter 7, Calciumkonzentrationen unter 6 mg/l und Werte der elektrischen Leitfähigkeit unter 100  $\mu\text{S}_{20}/\text{cm}$  aufweisen. Diese Seen können durch saure Niederschläge gefährdet sein. Funktionelle Abhängigkeiten bestehen ferner zwischen dem Sauerstoffhaushalt und der hydrochemischen Schichtung, wie auch der Nährstoffbelastung, dem Trophiegrad und der Beschaffenheit des Sediments. Doch unterliegen all diese Beziehungen weiteren und unterschiedlich steuernden Größen, so daß sie praktisch niemals ganz gleichsinnig verlaufen. Eine Beurteilung kann nur unter Berücksichtigung des gesamten, in sich vernetzten Systems versucht werden.

Wichtig für die Gewässerbeurteilung ist die Kenntnis der Flora und Fauna, deren qualitative und quantitative Zusammensetzung ein Indikator über die Schwankungsbreite bestimmter Umweltgrößen und den Zustand eines Sees darstellt. Je enger die Toleranzbreite einer Art, desto präziser ist ihr Zeigerwert. Je artenreicher eine Phyto- oder Zoo-Zönose ist, desto sensibler reagiert sie durch Verschiebung ihres Artenspektrums auf Änderungen ihrer Umgebungsbedingungen. Die Folgen der Eutrophierung liefern dafür zahlreiche Beispiele.

Am Schluß der Beschreibung eines jeden Sees stehen Informationen über Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen. Sie stellen die vorhandenen Nutzungen und deren Folgen dar, so daß damit Hinweise für wasserwirtschaftliche und sonstige Planungen gegeben sind. Die Bedeutung eines Gewässers liegt jedoch nicht nur in seinem wasserwirtschaftlichen Wert, sondern auch in seinem Eigenwert als Bestandteil der Landschaft oder als Naturdokument.

Schließlich wird auf Maßnahmen zur Sanierung und Restaurierung eingegangen. Die dabei an einzelnen Seen gewonnenen Erfahrungen und erzielten Erfolge können beispielhaft für andere Gewässer sein.

Auf einschlägige Literatur wird bei den Länderbeiträgen hingewiesen. Auf die Nennung der z. T. sehr zahlreichen Einzelveröffentlichungen wurde bewußt verzichtet.

# 5 Beschreibung der Seen

5.1.	<b>Baden-Württemberg</b>	18	37.	Langener See	92
	1. Bodensee-Obersee	20	38.	Walldorfer See	95
	2. Bodensee-Untersee	23	5.6	<b>Niedersachsen</b>	99
	3. Degersee	25	39.	Bederkesaer See	100
	4. Federsee	26	40.	Dümmer	102
	5. Feldsee	28	41.	Seeburger See	105
	6. Illmensee	29	42.	Steinhuder Meer	107
	7. Mindelsee	30	43.	Zwischenahner Meer	110
	8. Mummelsee	31	5.7	<b>Nordrhein-Westfalen</b>	113
	9. Ruschweiler See	32	44.	Bleibtreusee	114
	10. Schleinsee	33	45.	Heider Bergsee	117
	11. Titisee	34	46.	Lieblarer See	119
5.2	<b>Bayern</b>	35	47.	Otto-Maigler-See	121
	12. Großer Alpsee/Immenstadt	37	48.	Schwarzes Wasser	123
	13. Ammersee	39	49.	Steiner See	125
	14. Barinwaldsee	41	50.	Unterbacher See	127
	15. Chiemsee	43	5.8	<b>Rheinland-Pfalz</b>	129
	16. Kochelsee	46	51.	Gemündener Maar	131
	17. Königssee	48	52.	Holzmaar	133
	18. Schliersee	50	53.	Immerather Maar	134
	19. Simssee	53	54.	Laacher See	136
	20. Staffelsee	54	55.	Meerfelder Maar	138
	21. Starnberger See	56	56.	Pulvermaar	141
	22. Tegernsee	59	57.	Schalkenmehrener Maar	143
	23. Waginger-Tachinger See	61	58.	Ulmener Maar	145
	24. Walchensee	63	59.	Weinfeldener Maar	147
	25. Wörthsee	65	5.9	<b>Schleswig-Holstein</b>	149
5.3	<b>Berlin (West)</b>	66	60.	Dieksee	150
	26. Flughafenensee	67	61.	Döbersdorfer See	153
	27. Schlachtensee	68	62.	Garrensee	156
	28. Tegeler See	70	63.	Hemmeldorfer See	159
5.4	<b>Freie und Hansestadt Hamburg</b>	72	64.	Kellersee	162
	29. Alsterbecken	73	65.	Langsee	165
	30. Hohendeicher See	76	66.	Neversdorfer See	167
5.5	<b>Hessen</b>	77	67.	Nortorfer Seenkette	170
	31. Aueseen in Kassel	78	68.	Großer Plöner See	174
	32. Hegbachsee	80	69.	Ratzeburger See mit Domsee	177
	33. Inheidener See	84	70.	Selenter See	179
	34. Kinzigsee	87	71.	Westensee	182
	35. Lahnseen	88	72.	Wittensee	185
	36. Lamprather See	90			

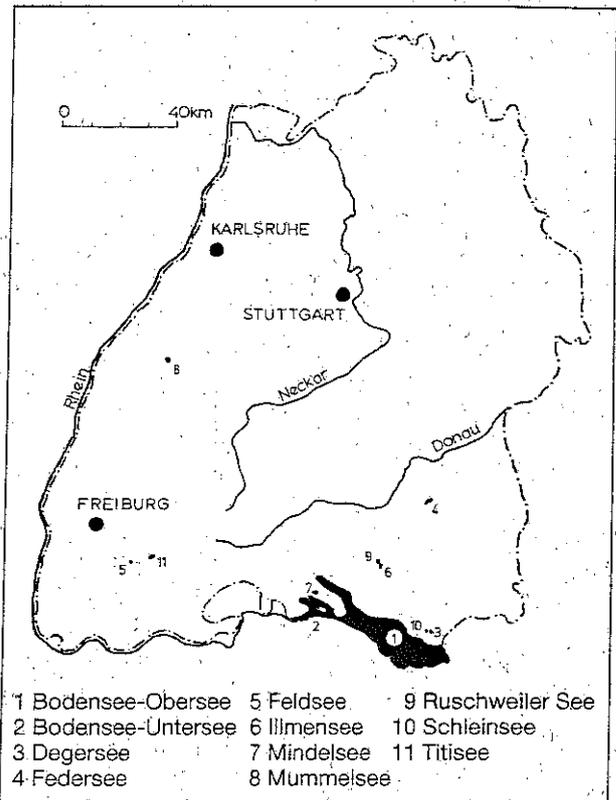
# 5.1 Baden-Württemberg

Die meisten natürlichen Seen des Landes liegen im Bereich des Alpenvorlandes, im Gebirgszug des Schwarzwaldes und in der oberschwäbischen Landschaft.

Die tektonisch vorgegebene Landschaft des Alpenvorlandes wurde während der Eiszeit von Gletschern überformt. Dort entstanden nach dem Abschmelzen des Eises Seen verschiedenster Arten: Zungenbeckenseen, Karseen und Seen in Toteislöchern. Selbst der Bodensee erhielt seine heutige Gestalt durch die Eindämmung von Moränen, wenn auch seine Entstehung vorwiegend auf Grund der tektonischen Vorgabe beruht. Sie sind überwiegend als mesotroph zu bezeichnen. Versauerungstendenzen sind nicht festzustellen, da sie stark kalkgepuffert sind.

Die Seen im Schwarzwald sind elektrolytarm, ursprünglich oligotroph und teilweise von bräunlicher Wasserfarbe. Dies ist vor allem auf die geologische Formation des Gebirges (Granit, Gneis, Buntsandstein) zurückzuführen.

Die dritte Seengruppe liegt im Moränenschotter Oberschwabens, der wesentlich ihren hohen Karbongehalt verursacht. Sie sind mesotroph und eutroph.



*Bodensee mit Alpen  
Vordergrund links: Überlinger See, rechts: Bodensee-  
Untersee, Bildmitte: Bodensee-Obersee.*

*Freigegeben durch das Luftamt Südbayern Nr. G 5/66 26*



In den nördlichen Landesteilen gibt es keine größeren natürlichen Seen. Dort wurden – wie auch im nordöstlichen Bereich – zahlreiche Flußstau überwiegend als Hochwasserrückhaltebecken gebaut. Desgleichen sind im westlichen Landesteil im Zuge des Autobahnbaus im Rheintal zwischen Basel und Mannheim etwa 100 Baggerseen entstanden.

In diesem Zusammenhang sollen Seen mit natürlicher Entstehung im Süden des Landes (Alpenvorland, Oberschwaben) und im Schwarzwald behandelt werden. Sie sind vor allem in Folge der zivilisatorischen Entwicklung nicht mehr in ihrem ursprünglichen Zustand, sondern mehr oder minder stark eutrophiert. Die Beurteilung der Seen wurde im Hinblick auf den Trophiegrad vorgenommen. Generell kann davon ausgegangen werden, daß neben der Belastung der Seen durch Nährstoffe zunehmend auch Belastungen auf Grund von Schadstoffen an Bedeutung gewinnen werden. Entsprechende Untersuchungen sind eingeleitet. Im Zusammenhang mit den Seenbeschreibungen werden auch bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen genannt.

Den Zustand der Seen messend zu verfolgen und gegebenenfalls Hinweise auf Sanierungsmöglichkeiten zu geben, ist das Anliegen der Seenüberwachung des Landes. Sie wird von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg durchgeführt.

Während die Überwachung des Bodensees – schon auf Grund der Vorgaben der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee – besonders intensiv

erfolgt, wird die Untersuchung der anderen Seen in ein- oder mehrjährigen Phasen durchgeführt. Dabei wird stets ein vollständiger Jahreszyklus bei monatlicher Probenahme erfaßt. Das Schwergewicht liegt auf Parametern, die sowohl für die trophische Situation als auch für die Belastung mit Schadstoffen kennzeichnend sind.

Die hier wiedergegebenen Informationen wurden teilweise durch zusätzliche Literaturangaben abgerundet.

#### Literatur

ELSTER, H.-J., 1955: Beiträge zur Limnochemie der Hochschwarzwaldseen. – Arch. Hydrobiol./Suppl. 22, 305–374.

FRANK, Ch., 1979: Horizontale und vertikale Verteilung der Makrofauna im Sediment des Federsees. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege, Bad.-Württ. 49/50, 441–454.

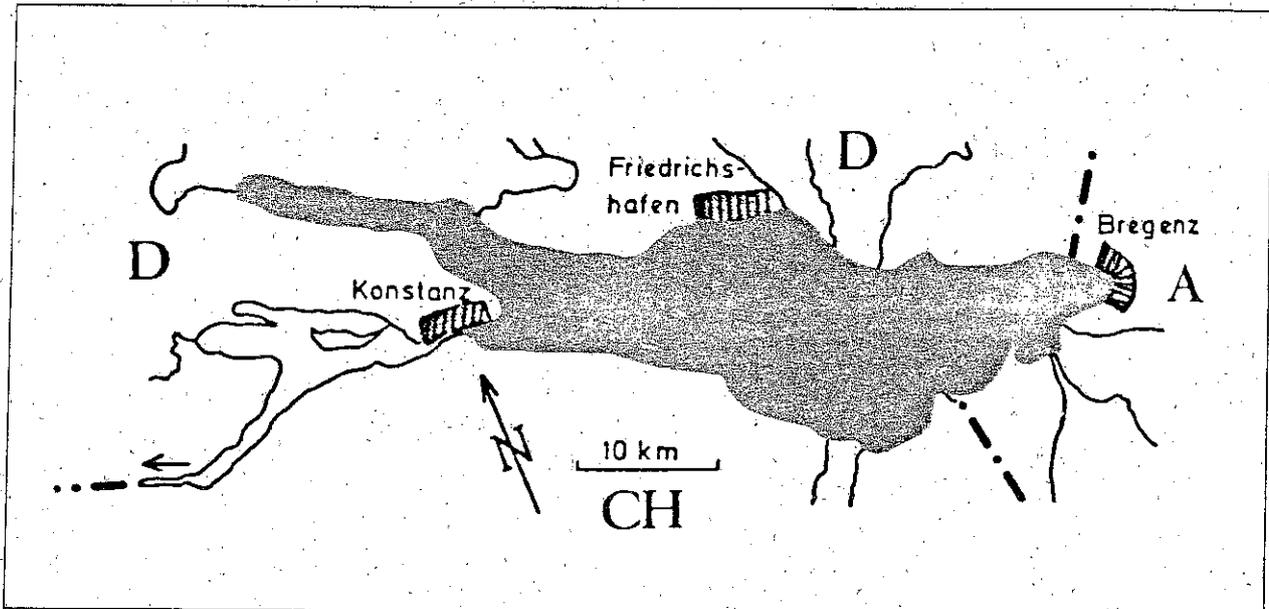
GÜNZEL, H., 1983: Das Naturschutzgebiet Federsee. – Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. 7, 1–115. – Landesanstalt für Umweltschutz B.-W. (Herausgeber) 1983: Der Mindelsee bei Radolfzell, 11, (Umfangreiche Monographie mit Literaturhinweisen).

HÜNLEIN, David, 1783: Beschreibung des Bodensees nach seinem verschiedenen Zustande in den älteren und neueren Zeiten. – Verlag Johann Wohler, – Paperback bei Antiqua Verlag Lindau, 1980.

KIEFER, F., 1972: Naturkunde des Bodensees. – Thorbecke Verlag Sigmaringen, 210 Seiten.

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee. (Herausgeber) Diverse Berichte, Bezug über die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, 7500 Karlsruhe, Postfach 21 07 52.

# Bodensee-Obersee



Lage: R 35 30 00, H 52 76 00  
 Topographische Karte: L 8322 Friedrichshafen und  
 Nachbarkarten  
 Entstehung/Seetyp: glazial überformtes  
 Zungenbecken  
 Mischungsverhältnis: mono-holomiktisch  
 Höhe: 396 m ü NN  
 Oberfläche: 476 km<sup>2</sup>,  
 Volumen: 47700 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
 Tiefe: max.: 252 m, mittl.: 100 m  
 Einzugsgebiet: 10 446 km<sup>2</sup>  
 Erneuerungszeit: 4,3 Jahre  
 Umgebungsfaktor: 21,95  
 Ufer: Länge, 173 km, Entwicklung 2,26

## Einzugsgebiet

Der See liegt in der hügeligen Moränenlandschaft des Alpenvorlandes. Das durch Verwerfungen und Brüche im späten Tertiär vorgeformte Gelände wurde durch den aus dem oberen Rheintal vorstoßenden Gletscher überformt. Moränenbänder in der Uferlandschaft des westlichen Seeteils lassen ihre schürfende Wirkung erkennen.

Etwa 71 % seines Einzugsgebietes liegen im schweizerischen und österreichischen Alpengebiet. Die Höhenlage bedingt, daß Niederschläge im Winter dort weitgehend als Schnee und Eis gebunden bleiben und erst im Frühjahr zum Abfluß in den See gelangen. Die Folgen sind Seespiegelschwankungen, die im langjährigen Mittel

1,6 m betragen, doch im Extrem erheblich darüber liegen, da der Seespiegel nicht reguliert wird: 90 % der Wassermenge fließen aus dem schweizerisch-österreichischen Teil des Einzugsgebietes dem See zu. Abgesehen vom alpinen Bereich ist dieser Einzugsgebietsteil mit Wald bestanden. Die freien Flächen werden in der Regel intensiv als Acker- und Weideland genutzt.

Der deutsche Teil des Einzugsgebietes liegt im hügeligen Jungmoränengebiet mit starker landwirtschaftlicher Nutzung.

Der wichtigste Zufluß mit einer mittleren jährlichen Wassermenge von 8 262 Mill. m<sup>3</sup> ist der Alpenrhein. Alle übrigen Zuflüsse sind hydrologisch weit weniger bedeutend. Ihre mittlere jährliche Wassermenge zusammen beträgt weniger als die Hälfte der des Alpenrheins.

Weitere Zuflüsse	Jährl. Wassermenge in Mill. m <sup>3</sup>
Bregenzerrach	1 466
Argen	550
Alter Rhein	382
Schussen	284
Dornbirnerach	230
Seefeldler Aach	90
Stockacher Aach	56
Rotach	50

Der in den östlichen Teil des Sees einmündende Rhein durchfließt das Seebecken zeitweise als weitgehend geschlossener Strom. Bei Konstanz ist der Ausfluß des Bodensee-Obersees. Nach kurzer Fließstrecke wird der (dort so genannte) Seerhein zum Hauptzufluß des Bodensee-Untersees.

### Ufer

Das Ufer des Bodensee-Obersees ist – auch als Folge des örtlichen Wechsels von Sedimentation und Erosion – durch eine Uferbank gekennzeichnet. Dies ist eine dem festen Ufer vorgelagerte Flachwasserzone, die bei winterlichem Niederwasserstand teilweise trocken fällt. Sie hat dann einen wattartigen Charakter und wird von Wintergästen aus der Vogelwelt aufgesucht. Im Vergleich zum Freiwasser zeichnet sie sich durch besondere Auf- und Abbauverhältnisse aus. Im Sommer ist sie Träger einer stellenweise üppigen submersen Vegetation, was für die Fischfauna gute Laich- und Aufwuchsmöglichkeiten bedeutet. Breite (bis zu 1 km) und Neigung (min. 2 %) der Uferbank sind örtlich sehr unterschiedlich. Im Uferbereich des Obersees liegen zwei größere Inseln (Lindau mit 41 ha, Mainau mit 44 ha), die aus Moränenmaterial bzw. einer Molassescholle bestehen.

Das Ufer ist anthropogen erheblich beeinflusst. Durch starke Eingriffe (z. B. Bau von Schiffsanlagen) wurden 30 %, durch weniger starke (z. B. Einrichtung von Bojenfeldern) weitere 30 % des Ufers und der Flachwasserzone verändert. Die übrigen Uferabschnitte können noch als weitgehend natürlich betrachtet werden. Insgesamt umfaßt die Flachwasserzone etwa 14,3 % der gesamten Seefläche.

Je nach Breite der Uferbank und deren Windexposition werden die Ufersubstrate aus Schlamm und Seekreide, Ton, Sand, Kies oder gar Fels gebildet. Die früher verbreiteten Röhrichtbestände sind heute auf wenige Stellen beschränkt, sie bestehen hauptsächlich aus dem Schilfrohr *Phragmites australis* und dem Schmalblättrigen Rohrkolben (*Typha angustifolia*).

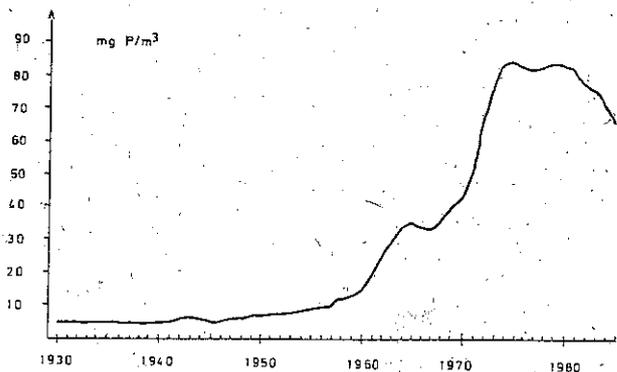
### Wasserchemismus und Trophiegrad

Während der Zirkulationsperiode im März/April beträgt die  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration etwa 2,5 mmol/l, so daß der See zu den kalkreichen Gewässern gerechnet werden kann. Wegen dieser guten Pufferung schwankt der pH-Wert im Jahresverlauf nur geringfügig. Er liegt an der Oberfläche zwischen 8 und 9. In der Tiefe können durch die Freisetzung von Kohlensäure beim organischen Abbau pH-Werte um 7,5 auftreten. Die elektrische Leitfähigkeit variiert zwischen 220 und 320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die mit Beginn der 50er Jahre stark gestiegene Zufuhr des Pflanzennährstoffes Phosphor führte zu einer raschen Eutrophierung des Sees. Später begleiteten steigende Stickstofffrachten diese Entwicklung.

Durch energische Anstrengungen der Anliegerstaaten konnte der Trend bei der Phosphorbelastung gestoppt werden, so daß die Konzentration wieder rückläufig sind. Sie liegt heute (Frühjahr 1985) bei 66  $\text{mg}/\text{m}^3$  Gesamtphosphor (Abb. 1). Die Flächenbelastung des Sees mit Gesamtphosphor betrug 1978/79 6,2  $\text{g}/\text{m}^2$ .

Die epilimnischen Chlorophyll-a-Konzentrationen betragen im Jahresmittel 4,5  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Die Sichttiefen liegen im Mittel bei 7,4 m, wobei Schwankungen zwischen 2 und 12 m auftreten. Der See hat bis zum Grund Sauer-

stoff, doch liegen die Konzentrationen mit ca. 6  $\text{mg}/\text{l}$  immer noch im kritischen Bereich.



Mittlere Phosphor-Konzentrationen (Gesamt-P) im Bodensee-Obersee während der Zirkulationsphase

### Flora und Fauna

Das Algenplankton bildet meist eine dreigipflige Biomassekurve (April/Mai, Juli, September/Oktober mit 30 bis 40  $\text{g}/\text{m}^2$ ). Das erste Maximum ist wesentlich bestimmt durch Cryptophyceen und Kieselalgen, das zweite zum überwiegenden Teil durch Kieselalgen. Grünalgen treten von Mai bis Oktober auf, Jochalgen und Blaualgen überwiegend in der zweiten Jahreshälfte. Algenblüten – sowohl von Blaualgen wie von Fadenalgen – sind seltener geworden.

Im Kleinkrebs-Plankton dominieren Formen wie *Daphnia hyalina*, *D. galeata*, *Leptodora*, *Bythotrephes*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus*. Die Bödenfauna besteht überwiegend aus Borstenwürmern (*Limnodrilus*- und *Tubifex*-Arten). Im Bereich der Uferbank kommt – stellenweise gehäuft – zusätzlich die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) seit 1968 vor.

Die Unterwasser-Vegetation setzt sich hauptsächlich aus folgenden Arten zusammen: Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*), Umwachsenes Laichkraut (*P. perfoliatus*), Glänzendes Laichkraut (*P. lucens*), Teichfaden (*Zannichellia palustris*). Die Eutrophierungsphase des Sees hat zu starken Verschiebungen des Artenspektrums geführt.

Die Fischfauna ist außerordentlich reichhaltig, wenn auch einzelne Arten (z. B. Kilch, Groppe, Elritze) durch die Eutrophierungsfolgen erloschen sind. Auffallend sind auch Verhaltensänderungen bei Barsch, Trüsche usw. Von ökonomischer Bedeutung sind Coregonenarten (Blaufelchen), Barsche und Weißfischarten.

Seit Jahren ist ein deutlicher Rückgang der limnischen Schilfbestände am Ufer zu verzeichnen, der wohl als Eutrophierungsfolge zu bezeichnen ist. Flächenhafte Erosion im Flachwasserbereich und an den Ufern unterstützen in weiten Bereichen diese Erscheinung.

### **Sediment**

Die Sedimente des tiefen Sees bestehen größtenteils aus Material, das vom Alpenrhein eingetragen und entlang seinem Verlauf abgelagert wurde. Die Korngröße nimmt von Ost nach West ab. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt zwischen 1 und 4 %.

### **Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen**

Der Bodensee-Obersee liegt in einem Feriengebiet mit überregionaler Bedeutung. Wassersport jeglicher Art steht im Vordergrund.

Berufs- und Sportfischererbrachten gemeinsam die folgenden Erträge: 1920: 403 t, 1970: 1 413 t, 1980: 976 t, 1983: 856 t.

Aus dem See werden insgesamt über 4 Millionen Einwohner auf schweizerischem und vor allem auf deutschem Gebiet mit Trinkwasser versorgt.

Der See ist ab Mitte der 50er Jahre rasch eutrophiert, was zu Veränderungen der Biozönosen geführt hat. Die Sauerstoffkonzentrationen über Grund sanken auf ein Konzentrationsniveau, das die aeroben Abbauvorgänge

auf dem Seeboden gefährdete. Vor allem durch Investition von über 4 Mrd. Schweizerfranken durch die Anliegerstaaten hinsichtlich umfangreicher Wasseransammlung und weitestgehender Abwasserreinigung konnte erreicht werden, daß diese Entwicklung gestoppt wurde. Die dazu erforderlichen Maßnahmen wurden durch die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee im Rahmen ihres Bau- und Investitionsprogrammes koordiniert.

Rund 87 % der im Einzugsgebiet anfallenden Abwässer werden 1985 in mechanisch-biologischen Abwasserreinigungsanlagen gereinigt. Aus etwa 84 % dieser Abwässer werden zusätzlich die Phosphorfrachten weitgehend eliminiert. Allerdings liegt das Produktionsniveau immer noch so hoch, daß extreme Witterungsabläufe zu nachteiligen Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt führen können. Weitere Maßnahmen zur Sanierung des Sees sind daher notwendig. Sie sind Bestandteil eines neuen Bau- und Investitionsprogramms der Gewässerschutzkommission, das ab 1986 diesbezügliche Vorhaben der Anliegerstaaten zusammenfaßt. Ein Konzept über noch weitergehende vorbeugende Reinhaltemaßnahmen wird derzeit gemeinsam erarbeitet.

# Bodensee-Untersee

Lage: R 35 00 20, H 52 82 00

Topographische Karte: L.8320 Konstanz und Narkarten

Entstehung/Seetyp: glazial überformtes, mehrgliedriges Becken

Mischungsverhalten: di-holomiktisch

Höhe: 394,7 m ü NN

Oberfläche: 63 km<sup>2</sup>,

Volumen: 830 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Tiefe max: 46 m, mittl.: 13,2 m

Einzugsgebiet: 11 454 km<sup>2</sup>

Erneuerungszeit: 0,075 Jahre

Umgebungsfaktor: 181,81

Ufer: Länge 90 km, Entwicklung 3,2

## Einzugsgebiet

Es ist weitgehend identisch mit dem des Bodensee-Obersees. Dessen Abfluß, der „Seerhein“, mündet nach einer Fließstrecke von 6 km in den Bodensee-Untersee. Einige kleinere Zuflüsse münden aus westlicher Richtung in den See. Von der gesamten zufließenden mittleren jährlichen Wassermenge beträgt ihr Anteil jedoch nur etwa 3%. Durch Versickerung von Wasser aus dem Donaeinzugsgebiet und unterirdisches Ausstreichen erreicht den See in geringem Umfang auch Wasser aus dem südlichen Schwarzwald.

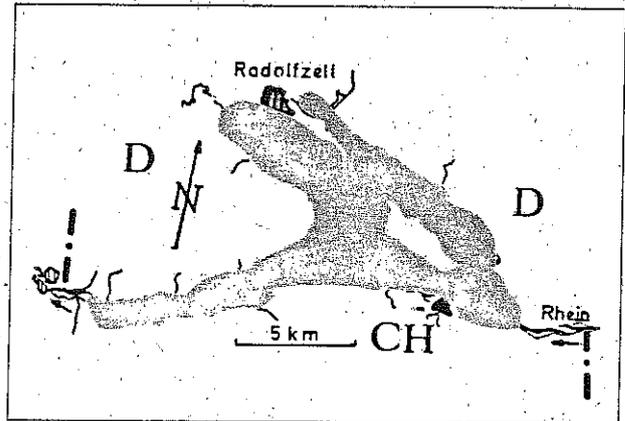
Die Uferentwicklung ist mit 3,2 sehr groß, was durch die Gliederung des Sees in drei Teilbecken (Rheinsee mit 46 m, Radolfzeller See mit 24 m und Gnadensee mit 22 m maximaler Tiefe) bedingt ist. Dabei trennt die Insel Reichenau den Gnadensee vom Rheinsee.

Die bereits bei der Beschreibung des Bodensee-Obersees in ihrer Bedeutung erläuterte Uferbank ist in noch stärkerem Maße auch für den Bodensee-Untersee charakteristisch. Wird die wasserseitige Begrenzung bei der Tiefenlinie 10 m angenommen, beträgt die Fläche der Flachwasserzone rd. 60,3% der gesamten Seefläche. Noch finden sich ausgedehnte Röhrichtbestände von *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* und *Glyceria maxima*. Etwa 7% des Ufers wurden baulich verändert.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Der Untersee gehört mit 2,5 mmol/l HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> zu den kalkreichen Seen. Seine pH-Werte liegen im Bereich von 7,1 bis 9,0 (Mittel: 8,15), die elektrische Leitfähigkeit variiert zwischen 192 und 304 (Mittel 268) µS/cm. Diese Werte entsprechen in der Größenordnung den im Bodensee-Obersee gemessenen.

Einige Unterschiede zum Bodensee-Obersee sind allerdings bei den Messungen der Konzentrationswerte der Pflanzennährstoffe festzustellen. So liegt die Konzentration des Gesamtphosphors während der Zirkulationsperiode im Gnadensee bei 82 mg/m<sup>3</sup> (Frühjahr 1985) und zeigt damit einen eutrophen Seetypus an. Der Jahresmit-



telwert für die Chlorophyll a-Konzentration liegt bei 7,5 bis 9,5 mg/m<sup>3</sup> bei einer mittleren jährlichen Flächenbelastung (1978/79) von 11,3 g/m<sup>2</sup> Gesamtphosphor.

Die Produktion organischer Substanz führt im Gnadensee und im Zellersee zum Aufzehren des Sauerstoffs im Hypolimnion – je nach Witterungsverlauf innerhalb von 6 bis 12 Wochen. Nur der vom Rheinstrom durchflossene Teil (Rheinsee) kann das relativ große Primärprodukt aerob remineralisieren, soweit es nicht ausgeschwemmt wird (rechnerische Austauschrate von 16 Tagen). Damit wird deutlich, daß der Untersee limnologisch nicht als Einheit betrachtet werden kann.

Die Sichttiefen schwanken generell zwischen 1,2 und 6,2 m bei einem Mittel von 4,4 m.

## Flora und Fauna

Das Phytoplankton bildet im Jahreszyklus eine zweiphasige Biomassenkurve, deren erstes Maximum (ca. 70 g/m<sup>3</sup>) im April zum größten Teil von Kieselalgen und Cryptophyceen gebildet wird. Das zweite, weniger deutlich ausgeprägte Maximum (ca. 35 g/m<sup>3</sup>) fällt in den Juli und wird durch Kieselalgen und Cyanophyceen hervorgerufen.

In den 70er Jahren traten herbstliche Massenerntungen von Blaualgen auf, die bis in das folgende Frühjahr hineinreichen. Auch Fadenalgen (*Spirogyra* im Frühjahr, *Cladophora* im Sommer) entwickelten sich auf der Uferbank in beträchtlicher Menge. Beide Formengruppen waren in den letzten Jahren nur noch relativ bescheiden vorhanden. Seit 1983 wird *Enteromorpha spec.* im Untersee beobachtet.

Die dominierenden Formen des Zooplanktons sind: *Daphnia galeata*, *D. hyalina*, *Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*. Seit 1958 fehlt *Diaphanosoma brachyurum*, seit 1963 *Heterocope borealis*.

Die Bodentiere bestehen hauptsächlich aus Borstenwürmern (Tubificiden), der Teichmuschel (*Anodonta*) und seit 1968 auch der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*).

1978 waren – entsprechend den damaligen Kartierungen – Leitarten der Unterwasser-Vegetation Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und der Teichfaden (*Zanichellia palustris*). Breitblättrige Laichkräuter und Nixenkraut (*Najas marina intermedia*) sind in den 60er Jahren und Anfang der 70er Jahre fast völlig verschwunden, Armleuchteralgen (mehrere *Chara* Arten) gänzlich erloschen. Seit 1982 ist die Regeneration der breitblättrigen Laichkrautbestände und eine Rückkehr der Characeen (vor allem *Chara contraria*) beobachtet worden. Die Wasserpest (*Elodea nuttallii*) ist neu aufgetreten. Auch bei den Characeen wurden Erstfunde neuer Arten gemeldet.

Die Fischfauna besteht aus Coregonen (sogenannten „Silberfelchen“), Barsch, Hecht, Zander, Schleie, Karpfen, Aal und Weißfischen. Gelegentlich wird auch ein Wels gefangen. Die „Silberfelchen“ sind aus einer Kreuzung mit dem „Gangfisch“ hervorgegangen, die durch die künstliche Erbrütung erfolgte.

#### Sedimente

Die Sedimente sind größtenteils schlammig und enthalten je nach Seeteil zwischen 2,4 und 4,7% organischen Kohlenstoff. Seehalde und Uferbank tragen Feinsedimente mit hohen Anteilen aus „Seekreide“, die bei der biogenen Entkalkung durch die submerse Vegetation entsteht. Im Uferbereich bestehen deutliche Sedimentationsunterschiede infolge unterschiedlicher Windexposition.

Durch die hohe Produktivität des Sees entstanden in strömungsschwachen Uferabschnitten erhebliche Faulschlammbanken, die für das Absterben der Schilfbestände verantwortlich gemacht werden.

#### Nützung; Bedeutung und Maßnahmen

Der See liegt in einem bedeutenden Freizeit- und Erholungsgebiet mit allen Möglichkeiten zum Wassersport.

Die Freizeit- und Berufsfischerei erzielte die folgenden Fangerträge: 1920: 83 t, 1970: 407 t, 1980: 389 t, 1983: 218 t.

Obgleich der See bereits von Natur aus eutrophen Charakter hat, führte seit 1950 die zivilisationsbedingte Eutrophierungsphase zu einigen negativen Erscheinungen ( $H_2S$ -haltiges Hypolimnion in zwei der drei Seeteilen; starke Blau- und Fadenalgenentwicklungen; Rückgang der breitblättrigen – für die Fischerei wichtigen – Laichkräuter und des Schilfgürtels). Durch Abwasserreinigungsmaßnahmen in gleicher Weise wie beim Bodensee-Obersee und durch die dortigen Sanierungserfolge wurde die weitere Eutrophierung gestoppt. Eine biozönotische Stabilisierung zeichnet sich ab. Eine Oligotrophierung ist zu erwarten. Allerdings ist im nördlichen und westlichen Seebecken die interne Nährstoffbelastung durch anoxische Hypolimnien so stark, daß dort die erwartete Entwicklung nicht so rasch vonstatten gehen wird.

# Degersee

Lage: R 35 49 00, H 52 75 00  
Topographische Karte: L 8322 Friedrichshafen  
Entstehung/Seetyp: Drumlinsee  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 478 m ü NN  
Oberfläche: 0,320 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 1,92 · 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 17 m, mittl.: 6 m  
Ufer: Länge 2,70 km, Entwicklung 1,35

## Einzugsgebiet

Es liegt in der hügeligen Moränenlandschaft des Bodenseegebietes und wird in den nicht von Mischwald bestanden Teilen landwirtschaftlich genutzt. Es ist durch wenige Einzelgehöfte besiedelt. Der See wird vorwiegend durch unterseeische Quellaustritte gespeist.

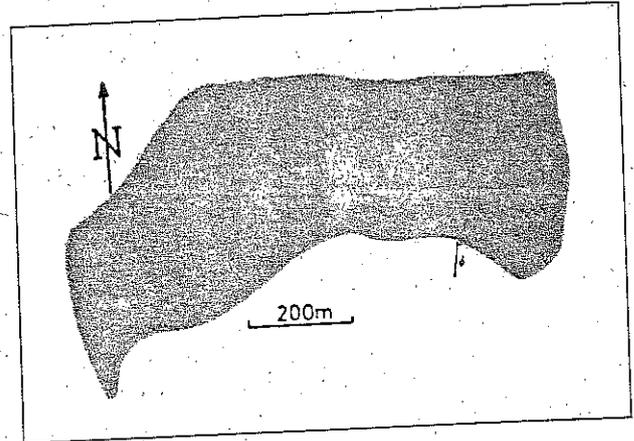
## Ufer

Es ist zu 40% von Schilfröhricht bewachsen und zur Hälfte von Grünland gesäumt. Der Rest besteht aus Laubwald. Die Ufersubstrate sind sandig bis schlammig.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Bei der mittleren HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration von 2,72 (0,7–4,3) mmol/l ist der See als kalkreich anzusehen. Der mittlere pH-Wert liegt bei 7,84 und variiert zwischen 6,8 und 8,7. Die mittlere elektrische Leitfähigkeit beträgt 262 (203–368) µS/cm. Der Sauerstoff ist am Seeboden von Juni bis Oktober völlig aufgezehrt.

Die Konzentration an Gesamtphosphor liegt während der Zirkulationszeit bei 44 mg/m<sup>3</sup>, die des Chlorophyll a im Jahresmittel (1979) bei 11,1 (0,87–27,5) mg/m<sup>3</sup> und die Sichttiefen bei 3,14 (0,8–5,8) m. Der See ist als eutroph zu betrachten.



## Flora und Fauna

Das Algenplankton ist dicht, obgleich es keine aufräumenden Algenmassen bildet. Die Unterwasser-Vegetation besteht aus Hornblatt (*Ceratophyllum spec.*), Umwachsenem Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) und der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*).

Die Hauptarten der Fischfauna sind Brachsen, Rotauge und Rotfeder. Weniger häufig sind Hecht, Barsch, Aal, Schleie und Wels. Selten ist der Zander.

## Sedimente

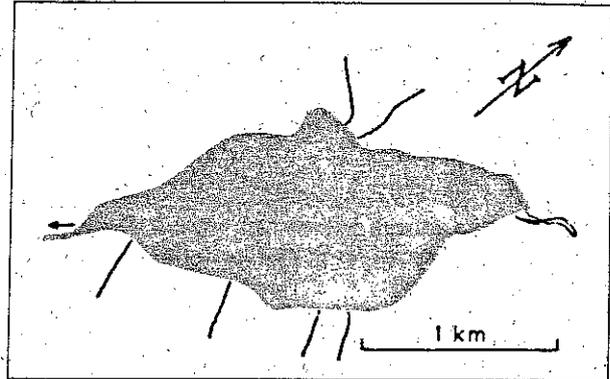
Sie bestehen aus Sanden und Feinmaterial mit einem Anteil an organischem Kohlenstoff von 4,6%.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Ein Angelsportverein nutzt den See in fischereilicher Hinsicht. Der dabei erzielte Ertrag beträgt 30 kg/ha. Als im Landschaftsschutzgebiet gelegenes Gewässer ist der See weitgehend naturbelassen.

# Federsee

Lage: R 35 47 00, H 53 27 40  
Topographische Karte: L 7922 Saulgau  
Entstehung/Seetyp: flacher Moorsee  
Mischungsverhalten: poly-holomiktisch  
Höhe: 578 m ü NN  
Oberfläche: 1,360 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 1,10 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 2,4 m, mittl.: 0,8 m  
Einzugsgebiet: 35,4 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 0,16 Jahre  
Umgebungsfaktor: 26,03  
Ufer: Länge 6,85 km, Entwicklung 1,66



Federsee Freigegeben durch d. Reg. v. Obb. Nr. G/7 88093



**Einzugsgebiet**

Es besteht aus einer ausgedehnten Riedfläche mit Schwingrasen, umgeben von hügeliger Moränenlandschaft. Das Land wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. Aus den umliegenden Gemeinden wurde bis 1981 Abwasser über radial angeordnete Gräben in den See geleitet. Seitdem wird es zunehmend (derzeit rd. 75 %) einer Ringleitung zugeführt.

**Ufer**

Das Ufer ist mit einem breiten Schilfgürtel (*Phragmites australis*) umgeben und noch in naturnahem Zustand. Der See ist nur über einige Gräben und einen Steg vom Land her erreichbar.

**Wasserchemismus und Trophiegrad**

Der See ist mit durchschnittlich (1,3–5,0) mmol/l  $\text{HCO}_3^-$  kalkreich. Wegen seiner geringen-mittleren Tiefe und seiner hohen Produktivität erzeugen wechselnde Einstrahlungs- und Niederschlagsbedingungen rasche Änderungen in der Ionenkonzentration und beim pH-Wert. Bei hoher Produktionsrate kann der pH-Wert trotz der Carbonatpufferung den Extremwert von knapp 11 erreichen, oder auch auf 7,3 absinken. Im Mittel liegt er bei 8,81. Die Calciumkonzentrationen bewegen sich zwischen 34,1 und 92,2 mg/l bei einem Jahresmittel von 67 mg/l.

Die Sauerstoffverhältnisse sind wegen der starken Zehrung des Seebodens und der häufigen Durchmischung ebenfalls sehr wechselhaft. Übersättigung an der Wasseroberfläche von 250 % sind nicht selten.

Einen ausgeprägten Jahresgang zeigen auch die meisten Pflanzennährstoffe im Freiwasser. In den vergangenen Jahren lagen die Konzentrationen beim Gesamtphosphor zwischen 0,1 und 1,5 mg/l, beim Nitratstickstoff zwischen 0,1 und 2,3 mg/l und beim Silikat zwischen 0,01 und 10 mg/l.

Die Konzentrationen von Chlorophyll a betragen im Mittel 200 mg/m<sup>3</sup> und können Werte bis zu 600 mg/m<sup>3</sup> erreichen. – Die Sichttiefen variieren zwischen 0,10 und 0,70 m. Im Vergleich zu geschichteten Seen ist der Federsee als eutroph bis polytroph einzustufen. Eine entsprechende Skalierung für polymiktische Seen, die richtigerweise anzuwenden wäre, besteht nicht.

**Flora und Fauna**

Das Algenplankton besteht hauptsächlich aus Blaualgen der Gattung *Microcystis* und *Coelosphaerium*, sowie

*Oscillatoria redeki*. Sie bilden regelmäßige Algenblüten. Unterwasserpflanzen fehlen seit 1964. Ein lückenhafter Gürtel aus der weißen Seerose (*Nymphaea alba*) ist vorhanden. Das Kleinkrebsplankton wird aus folgenden Arten gebildet: *Bosmina longirostris*, *Daphnia cuculata*, *Chydorus sphaericus*, *Scapholeberis mucronata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Leptodora kindtii*, sowie dem Rädertier *Asplanchna girodi*. In der artenarmen doch individuenreichen Bodentiergesellschaft dominieren Zuckmückenlarven (*Chironomus plumosus*) und Borstenwürmer (*Limnodrilus hoffmeisteri*).

Die Fischfauna setzt sich vorwiegend aus Brachsen und Uikelei zusammen. Seltener sind Hecht, Schmerle, Schleie, Barsch, Aal und Wels.

**Das Sediment**

Das Sediment besteht aus einer 0,8 m mächtigen Schicht mit einem recht hohen Gehalt an organischem Kohlenstoff von 14,5 %.

**Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen**

Der Federsee ist eines der bedeutendsten Naturschutzgebiete in Baden-Württemberg. Er war früher ein Moorsee mit bräunlicher Färbung. Seine Bedeutung würde allerdings durch die starke Belastung mit häuslichen Abwässern eingeschränkt. Durch Absenkung des Seespiegels und starken Frost im Winter 1962/63 froh der See zudem für einige Monate zu, so daß ca. 6,5 t Welse und Karpfen verendeten. Der einst „üppige Rasen von Unterwasservegetation“ verschwand völlig. Die gesamte Biozönose – vor allem an Mollusken- und Insektenarten – verarmte. Von den einst 587 Algenarten sind nur noch 33 zu finden. Bis Anfang der 80er Jahre setzte sich diese Eutrophierungsphase fort. Dann wurden erhebliche Anstrengungen zur Sanierung eingeleitet. Ein wesentlicher Anteil des Abwassers wird seit 1981 über eine Ringleitung gesammelt und in einer Abwasserreinigungsanlage unterhalb des Seeauslaufs behandelt. Somit bleibt jetzt der See weitgehend von Abwässereinleitungen frei. Erstmals im Sommer konnte ein gewisser Rückgang der Phosphorkonzentration beobachtet werden. Wegen noch fehlender Abwasseranschlüsse, Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und einem hohen Nährstoffreservoir im schlammigen Sediment am Seeboden ist ein kurzfristiger Sanierungserfolg nicht zu erwarten. Auf längere Sicht ist mit einer Entlastung durch die Ringleitung zu rechnen, die bis Ende 1985 etwa 90 % des anfallenden Abwassers aufnehmen soll.

# Feldsee

Lage: R 34 27 60, H 53 04 10  
Topographische Karte: L 8114 Titisee-Neustadt  
Entstehung/Seetyp: Karssee (am Feldberg)  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 1 109 m ü NN  
Oberfläche: 0,0915 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 1,40 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 32 m, mittl.: 15,7 m  
Einzugsgebiet: 1,25 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 0,53 Jahre  
Umgebungsfaktor: 13,66  
Ufer: Länge 1 150 km, Entwicklung 1,07

## Einzugsgebiet

Es liegt am steilen Nordhang des Feldberg-Seebucks (1 448 m ü NN) im südlichen Schwarzwald, dessen geologische Formation durch Granit und Gneis bestimmt wird. Das Einzugsgebiet liegt in einem Naturschutzgebiet und ist von Nadelwald und Magerwiesen bedeckt. Das Gebiet ist unbewohnt. Der Zufluß zum See besteht aus einem abwasserunbelasteten Gebirgsbach und einigen submersen Quellen.

## Ufer

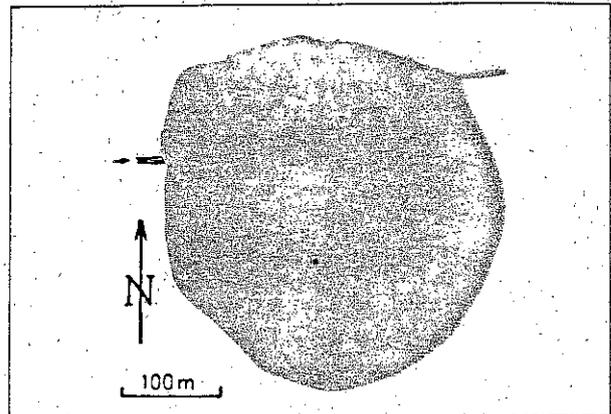
Es wird durch die Abschlußmoräne, Seitenschotter und das Delta des Zuflusses gebildet. Die Ränder sind von Wald gesäumt, die Auflandungen sind mit Wiese bestanden.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration liegt im Jahresmittel bei 0,14 (0,11–0,21) mmol/l, die elektrische Leitfähigkeit bei 22 (15–28) µS/cm und die Calciumkonzentration bei 2,61 (1,60–3,61) mg/l. Der See ist demnach elektrolytarm. Sein pH-Wert beträgt im Jahresmittel 6,5 (6,0–8,6).

Die Nährstoffbelastung war 1974/75 mit 160 mg/m<sup>2</sup> Gesamtphosphor gemessen worden, was eine Zirkulationskonzentration von 3,5 mg/m<sup>3</sup> ergab.

Die Chlorophyll a-Konzentration beträgt im Jahresmittel 3,4 (0,06–4,05) mg/m<sup>3</sup> und die Sichttiefe 5,20 (2,0–9,0) m. Der See kann als oligotroph eingestuft werden. Der dystrophe Einschlag ist gering.



## Flora und Fauna

Die Unterwasser-Vegetation bestand 1972 aus Schwimmendem Laichkraut (*Potamogeton natans*), Brachsenkraut (*Isoetes echinospora* und *I. lacustris*), Tausendblatt (*Myriophyllum alterniflorum*), Igelkolben (*Sparganium angustifolium*) und Armleuchteralgen (*Nitella* cf. *flexilis*). Der südliche Teil des Mündungsdeltas war mit einem 150 m breiten Seggenröhricht (*Caricetum rostratae*) bestanden.

Die Fischfauna ist durch Bach- und Regeribogenforellen, Seesaibling und Elritze gekennzeichnet.

## Sediment

Im Uferbereich sind die Sedimente kiesig bis sandig. Im Tiefenbereich bestehen sie aus Feinmaterial mit einem hohen Anteil von 18,9% an organischem Kohlenstoff.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Die Bedeutung des Sees liegt in seinem fast natürlichen Charakter, der ihn als „Zeiger“-See für Umwelteinflüsse über Niederschläge geeignet erscheinen läßt. Der See erhält etwa 20% des Phosphors und etwa 25% des Stickstoffs über den Niederschlag. Seit den 50er Jahren sind geringe Eutrophierungserscheinungen erkennbar.

# Illmensee

Lage: R 35 28 45, H 53 01 70  
Topographische Karte: L 8122 Weingarten  
Entstehung/Seetyp: glazial überformtes Becken  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 693 m ü NN  
Oberfläche: 0,702 km<sup>2</sup>  
Volumen: 5,90 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 16 m, mittl.: 8,4 m  
Einzugsgebiet: 7,09 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 2,36 Jahre  
Umgebungsfaktor: 10,1  
Ufer: 4,4 km, Entwicklung 1,77

## Einzugsgebiet

Es liegt in hügeliger Jungmoränenlandschaft. Auf den nicht mit Laubwald bestanden Flächen wird intensive Landwirtschaft betrieben. Die Besiedlung ist durch Weiler und Einzelgehöfte gekennzeichnet.

## Ufer

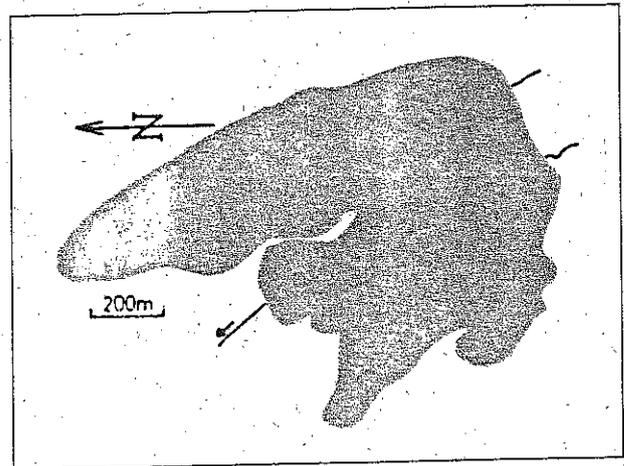
Sie befinden sich in naturnahem Zustand und sind von Schilfröhricht (10%), Laubwald und Wiesengelände gesäumt.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Der See ist mit 3,03 (1,8–4,5 mmol/l HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) kalkreich. Der pH-Wert liegt im Mittel bei 8,0 (7,0–8,7), die Calciumkonzentration bei 65,5 (34,1–74,1) mg/l, die elektrische Leitfähigkeit bei 340 (229–372) µS/cm. Der Seeboden ist in der Regel von Juli bis November sauerstofffrei. Die Flächenbelastung mit Gesamtphosphor beträgt 600 mg/m<sup>2</sup> (1976). Der See ist als eutroph zu bezeichnen. Trotz der relativ hohen Flächenbelastung wird eine Vollzirkulationskonzentration des Gesamtphosphors von nur 16 mg/m<sup>3</sup> erreicht. Der Grund hierfür liegt möglicherweise in dem hohen Eisengehalt der Zuflüsse von 1 300 mg/m<sup>3</sup>, wodurch Phosphor gebunden und ausgefällt wird. Die Konzentrationen an Chlorophyll a lagen in den Jahren 1972–1974 zwischen 6,2 und 8,8 mg/m<sup>3</sup>, die Schwankungsbreite reicht von 0,5 bis 19,0 mg/m<sup>3</sup>. Entsprechend variierten die Sichttiefen zwischen 1,1 und 5,5 m bei einem Mittel von 2,4 m.

## Flora und Fauna

Die dominierenden Arten des Algenplanktons sind: *Aphanizomenon flos aquae*, *Merismopedia glauca*,



*Dinobryon divergens*, *D. sociale*, *Chromulina crassa*, *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus hantschii*, *Cyclotella kützingiana*, *Oocystis lacustris*, *Rhodomonas minuta*, *Chryptomonas ovata*, *C. erosa*, *C. marsonii*, *Ankistrodesmus aciculare*. Die Blaualgen bilden regelmäßig Wasserblüten.

Die Unterwasser-Vegetation besteht hauptsächlich aus umwachsenem Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*), Tausendblatt (*Myriophyllum spec.*), Hornblatt (*Ceratophyllum spec.*), Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*), Wasserpest (*Elodea sp.*), Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) und Fadenaigenarten (*Cladophora*).

Die Fischfauna besteht aus Barsch, Rotfeder und Rotauge, weniger häufig sind Schleie und Aal. Selten sind Ukelei und Schmerle.

## Sediment

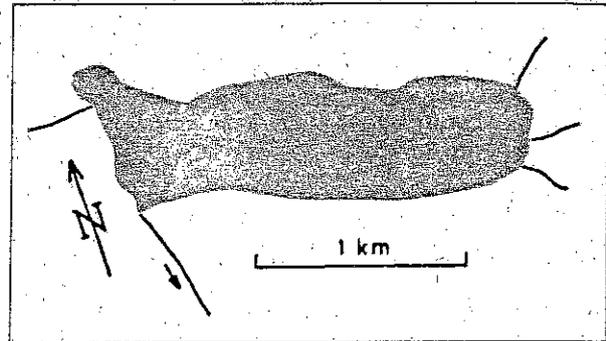
Sie bestehen aus feinem Material mit einem Anteil organischen Kohlenstoffs von 6,1 %.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der See ist beliebtes Freizeitrevier für Wassersport, Segeln und Angeln. Motorbetrieb ist nicht erlaubt. Der See liegt im Landschaftsschutzgebiet. Um die Nährstofffracht zu vermindern, sind weitere Sanierungsmaßnahmen in einer ländlichen Gemeinde des Einzugsgebietes vorgesehen.

# Mindelsee

Lage: R 35 01 70, H 52 90 50  
Topographische Karte: L 8320 Konstanz  
Entstehung/Seetyp: glazial überformtes Becken,  
Drumlinsee  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 405 m ü NN  
Oberfläche: 1,023 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 8,74 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 13,5 m, mittl.: 8,5 m  
Einzugsgebiet: 25,43 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 1,3 Jahre  
Umgebungsfaktor: 24,86  
Ufer: Länge 5,2 km, Entwicklung 1,45



## Einzugsgebiet

Es liegt auf einem Molasserücken mit einer Decke aus Gletscherschottern, die zu Drumlins geformt sind. Das Gebiet ist mit Laub- und Nadelwald bestanden und wird in den freibleibenden Bereichen landwirtschaftlich genutzt. Drei Ortschaften mit insgesamt 2 000 Einwohnern, deren Abwässer seit 1977 nicht mehr dem See zufließen, liegen im Einzugsgebiet. Der größte Teil der zufließenden Wassermenge kommt über einige Bäche in den See. Zum geringeren Teil fließt Wasser über submerse Quellaustritte zu. Der Seewasserspiegel wird auf Grund einer Wehranlage weitgehend konstant gehalten.

## Ufer

Sie sind in natürlichem Zustand und teilweise von dichtem Röhrichtgürtel (70%), teils von überwiegend Laubwald bestanden. Der See ist nur an wenigen Stellen zugänglich.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Entsprechend den geologischen Gegebenheiten ist der See mit 4,1 (3,1–5,5) mmol/l HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> kalkreich. Der mittlere pH-Wert liegt bei 8,07 (7,2–8,6), die Calciumkonzentration bei 70,9 (56,1–80,2) mg/l und die elektrische Leitfähigkeit bei 449 (374–551) µS/cm. Die Flächenbelastung mit Gesamtposphor betrug 1981 67 mg/m<sup>2</sup>, sie war jedoch in den Jahren vor Ableitung der Gemeindeabwässer erheblich höher. Durch die Sanierungsmaßnahme trat eine Oligotrophierung ein. Die Sichttiefen vergrößerten sich von 2,1 auf 2,7 m im Jahresmittel. Die Chlorophyll-a-Konzentration liegt heute bei 6 mg/m<sup>3</sup>. Anaerobie tritt für einige Wochen im Spätsommer in den größten Seetiefen ein.

## Flora und Fauna

Im Phytoplankton dominieren im Frühjahr Kieselalgen (*Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Diatoma* und *Fragillaria*) und im Sommer Grünalgen (*Gloeoecystis*, *Oocystis*) und Conjugaten (*Closterium*). Blaualgen sind relativ selten. Die submerse Vegetation besteht vorwiegend aus den folgenden Arten: *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*, *Ceratophyllum demersum*, *Sarganium minimum*, *Potamogeton pectinatus* und *Chara aculeolata*. Das Zooplankton setzt sich aus den folgenden Hauptarten zusammen: *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops strenuus*, *C. bohater*, *C. vicinus*, *Eudiaptomus gracilis*, *Bosmina spec.*, *Daphnia longispina*, *D. galeata*, *Ceriodaphnia* und *Diaphanosoma*. Das Zoobenthon birgt eine sehr artenreiche Chironomiden- und Molluskenfauna, sowie die vor einigen Jahren eingeschleppte Wandermuschel *Dreissena polymorpha*.

Die Fischfauna gleicht jener des Bodensee-Unterseees mit den dort heimischen Silberfelchen, Barsch, Hecht, Schleie, Aal und Weißfischen. Früher wurden auch Welse gefangen. Der Ertrag beläuft sich auf etwa 30 kg/ha.

## Sedimente

Sie bestehen aus feinstem Material mit einem Anteil an organischem Kohlenstoff von 5,4%. Die sauerstofffreie Phase des Hypolimnions hat sich im Zuge der Sanierungsmaßnahmen stetig verkürzt, so daß der größte Teil der Sedimente in der Oberflächenschicht oxidiert ist.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Mindelsee liegt in einem Naturschutzgebiet. Wassersport jeder Art ist nicht erlaubt. Die fischereiliche Bewirtschaftung nimmt ein Berufsfischer wahr.

# Mummelsee

Lage: R 34 41 15, H 53 84 70  
Topographische Karte: L 7514 Oberkirch  
Entstehung/Seetyp: Karsee an der Hornisgrinde,  
Nordschwarzwald  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 1029 m ü NN  
Oberfläche: 0,037 km<sup>2</sup>  
Volumen: 0,273 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 17 m, mittl.: 7,2 m  
Einzugsgebiet: 0,29 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 0,49 Jahre  
Umgebungsfaktor: 7,84  
Ufer: Länge 0,800 km, Entwicklung 1,17

## Einzugsgebiet

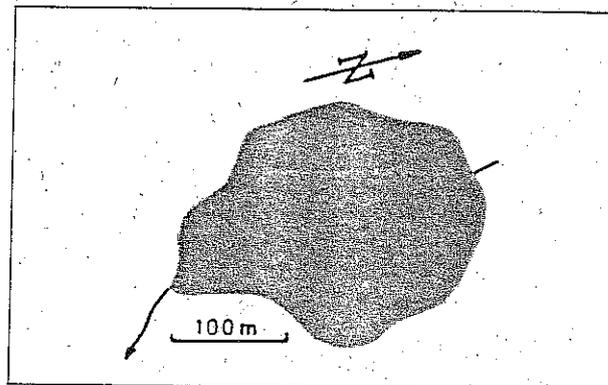
Es liegt am Südhang der Hornisgrinde (1164 m ü NN), deren geologischer Aufbau vom mittleren Buntsandstein bestimmt ist. Die Vegetation setzt sich aus Mischwald und Grünland zusammen. Das Gebiet ist unbewohnt.

## Ufer

Es besteht aus teils schroffen Felshängen und talseitig aus der Abschießmoräne. Dementsprechend ist am Ufer mehr oder minder grobes Geröll anzutreffen. Eine Röhrichtzone fehlt.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Während der Vollzirkulation beträgt die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration etwa 0,07 (0,04–0,14) mmol/l und die des Calciums 3,41 (2,00–6,81) mg/l. Die elektrische Leitfähigkeit liegt bei 38 (29–50) µS/cm und der mittlere pH-Wert beträgt 6,63 (4,9–9,2). Danach ist der Mummelsee als elektrolytarm anzusehen. Die Vollzirkulationskonzentration des Gesamtphosphors betrug 1972/73 13 mg/m<sup>3</sup>, die des Chlorophyll a 8,8 (2,4–13,8) mg/m<sup>3</sup>. Die Sichttiefe



liegt im Mittel bei 2,57 (1,2–3,7) m. Der See ist als mesotroph einzustufen. Die Armut an natürlichen Elektrolyten würde nicht zur Mesotrophie führen, weswegen allochthone Nährstoffquellen zu vermuten sind.

## Flora und Fauna

Der Kenntnisstand über die biologische Situation ist unvollkommen. Vom tierischen Plankton ist bekannt, daß *Cyclops abyssorum* vorkommt. Das Algen-Plankton enthält folgende Hauptarten: *Cathomonas truncata*, *Oscillatoria oblique-acuminata*, *Nephrodiella lunaris*.

## Sedimente

Sie sind reich an organischen Bestandteilen und enthalten 28% organischen Kohlenstoff.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Mummelsee liegt in einem Naturschutzgebiet. Er ist im Sommer Ziel vieler Wanderer. Es bestehen Möglichkeiten zum Rudern. Am talseitigen Ufer befindet sich eine Gaststätte mit Hotelbetrieb.

# Ruschweiler See

Lage: R 35 27 50, H 53 03 60  
Topographische Karte: L 8122 Weingarten  
Entstehung/Seetyp: glazial überformtes Becken  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 691 m ü NN  
Oberfläche: 0,281 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 0,24 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 16 m, mittl.: 8,5 m  
Einzugsgebiet: 9,98 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 0,75 Jahre  
Umgebungsfaktor: 35,51  
Ufer: Länge 2,20 km, Entwicklung 1,17

## Einzugsgebiet

Es ist überwiegend identisch mit dem des Illmensees, da dieser über eine Laufstrecke von nur 1,3 km in den Ruschweiler See entwässert. Dies ist gleichzeitig der Hauptzufluß.

## Ufer

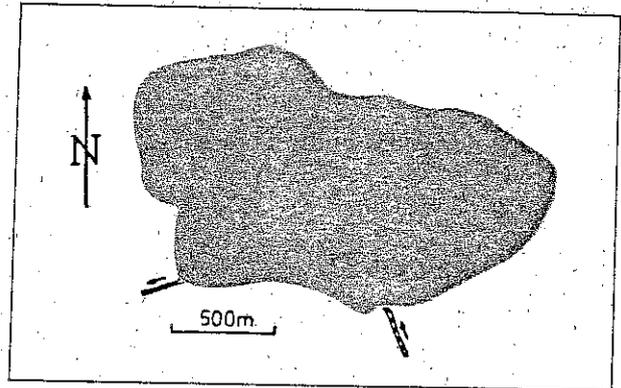
Sie befinden sich in weitgehend natürlichem Zustand. Die Ufer sind zu 50 % von Schilfröhricht gesäumt, sonst von Laubwald und Wiesengelände umgeben. Das Ufersubstrat ist tonig bis schlammig.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Das Wasser ist kalkreich (im Mittel 2,95 (1,6–4,2) mmol/l HCO<sub>3</sub>). Der pH-Wert bewegt sich zwischen 7,0 und 8,8 (Mittel: 7,90), die elektrische Leitfähigkeit schwankt zwischen 244 und 370 (Mittel: 347) µS/cm. Die Sauerstoffkonzentrationen im Hypolimnion gehen im allgemeinen von Juli bis November auf Null zurück. Die anaerobe Phase dauert von Juli bis November.

Die Flächenbelastung mit Gesamtphosphor liegt bei 210 mg/m<sup>2</sup>, was einem Vollzirkulationswert von 98 mg/m<sup>3</sup> (1972–1974) entspricht.

Die Chlorophyll a-Konzentration liegt im Jahresmittel bei 10 bis 17 mg/m<sup>3</sup> mit einer Streubreite von 1,0 bis 26,6 mg/m<sup>3</sup>. Die Sichttiefen bewegen sich zwischen 0,6 und 2,9 m (Mittel: 1,9 m). Der Ruschweiler See kann als eutroph eingestuft werden.



## Flora und Fauna

Im Herbst sind regelmäßig aufruhende Blaualgen zu beobachten. Das Algenplankton besteht aus den folgenden Hauptarten: *Aphanizomenon flos aquae*, *Merismopedia glauca*, *Dinobryon divergens*, *D. sociale*, *Chromulina crassa*, *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella kützingiana*, *Oocystis lacustris*. Die wichtigsten Vertreter der submersen Vegetation sind *Potamogeton perfoliatus*, *P. natans*, gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) und – auf einige Stellen beschränkt – Fadenalgen (*Cladophora*).

Die Fischfauna besteht hauptsächlich aus Barsch, Brachsen, Rotaugen und Rotfedern. Wenig häufig sind Hecht, Karpfen und Schleie. Seltener sind Zander, Döbel, Ukelei, Schmerle und der Wels.

## Sedimente

Sie bestehen aus feinem Material, das 7 % organischen Kohlenstoff enthält.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der See liegt im Landschaftsschutzgebiet und ist weitgehend naturbelassen. Er befindet sich in der Pacht eines Fischereivereins, der das alleinige Nutzungsrecht besitzt. Weitere Freizeitaktivitäten sind nicht zugelassen.

# Schleinsee

Lage: R 35 47 60, H 52 75 10  
Topographische Karte: L 8322 Friedrichshafen  
Entstehung/Seetyp: Drumlinsee  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 475 m ü NN  
Oberfläche: 0,149 km<sup>2</sup>,  
Volumen: 0,95 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 11,6 m, mittl.: 6,4 m  
Einzugsgebiet: 0,45 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: ca. 2,11 Jahre  
Umgebungsfaktor: 3,02  
Ufer: Länge 1,70 km, Entwicklung 1,24

## Einzugsgebiet

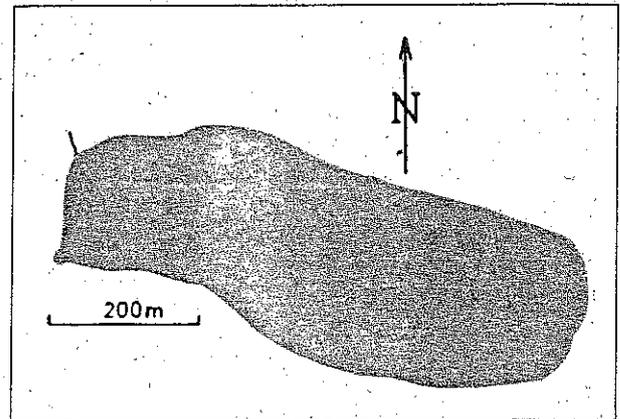
Es liegt in der hügeligen Moränenlandschaft des Bodensees und ist von Mischwald bestanden. Die freibleibenden Flächen sind landwirtschaftlich genutzt. Es ist dünn besiedelt. Der See wird von einem Bach und unterseeischen Quellen gespeist.

## Ufer

Es ist etwa zur Hälfte von Schilfröhricht bestanden und von Wald und Wiesenland gesäumt. Die Ufersubstrate sind sandig bis schlammig.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Das Wasser ist bei 2,65 (1,56–3,84) mmol/l  $\text{HCO}_3^-$  kalkreich. Entsprechend liegt der pH-Wert im alkalischen Bereich (7,0–9,1, Mittel: 7,90). Die mittlere Calcium-Konzentration beträgt 42,3 (24,0–66,1) mg/l. Der Schleinsee ist am Grund regelmäßig von Juni bis Oktober sauerstofffrei. Die Konzentrationen an Gesamtphosphor betragen während der Zirkulationszeit etwa 94 mg/m<sup>3</sup>, die des Chlorophyll a im Jahresmittel (1979) 24,3 (10,4–46,8 mg/m<sup>3</sup>) und die Sichttiefen etwa 1,74 (0,5–3,3) m. Der Schleinsee ist als typisch eutrophes Gewässer einzustufen.



## Flora und Fauna

Blaualggen bilden regelmäßig im Herbst starke Entwicklungsmaxima (*Miractinium*, *Oscillatoria*), ohne allerdings durch Aufrahmen in Erscheinung zu treten. Die submerse Vegetation besteht vorwiegend aus Hornblatt (*Ceratophyllum spec.*) und umwachsenem Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*). In Ufernähe befinden sich Bestände der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*).

Die Fischfauna besteht hauptsächlich aus Brachsen, Karpfen, Hecht, Barsch, Schleie, Aal und – seltener – Zander und Wels.

## Sedimente

Sie bestehen aus Feinmaterial mit einem Anteil an organischem Kohlenstoff von 9,3%.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Die fischereiliche Nutzung liegt in Händen eines Angelsportvereins, der einen jährlichen Ertrag von etwa 30 kg/ha erzielt. Das weitgehend naturbelassene Gewässer liegt in einem Landschaftsschutzgebiet.

# Titisee

Lage: R 34 36 15, H 53 06 85  
Topographische Karte: L 8144 Titisee-Neustadt  
Entstehung/Seetyp: Glätschertalsee  
Mischungsverhalten: di-holomiktisch  
Höhe: 846 m ü NN  
Oberfläche: 1,10 km<sup>2</sup>  
Volumen: 22,5 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max: 39 m, mittl.: 20,5 m  
Einzugsgebiet: 24,2 km<sup>2</sup>  
Erneuerungszeit: 1,23 Jahre  
Umgebungsfaktor: 22,04  
Ufer: 4,70 km, Entwicklung 1,26

## Einzugsgebiet

Es liegt im Mittelgebirge des südlichen Schwarzwaldes, das aus Granit und Gneis aufgebaut und überwiegend von Nadelwäldern bestanden ist. Auf den freibleibenden Flächen wird intensive Viehwirtschaft betrieben. Das Niederschlagswasser wird teilweise über einen Hangkanal in den Schluchsee übergeleitet. Im Einzugsgebiet liegt eine Gemeinde mit – sowohl im Winter als auch im Sommer – lebhaftem Fremdenverkehr.

## Ufer

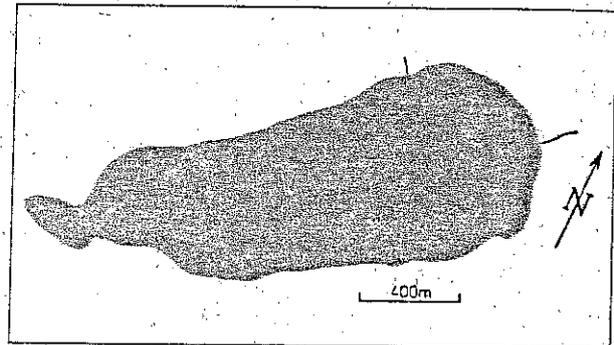
Es besteht aus Wald und Kulturland mit geringfügigen Verbauungen. Eine Röhrichtzone ist nicht vorhanden. Die Ufersubstrate sind kiesig bis sandig. Am nördlichen Ufer liegt die Gemeinde Titisee.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Da die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration im Jahresmittel bei 0,22 (0,17–0,31) mmol/l liegt, kann der See als kalkarm betrachtet werden. Die mittlere Calcium-Konzentration liegt bei 6,21 (1,60–3,61) mg/l, der pH-Wert bei 7,3 (6,0–9,1), die elektrische Leitfähigkeit bei 63 (56–78) µS/cm. Die Flächenbelastung mit Gesamtphosphor von rund 580 mg/m<sup>2</sup> (1981/82) führt zu einer Vollzirkulationskonzentration im See von 12 mg/m<sup>3</sup>. Die mittlere Konzentration Chlorophyll a beträgt 3,9 (0,3–8,8) mg/m<sup>3</sup>, die mittleren Sichttiefen liegen bei 3,9 (2,2–4,9) m. Der See kann demnach als schwach mesotroph eingestuft werden, wobei ihm die aus den Nadelwäldern ausgetragenen Huminstoffe einen dystrophen Charakter verleihen.

## Flora und Fauna

Das Algenplankton bestand vor der Eutrophierung des Sees vorwiegend aus *Mallomonas* und *Dinobryon*. Heute dominieren *Fragillaria* und *Anabaena*, wobei gelegentlich Blaualgenblüten auftreten können. Auch die submerse Vegetation ist durch die Eutrophierung verändert worden. Die Bestände von umwachsenem Laichkraut (*Potamogeton*



*ton perfoliatus*), Brachsenkraut (*Isoetes echinospora*) und Seestrandling (*Littorella uniflora*) sind erloschen. Heute dominiert das umwachsene Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*). Das Kleinkrebsplankton besteht aus *Mixodiptomus laciniatus*, *Cyclops abyssorum*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina coregoni* und *Holopedium gibberum*. Früher kam *Heterocope saliens* vor.

In der Fischfauna dominieren Barsch und Rotaugen. Hecht, Aal, Bach- und Regenbogenforelle sind – ebenso wie die Felchen – seltener.

## Sedimente

Im Uferbereich sind die Sedimente kiesig bis sandig. Im Tiefenbereich hingegen bestehen aus feinstem Material mit einem Anteil an organischem Kohlentoff von 18,3%.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der See liegt in einem stark besuchten Ferien- und Naherholungsgebiet mit Campingbetrieb und verschiedenen Freizeitaktivitäten. Motorboote sind nicht erlaubt. Fahrgastverkehr ist zugelassen. Es besteht die Möglichkeit zur Sportfischerei.

Der ursprünglich oligotrophe See durchlief eine rasche Eutrophierungsphase, die zu Algenmassenentfaltungen und kritischen Sauerstoffverhältnissen im Hypolimnion führte. Durch den Bau eines Ufersammlers und einer biologischen Kläranlage im Einzugsgebiet konnten die Phosphor-Konzentrationen zu Beginn der 80er Jahre beträchtlich gesenkt werden. Die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen sind jedoch noch relativ hoch, nicht zuletzt verursacht durch Abschwemmungen aus der Güllerdüngung während der Schneeschmelze im Frühjahr. Dadurch hat der See zwar ein gedrosseltes Produktionsniveau, verbleibt aber in einem labilen Zustand.

## 5.2 Bayern

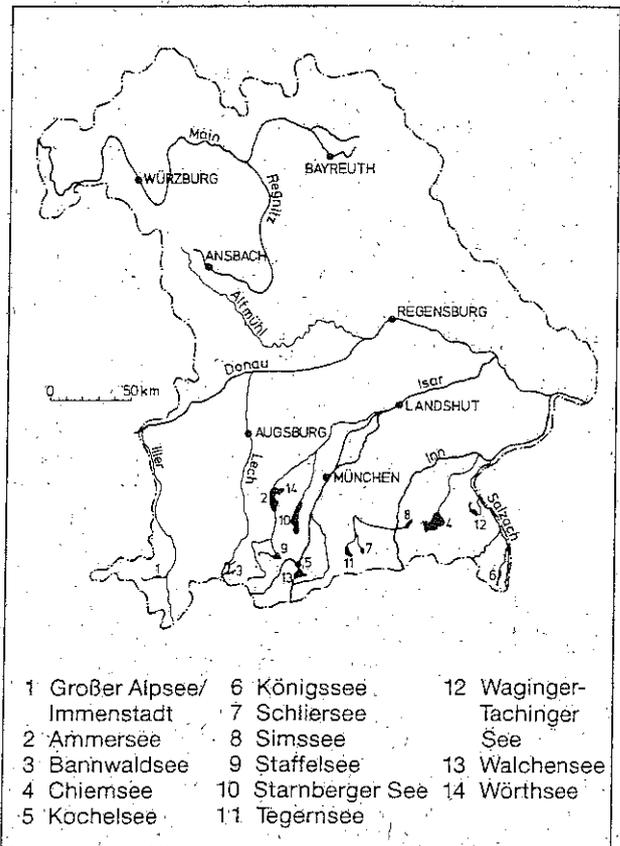
In Bayern gibt es über 1 100 natürliche und künstliche Einzelseen und knapp 540 Seengruppen mit Flächen jeweils über 3 ha. Die großen natürlichen Seen konzentrieren sich in Südbayern. Diese ungleiche Verteilung der Seen hängt mit ihrer Entstehung durch die Eiszeit zusammen; denn alle natürlichen stehenden Gewässer, die im folgenden besprochen werden, sind entweder durch die Eiszeit entstanden oder haben zumindest dadurch ihre endgültige Ausprägung erhalten. Dem Typ nach gehören die meisten Seen zu den tiefen, thermisch regelmäßig schichtenden Alpen- oder Alpenvorlandseen.

Die Seen sind ausgesprochene Anziehungspunkte für Nah- und Fernerholung. Um ein geregeltes Nebeneinander der verschiedenen Ansprüche an die Seen einigermaßen zu gewährleisten, wurden verschiedene Nutzungen eingeschränkt. So werden beispielsweise auf allen bayerischen Seen private Motorboote nur beschränkt oder gar nicht zugelassen. Ausnahmen gelten für die Staatliche Schifffahrt, die Polizei und die Rettungsdienste sowie die Fischerei.

Die Ausführungen zu der fischereilichen Nutzung basieren auf Angaben der jeweiligen Genossenschaften oder Angelvereine. Sie spiegeln vor allem den wirtschaftlichen Wert der Fischarten wider, geben jedoch keine Auskunft über die Häufigkeit dieser Arten im Gewässer. Im allgemeinen kommen die sogenannten Weißfische am häufigsten vor, zu denen Rotaugen, Güster, Rotfeder, Häsel und Aitel u. a. gerechnet werden. Durch selektive Bewirtschaftung der Edelfische wird der Weißfischbestand oft nicht in angemessener Weise genutzt. Es ist daher vorstellbar, daß an Seen, die traditionell nur auf Renken bewirtschaftet werden, ein nur geringer Fischertrag gemeldet wird, obwohl ein großer Weißfischbestand vorhanden ist, der aber nahezu völlig ungenutzt bleibt. Diese einseitige Fisch-Nutzung hat häufig Rückwirkungen auf das Zustandsbild der Seen. Überspitzt könnte man formulieren: Nicht immer, wenn ein See vegetationsrüb durch Algen ist, ist das Abwasser die Ursache. Oft liegt es an dem nicht ausreichend bewirtschafteten Fischbestand.

Die Angabe der topografischen Karte bezieht sich bei größeren Seen auf den See-Ablauf. Die weiteren, eventuell benötigten Kartenblätter lassen sich von Interessenten sicherlich ohne Schwierigkeiten auffinden und beschaffen.

Viele Daten zu den Seen wurden durch die technische Gewässeraufsicht der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung gewonnen. Die routinemäßigen Seenuntersuchungen werden dabei durch die Wasserwirtschaftsämter, speziellere Untersuchungen – z. B. zu besonderen Eutrophierungsproblemen – durch das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft durchgeführt. Die Untersuchungsfrequenz ist im Regelfall vier- bis sechsmal pro Jahr. In den Tiefenprofilen werden eine 0 bis 10 m-Mischprobe und darunter einzelne Stichproben (in 5 bis 10 m-Abständen) untersucht. Die Auswertung erfolgt nach dem Identifikationsmodell von Schröder & Schröder (1978).



Bei der Abfassung der Kurzbeschreibungen für die einzelnen Seen wurde oft auf die grundlegende Zusammenstellung von Grimminger (1982) und die Broschüre der ehemaligen Bayer. Landesstelle für Naturschutz (1970) zurückgegriffen. Das gleiche gilt für einen Aufsatz von Bucksteeg (1983), in dem die Abwassersanierung der großen Seen beschrieben ist. Wichtige Beiträge lieferten in Form von persönlichen Mitteilungen M. Klein (Bayer. Landesanstalt f. Fischerei, Starnberg), Dr. J. Müller (Institut f. Meeresgeologie, Techn. Univ. München) und Dr. A. Melzer (Institut f. Botanik und Mikrobiologie der Techn. Univ. München). Die verwendeten Rasterelektronen-Mikrofotos fertigte R. Klee und einen Großteil der Zeichnungen B. Heindel (beide Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft) an. Allen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

### Literatur

Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft (1976): Gewässerschutz-technische Studie zur Reinhaltung des Chiemsees, Landkreise Rosenheim und Traunstein, 244 S., München.

Bayer. Landesstelle f. Naturschutz (1970): Die südbayerischen Seen. Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege 1, 84 S. zuzüglich Karten, München.

BOHL, E. (1982): Die Verteilung von Licht, Trübung und Chlorophyll im Kochelsee. – DFG-Sonderforschungsbericht 81, Vortragsveranstaltung 21. Oktober 1982, 81–99, München.

- BUCKSTEEG, K. (1983): Seenreinigung in Bayern – eine Zwischenbilanz nach 25 Jahren Gewässerschutzarbeit. – Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 2/83, 313–327, München.
- FRÖBRICH, G., J. MANGELSDORF, T. SCHAUER, J. STREIL & H. WACHTER (1977): Gewässerkundliche Studie über sechs Seen bei Füssen im Allgäu. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 3, 11–42, München.
- GRIMMINGER, H. (1982): Verzeichnis der Seen in Bayern. – Teil 1: Text, Teil 2: Karten. – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.
- HAMM, A. (1971): Limnologische Untersuchungen am Tegernsee und Schliersee nach der Abwasserfernhaltung (Stand 1970). – Wasser-Abwasser-Forschung 5, 131–150, München.
- HAMM, A. (1976): Untersuchungen zur Nährstoffbilanz am Tegernsee und Schliersee nach der Abwasserfernhaltung – zugleich ein Beitrag über die diffusen Nährstoffquellen im Einzugsgebiet bayerischer Alpen- und Voralpenseen. – Z. Wasser Abwasser Forsch. 9, 110–121 u. 135–149, Weinheim.
- HAMM, A. (1979): Herkunft und Rolle des Phosphors als wesentlicher Eutrophierungsfaktor von Seen, besprochen an einigen Beispielen bayerischer Seen. – Tagungsbericht 3/79 der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, S. 15–43, Laufen.
- HAMM, A. et al. (1983): Erfassung der Strömung und des Stoffhaushaltes eines stark durchströmten voralpinen Sees. – Sonderforschungsbereich 81 der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bericht 1980/1983, 231–311, München.
- KÖLBING, A. (1978): Angelreviere Europas: Seen im deutschen Alpenvorland. – Bayer. Landwirtschaftsverlag, München, 157 S.
- KUCKLENTZ, V. (1982): Populationsdynamik des Zooplanktons im Kochelsee. – DFG-Sonderforschungsbereich 81, Vortragsveranstaltung am 21. Okt. 1982, 100–114, München.
- LEHMANN, R. (1981): Morphologische und sedimentologische Untersuchungen an einem Alpenvorlandsee. – Diplom-Arbeit, Univ. München, 271 S.
- LENHART, B. & C. STEINBERG (1982): Beiträge zur Limnologie des Starnberger Sees. – Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 2/83, München.
- MELZER, A., A. MARKL & J. MARKL (1981): Die submersen Makrophytenvegetation des Königsees in ihrer quantitativen Verbreitung. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 52, 99–107.
- MICHLER, G., K. SIMON, F. WILHELM & C. STEINBERG (1980): Vertikale Verteilung von Metallen im Sediment eines Alpenvorlandsees als Zivilisationsindikatoren. – Arch. Hydrobiol. 88, 24–44, Stuttgart.
- MÜLLER, J., W. SIGL, G. MICHLER & G. SOMMERHOFF (1977): Die Sedimentationsbedingungen im Ammersee – untersucht an Sedimentkernen aus dem Delta-, Profundal- und Litoralbereich. – Mitt. Geogr. Ges. München 62, 75–88.
- NÄHER, W. (1963): Untersuchungen über die Radioaktivität im Wasser und Plankton des Starnberger Sees mit besonderer Berücksichtigung der Wassergüte. – Arch. Hydrobiol. 59, 401–466, Stuttgart.
- SCHRÖDER, R. & H. SCHRÖDER (1978): Ein Versuch zur Quantifizierung des Trophiegrades von Seen. – Arch. Hydrobiol. 82, 240–262, Stuttgart.
- SIEBECK, O. (1982): Der Königsee. Eine limnologische Projektstudie. – Nationalpark Berchtesgaden Forschungsber. 5, 80 S.
- STEINBERG, C. (1978): Limnologische Untersuchungen des Ammersees. – Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes f. Wasserwirtschaft 6/78, 80 S., München.
- STEINBERG, C., E. HÄMMERLE & J. MEILHAMMER (1983): Veränderungen im Sedimentationsgeschehen des Walchensees durch anthropogene Eingriffe in das Einzugsgebiet. – Z. Wasser Abwasser Forsch. 16, 48–54, Weinheim.
- STREIL, J., C. STEINBERG & T. SCHAUER (1979): Großer Alpsee bei Immenstadt. – Eine Gewässerkundliche Studie. – Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes f. Wasserwirtschaft 11, 44 S., München.

# Großer Alpsee/Immenstadt

Lage: R 35 89 82, H 52 70 92

Topographische Karte: L 8526 Immenstadt/Allgäu

Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Iller-  
gletschers in tektonisch vorgegebener Umwallung

Mischungsverhalten: dimiktisch

Höhe: 724,6 m ü NN

Oberfläche: 2,47 km<sup>2</sup>

Volumen: 32,68 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Tiefe max.: 22,7 m, mittl.: 13,23 m

Einzugsgebiet: 49,45 km<sup>2</sup>

Umgebungsfaktor: 19,0

Erneuerungszeit: 0,49 Jahre

Ufer: Länge 8,1 km, Entwicklung 1,47

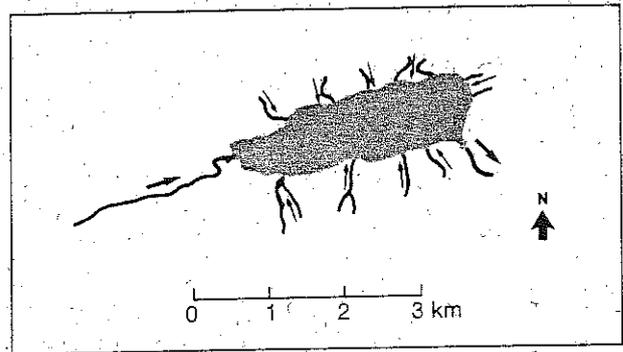
## Einzugsgebiet und Ufer

Der See liegt im Tal der Konstanzer Ache (das Tal gehörte nicht zum Bistum Augsburg, wie die umliegenden Ländereien, sondern zu Konstanz, daher der Name). Das Tal wird durch Molasseberge begrenzt, die bis zu knapp 1500 m hoch sind, im Norden durch die Illervorberge und im Süden durch die Schwäbischen Voralpen (Vorderer Bregenzer Wald). Landwirtschaftlich herrscht in den wenig geneigten Lagen die Almweide- und Milchwirtschaft vor. Das natürliche sandige bis kiesige Ufer ist durch einen Eisenbahndamm im Norden und eine Bundesstraße im Süden an vielen Stellen stark eingengt. Ein fast lückenloser, nur durch Einbauten und Anglerschneisen zerschützter Röhrichtgürtel, der aus Schilfrohr *Phragmites australis* und Teichbinse *Schoenoplectus lacustris* besteht, umsäumt die Ufer mit Ausnahme des Ostufers. Der Röhrichtbestand hat durch anthropogene Belastung, wie Eutrophierung, Freizeitnutzungen und Ausdehnen der Wiesen bis zum unmittelbaren Ufersaum deutlich abgenommen.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Das klare Alpseewasser weist während der Zirkulationsphasen mit 3,6 mmol/l Hydrogencarbonat Kalkreichtum auf. Produktionsbedingt verarmt das Epilimnion auf Gehalte unter 2,7 mmol/l. Unter den potentiell eutrophierenden Nährstoffen standen zu Zeiten der Vollzirkulation (im Untersuchungszeitraum 1975–77) 25–30 µg/l Ges.-P rund 400 µg/l NO<sub>3</sub>-N und rund 100 µg/l-NH<sub>4</sub>-N gegenüber. Aus dem Molverhältnis der Nährstoffe zeigt sich, daß die Produktion im See somit hauptsächlich durch den Phosphatgehalt begrenzt wird. Der relativ geringe Gehalt an gelöster Kieselsäure von 1,5 mg/l SiO<sub>2</sub> wurde im Sommer auf weniger als 0,5 mg/l aufgebraucht und wurde dadurch zu einem Faktor, der die Algensukzession, aber weniger die gesamte Algenproduktion steuerte. Der pH-Wert lag im typischen Bereich: in der Produktionszone gelegentlich um 8,5 und gegen Ende der Stagnation über dem Sediment deutlich unter 8,0.

Der Alpsee bei Immenstadt ist dem schwach eutrophen Typus zuzuordnen. Chlorophyll-Daten liegen von nur einem knappen Jahr vor. Danach wurden sowohl im



Hochsommer als auch unter Eis Gehalte von 23 µg/l und mehr gefunden. Die Minimalwerte lagen um 1,5 µg/l. Seinem schwach eutrophen Status entsprechend, verarmt der Alpsee im Tiefenwasser an Sauerstoff auf Werte unter 1,0 µg/l O<sub>2</sub>. Schwefelwasserstoff trat aber erst im Oktober in wahrnehmbaren, aber analytisch selten meßbaren Mengen auf. Interessanterweise führte nicht bereits die Herbst-, sondern erst die Frühjahrszirkulation wieder zu O<sub>2</sub>-gesättigtem Wasser.

Die Belastung des Alpsees mit Phosphaten wurde für die Jahre 1975–77 auf 2,6 t/a Ges.-P geschätzt, das sind 1,05 g/m<sup>2</sup> · a Phosphor. Die stärkste Belastung stammte und stammt noch aus dem Hauptzufluß, der Konstanzer Ache mit der anliegenden Ortschaft Thalkirchdorf.

## Flora und Fauna

Das Phytoplankton bestätigt den schwach eutrophen Zustand des Sees: Blaualgen treten zwar auf, spielen aber zu keiner Zeit mengenmäßig eine bedeutende Rolle. Vorherrschend sind dagegen die Goldalgen (Chrysophyceen), wie *Dinobryon*-Arten, und Kieselalgen (*Diatomeen*), wie *Asterionella formosa* (Abb. S. 36), einschließlich der schwach verkieselten Varietät *acaroides*. Die letztgenannte Varietät ist eine Anpassung an niedrige SiO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Wasser. Im Sommer treten Feueralgen der Gattung *Peridinium* hervor.

In der Westbucht des Sees befinden sich ausgedehnte Bestände der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*). Der Bestand ist dort so dicht, daß weitere Unterwasserpflanzen fehlen. In Buchten und nahe nährstoffbringender Bäche befinden sich Bestände von groß- und kleinblättrigen Laichkrautarten (*Potamogeton sp. div.*). Am Ostufer fehlen untergetauchte Wasserpflanzen völlig. Alle Wasserpflanzen dringen in den Alpsee nur in vergleichsweise geringe Wassertiefen vor. Dieser Umstand wird mit der Windexposition des Sees erklärt, die durch Schlammaufwirbelungen zu Beeinträchtigungen des Lichtklimas führt.

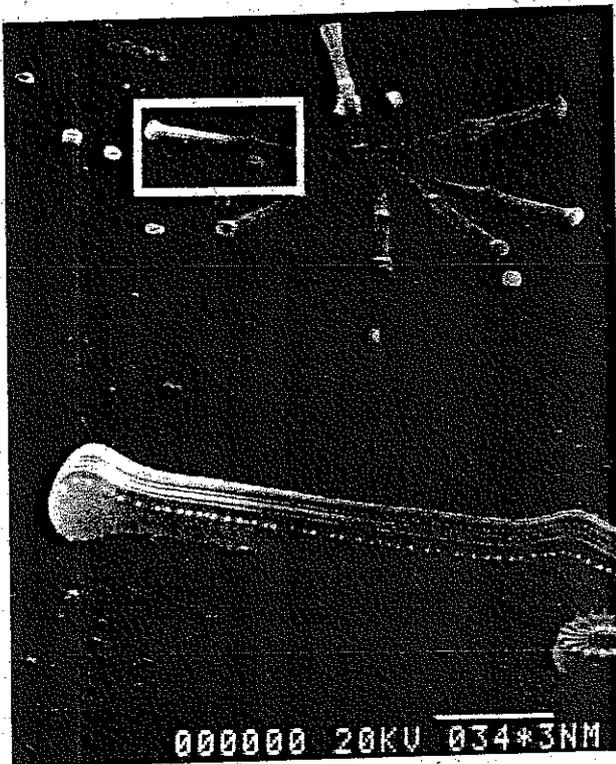
Die wichtigsten Fischarten sind ihrem Ertrag nach Brachsen, Karpfen, Hecht und Aal.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Fischbestand des Gr. Alpsees wird ausschließlich durch Angelfischerei genutzt. Für das Jahr 1982 wurde ein Ertrag von 10 240 kg angegeben.

Der Gr. Alpsee wird seit langer Zeit als Wasserspeicher zur Energiegewinnung genutzt. Das Tal der Konstanzer Ache mit dem Gr. Alpsee nimmt in jüngster Zeit an Bedeutung für den Tourismus zu. Mit Strandbädern, Bootshäfen, Uferpromenaden und ähnlichem wurde dieser Entwicklung Rechnung getragen. Auch für den Alpsee gilt das im Vorspann erwähnte Verbot für private Motorboote.

Die Überwachung durch die Wasserwirtschaftsverwaltung zeigt an, daß die Eutrophierung des Alpsees seit Mitte der 70er Jahre nicht mehr weiter vorangeschritten ist. Dennoch sollen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserqualität des Sees die Abwasseranlagen im See-Hinterland weiter ausgebaut werden.



Rasterelektronen-Mikrofoto von  
*Asterionella formosa*

# Ammersee

Lage: R 44 35 15, H 53 27 06  
Topographische Karte: L 7932 Fürstenfeldbruck  
Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Isar-Loisach-Gletschers  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 532,9 m ü NN, Oberfläche: 46,6 km<sup>2</sup>  
Volumen: 1 750,01 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 81,1 m, mittl.: 37,55 m  
Einzugsgebiet: 993,02 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 20,3  
Erneuerungszeit: 2,7 Jahre  
Ufer: Länge 43,0 km, Entwicklung 1,78

## Einzugsgebiet

Im unmittelbaren Einzugsgebiet umkränzen Jungmoränenwälle das langgestreckte, im Süden und Norden von Verlandungsmooren erfüllte Ammersee-Becken. Im Westen steigen die Hänge sanfter zum „Wessobrunner Höhenrücken“ an und lassen Platz für eine Reihe von Orten, die auf alluvialen Bachschwemmkegeln liegen. Steiler hebt sich das Ostufer zum Andechser Rücken („Heiliger Berg“) empor und hat nur Herrsching auf dem Kienbachdelta als große Ortschaft zugelassen. Alle Moränenhöhen sind mit Mischwald bedeckt. Das ganze Uferland im Westen sowie der Nordteil des Ostufers (Herrsching bis Stegen) sind Landschaftsschutzgebiet; ein kleines Waldstück am Westufer (das Seeholz bei Rieden) ist Naturschutzgebiet.

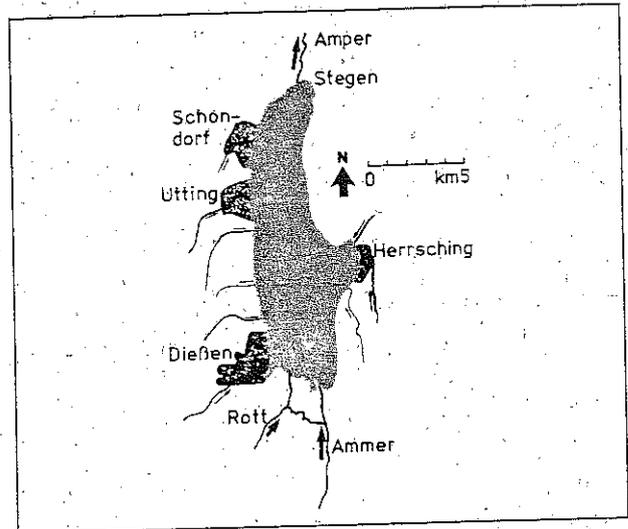
Das Einzugsgebiet des bedeutendsten Zuflusses, der Ammer, die eine Fläche von 718,7 km<sup>2</sup> entwässert, reicht bis in die Kalkalpen hinein. Hier liegen wichtige Fremdenverkehrsorte, wie Oberammergau und Ettal, weiter flussabwärts folgen Orte mit Industrie, wie Weilheim oder Peißenberg.

## Ufer

Das Seeufer ist seinem Charakter nach noch überwiegend natürlich, und zwar sandig und kiesig sowie im Süden moorig. Im Bereich von Gemeinden ist das Ufer durch Freizeitanlagen und Häfen stark verbaut.

Am Westufer ist bis auf verhältnismäßig kleine Bereiche der Uferzugang für die Allgemeinheit gesperrt oder verboten. Dagegen ist nahezu das ganze Ostufer und das Südufer für jedermann zugänglich, jedoch kann das Seeufer hier oft nur über schmale Stichwege von der Straße her erreicht werden.

Das Ammersee-Ufer war über weite Strecken von einem mehr oder weniger dichten Röhrichtgürtel bewachsen, der, wie überschlägige Kalkulationen ergaben, zu rund 50% durch Eutrophierung und durch intensive Freizeitnutzungen zerstört worden ist. An vielen, besonders beeinträchtigten Zonen blieb allein die Teichbinse (*Scheuchzeria palustris*) als Röhrichtpflanze (vgl. Bannwaldsee). Eine große zusammenhängende, bis 500 m breite sehr schützenswerte Röhrichtzone liegt vor dem südlichen Verlandungsmoor.



## Wasserchemismus und Trophiegrad

Der gemittelte Gehalt an Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) von 3,8 mmol/l charakterisiert den Ammersee als kalkreichen, klaren Alpenvorlandsee. Die Leitfähigkeit liegt entsprechend bei 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Durch die Algenproduktion kann das Epilimnion gegen Sommerende auf Minimalwerte von 3,0 mmol/l  $\text{HCO}_3^-$  verarmen. In diesen produktiven Zeiten kann der pH-Wert in oberflächennahen Zonen auf über 8,6 steigen, gleichzeitig strebt er über Grund gegen 7,5. Während der Mischungsphasen bewegt sich der pH-Wert zwischen 8,0 und 8,2. In der Untersuchungszeit 1975–77 war der Sauerstoffhaushalt, der bei Vollzirkulation 100% Sättigung erreichte, durch zwei deutliche Verarmungszonen gekennzeichnet: einem Minimum über dem Sediment, das Werte unter 0,5 mg/l  $\text{O}_2$  unterschritt, und einem metalimnischen Minimum, das die Marke von 4,0 mg/l  $\text{O}_2$  unterschritt.

Die mittlere Phosphatkonzentration betrug seinerzeit 55  $\mu\text{g}/\text{l}$  Ges.-P, die der anorganischen Stickstoff-Komponenten rund 1 mg/l N. Die Gehalte an gelöster Kieselsäure bewegten sich vor der Produktionsphase um 1,25 mg/l  $\text{SiO}_2$  und verarmten in oberflächennahen Schichten auf unter 0,15 mg/l  $\text{SiO}_2$ .

Der Ammersee wurde 1975–77 durch die Ammer mit den Pflanzennährstoffen Phosphor (P), Stickstoff (N) und Silicium (Si) wie folgt belastet:

P	47 t/a (ca. 75%)
N	575 t/a (ca. 60%)
$\text{SiO}_2$	1 005 t/a (ca. 30%)

Die Werte in Klammern geben den über ein Rechenmodell ermittelten Anteil des Abwassers wieder. Die überragende Rolle der Ammer in der Eutrophierung des Sees wird deutlich, wenn man sich die gesamte Phosphatbelastung für den genannten Zeitraum vor Augen führt. Sie betrug 57,5 t/a. Die spezifische Phosphat-Belastung lag bei 1,23 g/m<sup>2</sup> · a Ges.-P.

Die Phosphat-Belastung durch die Ammer ist bis 1984 um gut 25 % gesunken, was auf phosphatärmere Waschmittel und bessere Reinigungsleistungen einzelner Kläranlagen zurückzuführen ist. Im selben Maße hat sich auch der Phosphat-Gehalt des Sees inzwischen vermindert.

Der Ammersee wurde 1975–77 vorwiegend aufgrund des Phosphatgehaltes und der Dominanz fädiger Blaualgen (s. u.) als eutroph eingestuft. Gegenwärtig befindet er sich im eutrophen Bereich an der Grenze zur Mesotrophie. Die Sichttiefen lagen 1975–77 im Mittel bei 4,3, das Minimum während der frühjährlichen Diatomeenblüte bei 1,8 m und das Maximum nach einem großen Hochwasser und Mitfällung von Algen u. ä. an den Schwebstoffen bei 8,4 m.

#### Flora und Fauna

Im Phytoplankton des Ammersees herrschten 1975–77 die fädigen Blaualgen vor, insbesondere die Burgunderblut-Alge (*Oscillatoria rubescens*). Unter den weiteren Algen des eutrophen Aspekts ist vor allem die Feueralge *Ceratium hirundinella* zu erwähnen, die im Hochsommer Dichten von über 200 Zellen im Milliliter erreichte. Diese Feueralge ist die größte einzellige Alge des Süßwasser-Planktons. Die verminderte Phosphat-Belastung des Sees hat eine Umstellung im Phytoplankton hervorgerufen: Fädige Blaualgen spielen im Phytoplankton eine nur noch untergeordnete Rolle. Grünalgen, Kieselalgen und Cryptophyceen dominieren nun.

Die submersen Makrophyten wurden bisher nicht systematisch untersucht. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen auf, daß im Ammersee noch drei Armluchteralgen-Arten (*Chara sp.*) vorkommen. Unter den Laichkräutern, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in den südlichen Flachwasserbereichen haben, gibt es sowohl Eutrophie-Anzeiger wie den Teichfaden *Zanichellia* als auch Mesotrophie-anzeigende, großblättrige Formen, zu denen das Durchwachsene Laichkraut *Potamogeton perfoliatus* und das Spiegeldinde-Laichkraut (*P. lucens*) gehören.

Während der Sommermonate traten regelmäßig Wattehen aus fädigen Grünalgen (*Cladophora*) auf, die sich häufig an den Schilfhälmen festlegten und zu einer mechanischen Überbeanspruchung der Halme führten.

#### Sediment und Verlandung

Das Sediment ist überwiegend stark mineralisch und zeigt im Bereich, der durch die Schwebstoffe aus der Ammer beeinflusst wird, charakteristische Varven (Wechsellagerungen von dunklen und hellen Bändern). Im Jahresmittel werden 15 000 m<sup>3</sup> Geschiebe und 25 000 m<sup>3</sup> Schwebstoffe im Ammerdelta angelandet. Insgesamt gelangen jährlich etwa 67 000 m<sup>3</sup> Schwebstoffe in den See. Hinzu kommen noch 30 000 m<sup>3</sup> aus chemischer und biologischer Sedimentation. Die allochthonen Mineralien mit Quarz und Dolomit werden mehr im Südteil des Sees, das vorwiegend autochthon durch Kalkfällung im Litoral gebildete Calcit mehr im Nordteil abgelagert.

Durch Sedimentanalyse eines 382 cm langen Bohrkerns konnten aufgrund der wechselnden Metallgehalte die Beeinflussung des Sees durch kulturgeografische

Fakten aus der Landnahme, der Ausbauphase, aus Bergbau- und Industrialisierungsphasen rekonstruiert werden.

#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Ammersee bietet trotz Eutrophierung ein gutes Beispiel für einen Renken-(Coregonen)-See. Die Nutzung der Hauptfischart, der sog. Ammerseer Renke, erfolgt – wie auch am Starnberger See oder Chiemsee – durch die Berufsfischerei. Mit fallender Bedeutung folgen Weißfische, worunter die schon im Vorspann aufgeführten Fischarten gehören, Brachsen sowie Barsch, Aal und Zander. Für 1983 wird ein Gesamtertrag von 53 000 kg angegeben, der sich zu 43 % auf die Renke, 17 % auf die Weißfische, 15 % auf die Brachsen, 9 % auf den Barsch, 6 % auf den Aal und 4 % auf den Zander verteilt. Eine untergeordnete Rolle spielt am Ammersee die Angelfischerei.

Der Ammersee und sein Umland beherbergen eine bedeutende Vogelfauna. Das Ampermoos im Norden des Sees gilt als das größte deutsche Brutgebiet des Kleibitz und die Verlandungszone des Südufers als Stätte der gefährdeten Vogelarten Bekassine, Beutelmehse, Großer Brachvogel, Purpurreiher oder Zwergrohrdommel.

Das schon prähistorisch bewohnte Ammerseegebiet ist bajuwarisches Altsiedelland mit kleinen Haufendörfern und überwiegend Gründlandwirtschaft mittelgroßer Agrarbetriebe. Die Nahlage zu München und Augsburg hat mancherlei Wandel bewirkt: Villenorte verbreiten sich, und am Wochenende herrscht starker Ausflugsverkehr. Sehr beliebt ist der Ammersee bei Segelsportlern. Dem Andrang der Erholungssuchenden ist durch den Bau von großen, das Landschaftsbild mehr oder weniger deutlich belastenden Campingplätzen, Segelhäfen und Freizeitanlagen vornehmlich im Westuferbereich Rechnung getragen worden.

Das Auftreten der Burgunderblut-Alge in den 50er Jahren im Phytoplankton des Ammersees war ein Anlaß zur abwassertechnischen Sanierung des sog. Dreiseen-Gebietes (Ammersee, Pilsensee und Wörthsee). Mit über 50 km Kanallänge und einer Kläranlage für 60 000 Einwohner und Einwohnergleichwerte wurden bis 1982 einschließlich der Ortsnetze 150 Mio. DM investiert. Bei diesem Projekt wurde eine neue Variante berücksichtigt: Verschiedene Ringkanalabschnitte im Bereich mischkanalisierter Orte wurden als sogenannte Stauraumkanäle ausgeführt und darüber Seeuferpromenaden angelegt.

Diese Sanierungsmaßnahme umfaßte am Ammersee die unmittelbaren Seeufergemeinden. Aufgrund der hohen Phosphatfracht aus dem Hinterland, dem Ammer-einzugsgebiet, konnte die weitere Eutrophierung des Sees nur verlangsamt, aber nicht verhindert werden. Zur zukünftigen Nährstoffentlastung des Sees wurden 1984 die größeren Kläranlagen im Ammersee-Einzugsgebiet mit Entphosphatisierungsstufen ausgerüstet. Nach Inbetriebnahme dieser Anlagen kann aufgrund der geringen Wassererneuerungszeit weiterhin mit einer vergleichsweise raschen Rückentwicklung der Trophielage im See gerechnet werden.

# Bannwaldsee

Lage: R 44 07 24, H 52 73 28  
Topographische Karte: L 8530 Füssen  
Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Lechgletschers  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 785,9 m ü NN, Oberfläche: 2,28 km<sup>2</sup>  
Volumen: 14,09 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 12,0 m, mittl.: 6,18 m  
Einzugsgebiet: 21,42 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 8,39  
Erneuerungszeit: 0,81 Jahre  
Ufer: Länge 6,7 km, Entwicklung 1,25

## Einzugsgebiet

Das Ostufer lehnt sich an die Trauchberge an, die den Kalkalpen als bewaldete Flyschberge nach Nordosten vorgestellt sind. Auf der Ostseite zieht auch die „Romantische Straße“ (Augsburg-Schongau-Füssen) vorbei. Den Südoststrand nehmen stark benutzte Camping- und Badeplätze ein. Doch der größte Teil des Sees, vor allem der breite Verlandungsgürtel im Norden, blieb bisher als kaum berührte Natur in ihrer Schönheit unangetastet. Der Bannwaldsee liegt ganz in einem Landschaftsschutzgebiet.

Der Hauptzufluß mit fast 50 % des gesamten Zuflusses ist die Buchinger Ache. Der Ablauf, die Mühlberger Ache, entwässert in den Forggensee, den ersten und größten Stausee des Lechs.

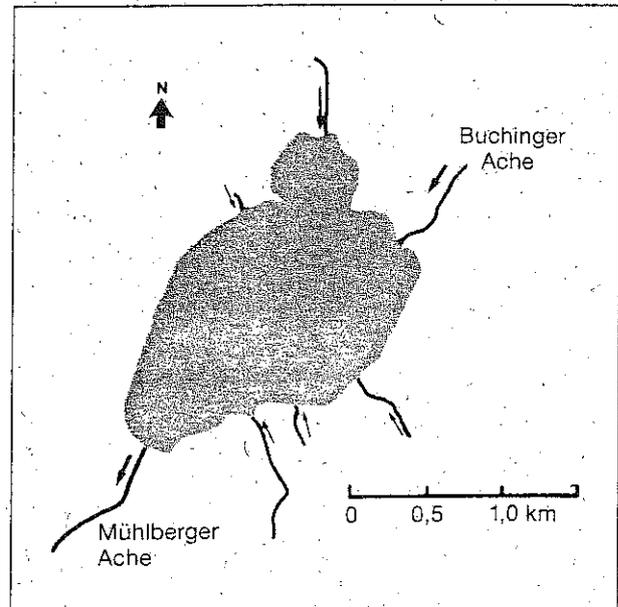
## Ufer

Das Ufer ist im Süden sandig-kiesig und im Bereich der Camping- und Badeplätze von seinem Röhrichtgürtel sowie dem Ufergebüsch entblößt. Ansonsten ist der Bannwaldsee von wenig zugänglichen breiten und ökologisch wertvollen Verlandungsmooren umgeben. Noch vor 30 Jahren dehnte sich ein Schilfgürtel weit in den See hinaus. Durch mehrere Ursachen, vornehmlich Eutrophierung und Badebetrieb, ist der reine *Phragmites*-Gürtel schmal geworden. Vor ihm wächst ein schütterer Mischbestand mit Teichbinsen (*Schoenoplectus lacustris*) (bis zu 3 m Tiefe), einer Pflanze, die mechanischen Beanspruchungen besser als das Schilf gewachsen ist. Vor dem *Schoenoplectus*-Gürtel dehnt sich die Schwimmblattzone, die mit 25 ha rund 11 % der Seefläche einnimmt. Diese Zone mit Gelber Teichrose (*Nuphar lutea*) und Weißer Seerose (*Nymphaea alba*) besitzt ihre größte Ausdehnung im nördlichen Seeteil.

Eine jüngste, noch unveröffentlichte erneute Bestandsaufnahme erbrachte, daß die Teichbinse (*Schoenoplectus*) inzwischen die verbreitetste Röhrichtpflanze ist. Dies kann als Zeichen zunehmender Eutrophierung sowie stärkerer mechanischer Beanspruchung des Röhrichts durch Baden, Boote u. ä. gewertet werden.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Mit 3,7 mmol/l Hydrogencarbonat ist der Bannwaldsee ein kalkreicher Alpenvorlandsee. Die Produktion ver-



armt den anorganischen Kohlenstoff-Vorrat auf rd. 3,1 mmol/l HCO<sub>3</sub>. Der Gehalt an anorganischen Stickstoff-Verbindungen liegt bei 1 mg/l N und der der gelösten Kieselsäure bei 1,5 bis 2,0 mg/l SiO<sub>2</sub>. Der Sauerstoffgehalt erreicht während der Vollzirkulationen die Sättigung. Bereits im Sommer (Juni, Juli) ist das tiefe Hypolimnion sauerstofffrei und Schwefelwasserstoff tritt auf. Der Phosphat-Gehalt der Produktionszone bewegt sich zwischen 18 und 27 µg/l Ges.-P.

Die Sichttiefen schwanken sehr. 1973/74 wurden sie häufig bei 2–3 m festgestellt, reichen jedoch im November bis auf 6,5 m hinunter, womit sich der Bannwaldsee als der klarste der Füssener Alpenrandseen erwies.

Die Studie von 1977 ordnete den Bannwaldsee dem mäßig eutrophen Zustand zu. Neuere Daten aus der Gewässerüberwachung sowie die bereits genannte neue Kartierung der Makrophyten belegen, daß sich dieser Zustand nicht gebessert, eher verschlechtert hat.

## Flora und Fauna

Im Phytoplankton bildeten 1973/74 Kieselalgen (*Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*) den Frühjahrsaspekt, während Feueralgen (*Peridinium* und *Ceratium*), verschiedene Grünalgen (*Pediastrum*, *Cosmarium*, *Staurastrum*) neben den Blaualgen *Anabaena* und *Microcystis* das Sommerbild prägten:

Im Zooplankton dominierten, wie in allen eutrophen Seen zu erwarten, die Rädertiere. Unter den größeren Zooplankton-Tieren fielen die Vertreter der Algenfresser auf (*Daphnia*, *Diaphanosoma* und *Bosmina*).

Die untergetauchten Wasserpflanzen bestätigten das Bild des mäßig eutrophen Sees in den Jahren 1973/74.

Im nördlichen Seeteil waren die Unterwasser-Rasen am üppigsten, mit dem Durchwachsenen Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*), dem Krausen Laichkraut (*P. crispus*) und dem Leuchtenden Laichkraut (*P. lucens*).

Die Arten *P. perfoliatus* und *lucens* gelten als „nährstoffärmere“ Vertreter ihrer Gattung. Vor den belasteten Zuflüssen haben sich nährstoffliebendere Laichkräuter angesiedelt, wie *P. berchtoldii* und *P. crispus*. Armleuchteralgen der Gattungen *Chara* und *Nitella* scheinen im Rückgang begriffen zu sein. Die Arten, die am deutlichsten Oligotrophie anzeigen, nämlich *Chara aspera*, *C. hispida* und *Nitella syncarpa*, kommen nur noch sehr selten vor.

Der morphometrisch zum Nährstoffreichtum neigende Bannwaldsee ist durch die nährstoffreiche Buchinger Ache vollends zum Karpfen- und Schleiegewässer geworden.

#### **Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen**

Der Fischbestand des Sees wird sowohl von der Berufsfischerei als auch von Anglern genutzt. Für die Freizeitfischer wird der See mit Hecht, Zander und Aal besetzt. Nach den Fangerträgen, über deren Höhe jedoch keine Angaben vorliegen, dominieren die Renken, gefolgt von Brachsen, Hecht, Aal und Weißfischen.

Am Fuße der Alpen und in der Nähe der Füssener Königsschlösser Neuschwanstein und Hohenschwangau sowie an der Romantischen Straße gelegen, ist auch der Bannwaldsee ein touristisches Zentrum. Große Camping- und Badeanlagen sind Zeichen hierfür.

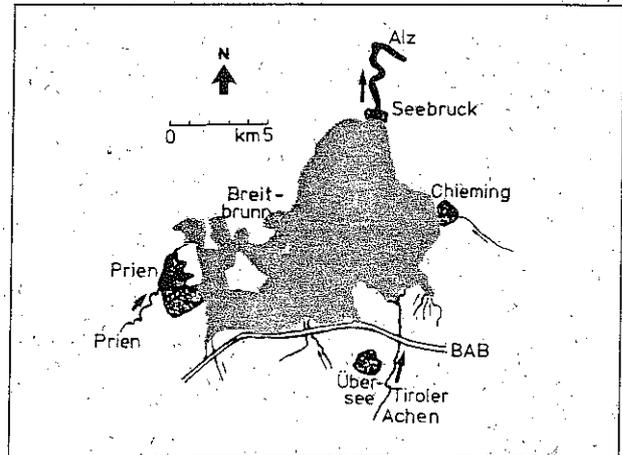
Zur abwassertechnischen Sanierung des Sees wurde das Abwasser von Buching, dem Hauptort im Einzugsgebiet, nach Trauchgau übergeleitet und damit dem See ferngehalten.

# Chiemsee

Lage: R 45 35 95, H 53 10 58  
Topographische Karte: L 8140 Traunstein  
Entstehung/Seetyp: Beckentoteissee (Stamm-  
sowie Zungenbecken)  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 518,19 m ü NN, Oberfläche: 79,90 km<sup>2</sup>  
Volumen: 2 047,84 · 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 73,4 m, mittl.: 25,63 m  
Einzugsgebiet: 1 398,56 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 16,5  
Erneuerungszeit: 1,26 Jahre  
Ufer: Länge 63,96 km, Entwicklung 2,02

## Einzugsgebiet

Der Chiemsee ist Bayerns flächengrößter See. Er ist das Zentrum eines Jungendmoränengebietes, das ihn wie ein Amphitheater umschließt. Natur- und Kulturlandschaft sind im Wechsel von Waid und Moor, Seen und Bächen, Feldern und Wiesen verwoben. Im Verbreitungsgebiet des würmeiszeitlichen Chiemseeegletschers fehlt die siedlungsfeindliche Grundmoränenlandschaft. Um den



Chiemsee blieben deshalb nur wenige Gebiete, wie die Verlandungsmoore, unbesiedelt:

Der bayerische Teil des Chiemsee-Einzugsgebietes weist eine Nord-Süd-Ausdehnung von max. 25 km auf.

*Mündung der Tiroler Achen in den Chiemsee. Deutlich erkennbar ist die Schwebstoff-Führung des Flusses.*

*Freigegeben durch: Regierung von Oberbayern Nr. GS 300/35/85*



Seine Fläche von rd. 605 km<sup>2</sup> entspricht einem Anteil von etwa 44 % am gesamten Einzugsgebiet. Durch die Tiroler Achen, den Hauptzufluß, erhält der Chiemsee nicht nur Wasser aus den Nördlichen Kalkalpen, sondern auch aus der Grauwackenzone der Alpen, so daß das Geschiebe dieses Flusses u. a. aus schiefer- und porphyrischem Material besteht.

#### Ufer

Entsprechend seinem Charakter als Zentrum eines stark frequentierten Fremdenverkehrsgebietes sind die Ufer des Chiemsees im Bereich der Ortschaften weitgehend ausgebaut. Das Landschaftsbild des Chiemsee-Ufers wird zwischen den Ortschaften und vor allem am Südufer durch seine ausgedehnten Röhrichtzonen und einen Weidenbuschsaum, der stellenweise in einen Erlen-Eschen-Auwald oder in Hangwälder übergeht, geprägt. Allerdings wird das Südufer an verschiedenen Stellen durch die Autobahn München-Salzburg in Mitteleidenschaft gezogen, die in diesen Bereichen unmittelbar am Ufer verläuft.

#### Wasserchemismus und Trophiegrad

Entsprechend des geochemischen Charakters des größten Teils seines Einzugsgebietes ist das Wasser auch des Chiemsees reich an Hydrogencarbonat und für das menschliche Auge durch Humusstoffe kaum gefärbt. Der Wasserchemismus ist in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet und auf alte Bezugsgrößen (z. B. CaO anstelle von Ca heute) umgerechnet, um den interessanten Vergleich mit einer historischen Analyse zu ermöglichen.

Parameter	Konzentration um 1970	Umrechnung der neuen Werte auf alte Angaben	Analyse um 1900
Calcium	41–46 mg/l	57,2–64,4 mg CaO/l	57,5–59,7
Magnesium	15–16 mg/l	24,9–26,5 mg MgO/l	21,8–33,2
Sulfat	14–22 mg/l	11,7–18,3 mg SO <sub>3</sub> /l	15,5–17,4
Chlorid	8–9 mg/l	entfällt	1,3–3,2
Kieselsäure vor Kieselalgenblüte	2,3–2,8 mg/l	entfällt	0,8–1,6 mg/l
nach Blüte	0,4–0,8	entfällt	
Hydrogencarbonat	2,9–3,05 mmol/l	62,9–66,8 mg/l geb. CO <sub>2</sub>	69,5–70,8

Der Eisengehalt liegt zwischen 30 und 50 µg/l. Über dem Sediment treten in Stagnationszeiten Werte bis 140 µg/l auf. Noch höhere Werte wurden im Aiterbacher Winkel gefunden; der nordwestlichen Bucht, die in der Nähe des Kläranlagenauslaufes von Prien liegt. Der Gehalt an Gesamt-Phosphat bewegt sich bei 30 µg/l P, wobei der östliche Seeteil, der sog. Weitsee, häufig geringere, die westlichen Seeteile (sog. Iriselsee) dagegen zumeist höhere Phosphatgehalte aufweisen. Der mineralische Stickstoffgehalt erreicht 0,5 bis 0,6 mg/l und verarmt in den Produktionsschichten und über dem Sediment in charakteristischer Weise, hervorgerufen durch Nitrat-Assimilation bzw. durch Nitrat-Atmung.

Aufgrund der geringen Windabschattung und der relativ geringen Tiefe wird der Chiemsee während der Mischungsphasen gut durchmischt und im Tiefenwasser mit Sauerstoff versorgt. Ferner kommt es aus diesen Gründen erst recht spät im Jahr zu einer stabilen thermi-

schen Schichtung des Wasserkörpers. Die Folge ist, daß das Tiefenwasser während des Sommers zwar an Sauerstoff verarmt, aber nur im Extremfall und in einzelnen Buchten sauerstofffrei wird. Die pH-Werte unterschreiten im Sediment-Wasser-Kontaktbereich selten 8,0. In der Produktionszone werden gelegentlich Werte von 8,7 erreicht.

Anfang der 70er Jahre, als die Nährstoffbelastung des Chiemsees eingehend untersucht wurde, wurde eine Phosphor-Befrachtung von 197 t/a Gesamtphosphor ermittelt, von denen 150 t (± 76 %) allein auf den Hauptzufluß, die Tiroler Achen, entfielen, wobei das Niederschlagsgebiet dieses Flusses nur 68 % des Seeeinzugsgebietes ausmacht. Von den genannten 197 t P sind rund 115 t pflanzenverfügbar. Diese Unterscheidung ist wichtig, da die Tiroler Achen einen hohen Anteil an Schwebstoffen und darin enthaltenen Phosphaten mit sich führt.

Der Großteil des Chiemsees ist als eutroph auf der Grenze zur Mesotrophie hin anzusehen. Die westlichen Seeteile (Ruttengraben, Aiterbacher sowie Kajlbacher Winkel) sind eindeutig eutroph.

Der Chlorophyll-a-Gehalt in der 0–10 m-Schicht beträgt im Mittel rund 6 µg/l. Spitzenwerte wurden im Oktober 1983 mit 20,8 µg/l gemessen.

Die Sichttiefen unterschreiten während frühjährlicher Algenblüten die 2 m-Marke oft. Interessanterweise bewirken große, stark schwebstoff-führende Hochwässer der Tiroler Achen gelegentlich rasche Phytoplankton-Zusammenbrüche, so daß es zu abiotischen Klarwasserstadien kommt.

#### Flora und Fauna

Das Phytoplankton des Chiemsees wird über lange Perioden durch Kieselalgen mit erhöhten Phosphatanforderungen (*Fragilaria-Tabellaria*-Arten) geprägt. Im Spätsommer und Herbst gesellen sich regelmäßig fädige Blaualgen hinzu, die in den westlichen Seeteilen am stärksten auftreten und die Wasseroberfläche häufig mit einem öl-farben-ähnlichen, blaugrünen bis türkisfarbenen Film überziehen. Die verursachenden Blaualgen gehören den drei Wasserblüten-bildenden Gattungen *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* an. In den 50- und 60er Jahren kam es gelegentlich zu Massenentwicklungen der Burgunderblut-Alge (*Oscillatoria rubescens*), die sogar Rotfärbungen in der Eisbedeckung hervorrief. Eine Verwandte der Burgunderblut-Alge, die *Oscillatoria redekei*, gehörte in den 70er Jahren zu den häufigsten Algen im Phytoplankton. Es hat den Anschein, als ob die Oscillatorien inzwischen durch die anderen fädigen Blaualgen *Anabaena* und *Aphanizomenon* abgelöst worden sind.

Zum Zooplankton liegen keine gesonderten Untersuchungen vor.

Die Benthonfauna wurde 1958–1960 einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Es zeigte sich, daß die Mesotrophie-anzeigende Zuckmücken-Gattung *Sergentia* auf unbelastete Bereiche im zentralen Weitsee und seitab

der Achenmündung zurückgedrängt worden waren, zugunsten von *Chironomus*-Arten, die sich mit schlechteren Sauerstoff-Verhältnissen im Sediment-Wasser-Bereich begnügen als *Sergentia*. Auch das Vorkommen von Glasmückenlarven (*Chaoborus*) sprach bereits damals für einen Eutrophierungsschub im Chiemsee. Die Schlammröhrenwürmer (Tubifiziden) hatten ihren Verbreitungsschwerpunkt vor der Achenmündung, was deutlich auf Abwasserbelastung hinwies.

Für Makrophyten wurde bislang nur eine Vorkartierung durch das Institut für Botanik der Technischen Universität München vorgenommen. Die Vermutung, daß der Chiemsee nur noch wenige und dabei ausschließlich auf Eutrophie hinweisende Arten beherbergt, bestätigte sich nicht. In einigen Abschnitten, so am Südufer des Sees, hat sich eine artenreiche untergetauchte Vegetation erhalten, in der u. a. verschiedene Armleuchteraigen (Characeen) vorherrschen.

An anderen Stellen, etwa im Aiterbacher Winkel oder am Ostufer bei Chieming treten Characeen stark oder sogar völlig zurück. Im ersten Fall dominieren nährstoffliebende Laichkraut- und Wasserhahnenfuß-Arten, während im Bereich des Dampferstegs bei Chieming nur noch das Wassermoose *Fontinalis antipyretica* vorherrscht. Wassermoose benötigen kohlenstoffdioxidreiches Wasser, wobei das Kohlenstoffdioxid in diesem Falle aus Abwasserversickerungen stammen könnte. — Eine flächendeckende Kartierung wird sicherlich weitere eingehende Erkenntnisse über den Chiemsee und sein Litoral bringen.

Zu den seit jeher im Chiemsee vorkommenden Fischarten zählen Seeforelle, Hecht, Karpfen, Schleie, Brachse, Schied, Frauenfisch, Aitel, Barsch, Wels, Rutte, Nase, Rotaugen und Marenke. Ferner wurden zu dem natürlichen Fischbestand im Jahr 1880 der Aal und 1904 der Zander erstmals hinzugefügt.

#### Sediment

Das Chiemsee-Sediment ist erwartungsgemäß überwiegend mineralisch. Silt (Fraktionen  $> 2$  bis  $< 63 \mu\text{m}$  und Sand ( $63 \mu\text{m} - 2 \text{mm}$ ) prägen die Korngrößen. 60% der untersuchten Oberflächensediment-Proben hatten Carbonatgehalte, die größer als 30% waren. Der Dolomitgehalt ist relativ niedrig: bei 85% der Proben lag er unter 20%. Der Calcitgehalt bei über 60% der Proben überschreitet die 30%-Marke. Über 50% der untersuchten Proben besitzen einen Quarzgehalt von über 10%.

Die Schwebstoff-Fracht der Tiroler Achen führt zu einer durchschnittlichen Verlandung (1869–1964) von rd.  $140\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ . Der Mündungsbereich der Tiroler Achen schiebt sich gegenwärtig im Mittel um  $5,3 \text{ m/a}$  in den See hinaus.

#### Nützung, Bedeutung und Maßnahmen

Der „Brotfisch“ der Chiemsee-Fischerei, die von Berufsfischern dominiert wird, ist die Renke, gefolgt von Brachsen, dann Aal, Hecht, Weißfischen und Zander. 1981 betrug der Fischertrag  $194\,600 \text{ kg}$  für den gesamten See. Die Fänge setzten sich zu 80% aus Renken, zu 12% aus Brachsen, zu 4% aus Aalen, zu 0,7% aus Hechten, zu

0,5% aus Weißfischen und zu 0,3% aus Zandern zusammen.

Die Erwerbsstruktur der Seeufergemeinden, aber auch der Orte im Priental und im Achental wird vornehmlich durch den Fremdenverkehr geprägt, was u. a. auch durch die Zahl der Campingplätze (16) rund um den See zum Ausdruck kommt. An den internationalen Verkehr ist das Chiemseegebiet durch die Bundesbahn und die Autobahn angeschlossen. Für den Fremdenverkehr haben sich drei Zentren, Prien, Seebruck und Chieming, entwickelt. Ein weiterer Fremdenverkehrsschwerpunkt sind die Inseln: die vom Schloß („Bayerisches Versailles“) und einem ausgedehnten Landschaftspark geprägt und stark besuchte Herreninsel und die durch das Fischerdorf und das Kloster reizvolle und geschichtlich bedeutsame Fraueninsel. An Wassersport haben Segeln und Windsurfen eine große Bedeutung erlangt.

Der Chiemsee steht mit seinen Inseln und Ufern unter Landschaftsschutz, die Mündung der Tiroler Achen und die südöstliche Bucht (Hirschauer Bucht) sind Naturschutzgebiet mit einer Vogelfreistätte.

Der Bau einer Ringkanalisation wie an anderen bayerischen Seen war am Chiemsee in den 60er Jahren wegen seiner Größe nicht möglich. Zur Entlastung des Chiemsees wurden die einzelnen gemeindlichen Kläranlagen ausgebaut. So entstand bereits 1964 in Prien die erste biologische Kläranlage mit chemischer Fällung. Heute betreiben alle Gemeinden am Chiemsee mit Ausnahme von Chieming, Gstadt und Breitbrunn zentrale Abwasseranlagen. Alle Kläranlagen, die in den See einleiten, arbeiten mit chemischer Fällung.

Im bayerischen Hinterland des Chiemsees wurde der Ausbau der Abwasseranlagen soweit vorangetrieben, daß dieser Teil des Einzugsgebiets im wesentlichen saniert ist. Auch hier wird die chemische Fällung zur Phosphatelimination betrieben.

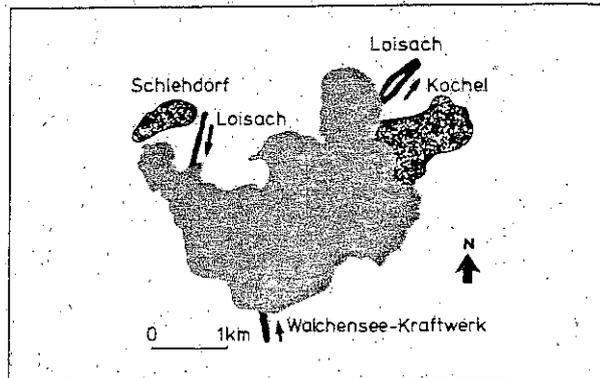
Allein in den letzten Jahren wurden in Bayern rd. 56 Mio. DM zur Chiemseeereinhaltung ausgegeben. Dennoch zeigte die limnologische Entwicklung, daß vor allem wegen der hohen Phosphateinträge über die Tiroler Achen aus Österreich die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichten.

Nachdem heute mit den seeverlegten Druckleitungen ein erprobtes Verfahren zur Verfügung steht, soll nun auch am Chiemsee eine Ringkanalisation erstellt werden. Die Kläranlage soll westlich von Prien errichtet werden. Die Kosten für dieses Projekt werden auf rd. 117 Mio. DM veranschlagt.

Mit Tirol wird seit geraumer Zeit mit dem Ziel verhandelt, die Phosphateinträge durch die Abwassereinleitungen im Tiroler Chiemsee-Einzugsgebiet drastisch zu senken. Nur wenn dies geschieht, kann eine nachhaltige Besserung des Sees erwartet werden. In einem einvernehmlich festgelegten Phosphorentlastungsplan wurde von der Tiroler Seite zugesagt, den Phosphateintrag durch abwassertechnische Maßnahmen bis 1989 auf ein Minimum zu reduzieren.

# Kochelsee

Lage: R 44 51 60, H 52 80 25  
 Topographische Karte: L 8334 Bad Tölz  
 Entstehung/Seetyp: glaziale Vertiefung einer alten Talung  
 Mischungsverhalten: dimiktisch  
 Höhe: 598,81 m ü NN, Oberfläche: 5,95 km<sup>2</sup>  
 Volumen: 184,7 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
 Tiefe max.: 65,9 m, mittl.: 31,04 m  
 natürliches Einzugsgebiet: 683,7 km<sup>2</sup>  
 Umgebungsfaktor: 113,9  
 Erneuerungszeit: 0,12 Jahre  
 Ufer: Länge 14,64 km, Entwicklung 1,69



## Einzugsgebiet

Der See ist an drei Seiten von Gebirge umschlossen und füllt das südliche Ende einer Niederung aus, die zu einer zehnmal größeren Wasserfläche gehörte. Auch nach der tausendjährigen Kultivierungstätigkeit, die von den an dem Moorrand angesiedelten Klöstern Benediktbeuern und Schlehdorf ausging und selbst nach den intensiveren Meliorationen der Neuzeit hat die Moorlandschaft eine gewisse naturnah Ursprünglichkeit bewahren können. Der Hauptort ist Köchel, schon seit dem vorigen Jahrhundert ein vielbesuchter Fremdenverkehrsort.

Der größte natürliche Zufluß ist die Loisach, in deren Tal das Fremdenverkehrszentrum Garmisch-Partenkirchen liegt. Die Loisach mündet bei Schlehdorf in den See und verläßt ihn bei Köchel wieder. Das ursprüngliche Einzugsgebiet wurde mit den Überleitungen aus dem Isargebiet über den Walchensee auf 1 467,8 km<sup>2</sup> – das 246fache der Seefläche – ausgeweitet. Dies verschafft dem Kochelsee den raschesten Wasseraustausch aller großen bayerischen Naturseen: Theoretisch wird alle 43 Tage der Wasserkörper vollständig ausgetauscht.

Hydrologische Besonderheiten ergeben sich für den Kochelsee aus den beiden völlig unterschiedlichen Zuläufen. Der Walchensee wird im Winterhalbjahr gezielt abgelenkt.

Die Mittelwasserführung des Triebwassers aus dem Walchensee ist seit der Rißbachableitung (1954) mit etwa 23,9 m<sup>3</sup> noch etwas höher als die der Loisach mit 23,4 m<sup>3</sup>/s. Kleinere Zuläufe bringen 1,8 m<sup>3</sup> ein.

## Ufer

Das Ufer wird im Süden durch Berghänge und im Norden durch das Königsmoor geprägt. Der Ortskern von Köchel liegt zwar mehrere hundert Meter östlich des Sees, die Bebauung reicht aber teilweise bis an das Wasser heran. Trotz weiterer vereinzelter Bebauung entlang des Seeufers überwiegt doch das Bild einer über große Strecken vorherrschenden naturnahen Landschaft. Knapp ein Drittel des Kochelseeuferes ist für die Öffentlichkeit durch an den See grenzende Anwesen gesperrt. Von einer naturbedingten Behinderung im Bereich der großen wertvollen Röhrichtgürtel abgesehen, sind jedoch

die übrigen zwei Drittel Uferlänge der Allgemeinheit frei zugänglich.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Die beiden Hauptzuflüsse prägen den chemischen Charakter des Seewassers. Die nachfolgende Tabelle mag dies veranschaulichen, die Angaben sind Jahresmittelwerte oder geben die Schwankungsbreite an.

Parameter	Loisach-Zufluß	Walchensee-Kraftwerkabfluß	Loisach-Abfluß
pH-Wert	7,3–8,4	7,4–8,7	7,4–8,5
Leitfähigkeit (µ S/cm)	344	245	306
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/l)	3,37	2,66	2,96
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	45,2–79,2	39,4–46,3	–
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	8,3–18,1	9,5–10,3	–
K <sup>+</sup> (mg/l)	1,7	1,5	1,8 (Einzelmessung)
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	3,5	1,2	2,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	36,2	16,2	29,0
Ges.-P (µg/l)	156	26	65
mineralisch N (µg/l)	650	260	380
Si <sub>gel</sub> (µg/l)	600	150	200
Fe (µg/l)	170	70	75

Der See ist dem eutrophen Typus zuzurechnen. Die Tatsache, daß im Sommer und Herbst im Tiefenwasser etwa unterhalb von 50 m eine starke Sauerstoffverarmung auftritt, wurde bereits in den 50er Jahren beobachtet und zeigt, daß sich hier ein stagnierender Wasserkörper befindet, der von den Austauschvorgängen in dieser Zeit nicht erfaßt wird.

Die Belastung des Kochelsees betrug in den Jahren 1979–82 im Mittel

Ges.-P	123 t/a
min. N	1218 t/a
gel. Si	986 t/a

Die spezifische Phosphorbelastung erreicht Werte von 20,7 g/m<sup>2</sup> · a (Ges.-P). Der hohen P-Belastung nach müßte der Kochelsee dem polytrophen Typus zugeordnet

werden. Aufgrund des hohen Wasserdurchsatzes bildet sich jedoch eine Phytoplankton-Gesellschaft aus, die für schwach eutrophe Zustände charakteristisch ist. Diese Aussage wird ebenfalls durch die geringen Chlorophyll-Gehalte belegt, die im Mittel zwischen 4 und 5 µg/l liegen. Mit 114 µg/l Chlorophyll a ist selbst das Maximum vom Juni 1981 noch vergleichsweise niedrig.

Die Sichttiefe beträgt im Minimum weniger als 1 m und maximal rd. 8,5 m. Sie wird im wesentlichen durch das Phytoplankton bestimmt, wobei nach der frühsommerlichen Algentrübung im Kochelsee ein typisches durch Filtrierwirkung des Zooplanktons hervorgerufenes Klarwasserstadium auftritt, das sonst nur für Seen mit geringerer Trophie kennzeichnend ist. Hochwässer können durch Trübungseinschwemmungen diese Verhältnisse überlagern.

#### Flora und Fauna

Auch das Phytoplankton ist für einen See mit derart hoher spezifischer Nährstoffbelastung eigentlich untypisch. Es dominieren centrische Kieselalgen aus den Gattungen *Cyclotella* und *Stephanodiscus* sowie pennate Formen, wie *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis*. *Asterionella* wuchs im Kochelsee sogar noch unter ausgesprochen phosphatarmer Bedingungen. Die Frühjahrshochwässer führen nahezu regelmäßig zu einer fast totalen Auswaschung der Phytoplankton-Biomasse. Danach entfalten sich Kiesel-, Grün- und bestimmte Gelb- Algen; deren Zuwachs insgesamt stark durch filtrierendes Zooplankton kontrolliert wird.

Der Hauptfisch ist im Kochelsee die Renke. Insgesamt kann die Fischfauna mit Karpfen, Schleien, Brachsen, Hecht, Aalen und Forellen als reich angesehen werden.

Zur Vogelwelt, insbesondere des Moores, gehören Bekassine, Brachvogel, Gänsesäger und Weihe.

#### Sedimente

Die Sedimente des Kochelsees sind ausgesprochen arm an organischem Kohlenstoff. Gehalte von über 2% org. Kohlenstoff an der Trockensubstanz wurden so gut wie nicht gefunden. Dafür enthalten die Ablagerungen vergleichsweise viel Dolomit: Über 50% der Proben haben einen Dolomitgehalt von mindestens 30%; über 60% der Proben unterschreiten dagegen einen Calcitgehalt von 20%. Der Quarzgehalt ist minimal, er liegt bei allen Proben unter 10%. Die Korngrößenanalyse charakterisiert die Oberflächensedimente als siltig.

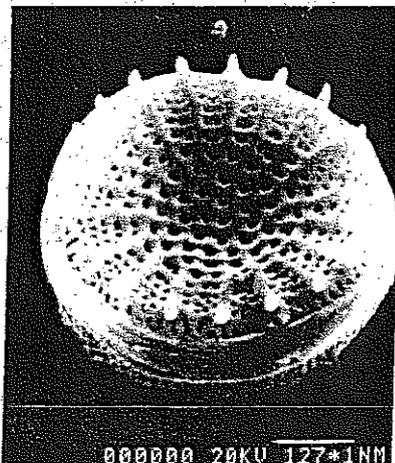
#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Fischbestand des Kochelsees wird primär durch die Berufsfischerei und sekundär durch Angelfischerei genutzt. Die Renke überwiegt an Bedeutung die Weißfische, Brachsen mitgerechnet, und den Hecht.

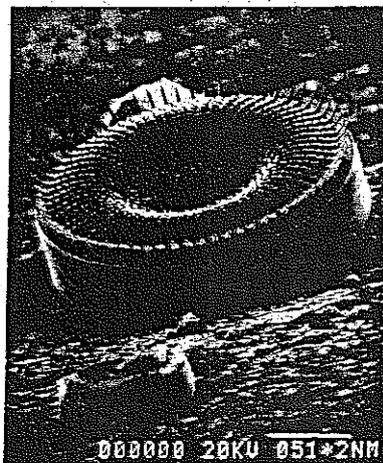
An vielen Stellen sind die natürlichen Ufer durch geringe Zugänglichkeit geschützt. Namentlich der Verlandungsgürtel im Norden des Sees besitzt wertvolle Röhrichtbestände, die vor allem als Fischlaichzone notwendig sind.

Der Kochelsee dient sowohl der Naherholung als auch dem Fremdenverkehr. Entsprechende Anlagen wurden in Form von Badestränden, Campingplätzen, Hallenbädern u. ä. geschaffen.

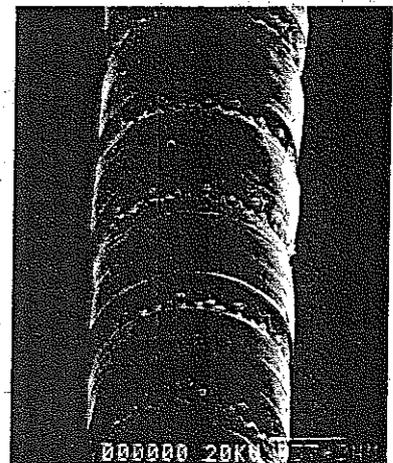
Zur Verbesserung der Wasserqualität werden Kläranlagen mit chemischer Fällung im oberen Loisach-Gebiet errichtet. Die Abwässer aus Kochei selbst werden seit Jahren in einer Kläranlage am Seeauslauf gereinigt.



*St. parvus*



*St. astraea*



*St. binderanus var. oestruppi*

Rasterelektronen-Mikrofotos von ausgewählten *Stephanodiscus*-Arten aus dem Kochelsee

Die Größenangaben auf den Mikrofotos lesen sich folgendermaßen: der Strich in der unteren rechten Ecke bei *St. parvus* ist  $127 \times 10^1$  nm groß, das sind 1,27 µm.

# Königssee

Lage: R 45 74 30, H 52 72 85

Topographische Karte: L 8542 Königssee

Entstehung/Seetyp: wahrscheinlich glazial  
überformter Grabenbruchsee

Mischungsverhältnis: dimiktisch, jedoch selten  
voldurchmischend (ca. 1mal in 6 Jahren)

Höhe: 603,3 m ü NN, Oberfläche: 5,22 km<sup>2</sup>

Volumen: 511,8 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Tiefe max.: 190,0 m, mittl.: 98,08 m

Einzugsgebiet: 136,48 km<sup>2</sup>

Umgebungsfaktor: 25,16

Erneuerungszeit: 2,35 Jahre

Ufer: Länge 19,96 km, Entwicklung 2,46

## Einzugsgebiet

Der Königssee liegt im südöstlichen Winkel Bayerns, eingesenkt in die Hochgebirgsszenerie der Berchtsgadener Alpen. Allseits ist er von über 1 500 m hohen Kalkklötzen umschlossen, im Westen von der Watzmanngruppe, dem Steinernen Meer im Süden und dem Hagengebirge im Osten. Im Einzugsgebiet dominieren Dachsteinkalk (über 90 %) und Dolomit (knapp 10 %). Die hochalpine Umwallung mit steilen, oft annähernd senkrecht bis zum Seegrund abfallenden Felswänden hat keine Uferstraße zugelassen. Der Königssee blieb infolgedessen vor Besiedlung bewahrt, die ohnehin nur auf den Bachschüttkegeln des Eisbaches im Westen (St. Bartholomä) oder am flachen Südufer beschränkt möglich wäre. Das Einzugsgebiet des Königssee ist zu 63,6 % mit natürlichen Pflanzengesellschaften, zu 28 % mit Wald und zu 8,4 % mit Wirtschaftswiesen (Almen) bedeckt.

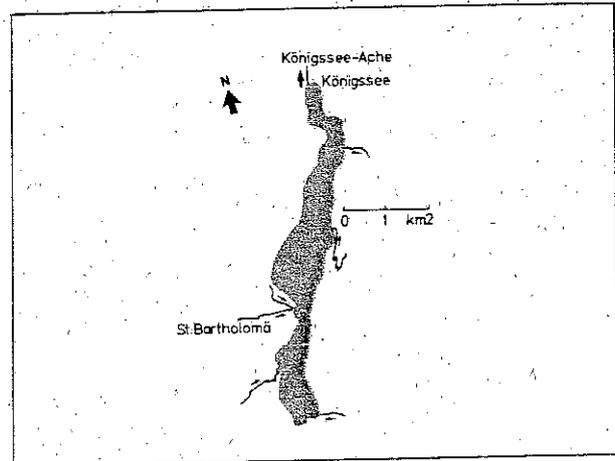
Röhrichte spielen im Königssee aufgrund seines fjordartigen Charakters mengenmäßig keine Rolle.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Der Königssee wurde von 1978 an mehrjährig durch das Zoologische Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München untersucht.

Mit rund 1,5 mmol/l Hydrogencarbonat während der Vollzirkulation gehört der Königssee zu den mäßig kalkreichen Klarwasserseen. Dies verwundert auf den ersten Blick, da Carbonate das umgebende Gestein bilden. Das Wasser, das die Gesteine auslaugt, wird sicherlich nicht sehr viel freies Kohlenstoffdioxid enthalten (geringe Mächtigkeit des Bodenumus), so daß nur wenig Carbonate gelöst werden können. Während der sommerlichen Produktionsphasen im Wasser verarmt das Hydrogencarbonat auf rund 1 mmol/l. Diesem Wechsel entsprechend steigt der pH-Wert bis auf 8,5, während er im Winter niedriger bleibt und im wesentlichen um 7,5 pendelt.

Der Königssee ist ein oligotropher See mit (sehr) niedrigem Nährstoffgehalt. Nitrat-Stickstoff liegt zwischen 300 und 600 µg/l, der Gesamt-Phosphor-Gehalt zwischen 1 und 6 µg/l. Nur während dichter Kieselalgen-Entwicklungen wurden höhere Werte gefunden, wobei der größte



Teil in den Algenzellen vorlag. Eine weitere Ausnahme von dem niedrigen Phosphat-Niveau machte der Bereich St. Bartholomä, wo häufiger allein die ohne Hydrolyse nachweisbare Phosphat-Fraktion bis 7 µg/l ausmachte. Die Tatsache, daß Ammonium und Nitrit unter der Nachweisgrenze lagen, kann als Beleg dafür gelten, daß der Stoffwechsel im Königssee allgemein gering ist. Die Kieselsäurekonzentrationen liegen bei max. 5 mg/l SiO<sub>2</sub>.

Die stärkste Belastung stammte aus den Einträgen durch Niederschläge und aus dem touristischen Anziehungspunkt St. Bartholomä. Die letztgenannte Nährstoffquelle wurde inzwischen weitgehend saniert.

Der Königssee ist in seinem Wasser bis zum Grund mit Sauerstoff versorgt (6–7 mg/l). Die Chlorophyll-Gehalte bewegen sich bei 1,6 µg/l, der Maximalwert betrug 3 und der Minimalwert 0,3 µg/l. Nur beim Massenaufreten der Alge *Uroglena americana* im Juni 1979 wurden 5 µg/l erreicht. Diese geringen Chlorophyll-Werte reflektieren, ebenso wie die Sichttiefen (min. 6 m; max. 18 m), oligotrophe Verhältnisse.

## Flora und Fauna

Im Phytoplankton dominieren nach Artenzahl die Goldalgen (Chrysophyceen): 17 von 49 in der Studie von 1982 identifizierten Arten gehörten in diese Klasse. Biomassenmäßig bestimmten aber oligotrophie-anzeigende zentrische Kieselalgen, wie *Cyclotella comta* v. *bojanica*, das Bild über lange Zeiten im Jahr. Vegetationsfärbungen traten durch *Uroglena americana* auf, die maximal 15 × 10<sup>6</sup> Zellen im Liter ausbildete.

Vom Zooplankton her ist der Königssee als „*Cyclops abyssorum*-See“ anzusehen; denn es ist allein diese Hüpfertier-Art, die im Crustaceen-(Krebstier-)plankton das ganze Jahr über die beherrschende Rolle spielt. Neben dem erwähnten *Cyclops* kamen nur vier weitere Kleinkrebstiere vor. Auch das Rädertierplankton, das allerdings nur qualitativ erfaßt wurde, ist mit 18 Arten relativ arm. Interessant ist das Vorkommen von kälteliebenden, oligotrophie-anzeigenden Arten.

Im Uferbereich des Königssees kamen zehn submerse Makrophyten vor, unter denen die Armleuchteralgen mit *Chara strigosa* und *C. aspera* und die Hahnenfußart *Ranunculus trichophyllus* vorherrschten. *Chara strigosa* ist typisch für kalte, klare, nicht durch Phytoplankton getrübbte Gewässer.

In tieferen Bereichen des Seebodens dominieren unter den größeren wirbellosen Tieren die Wenigborster-Würmer (Oligochaeten, bis 800 Tiere/m<sup>2</sup>) und die Zuckmückenlarven (Chironomiden, bis 300/m<sup>2</sup>). Unter Einbeziehung früherer Sammelergebnisse wurden bislang 30 Chironomidenarten im Königssee nachgewiesen; über deren quantitative Zusammensetzungen allerdings keine Angaben vorliegen.

Der Königssee ist ein Salmoniden-Gewässer mit sechs Arten, unter denen Seesaibling (*Salvelinus alpinus salvelinus*) und eine Renke (*Coregonus cf. macrophthalmus*) vorherrschen. Unter den übrigen Fischen spielt der

häufig vorkommende Hecht als größter Raubfisch und als Endwirt des Fischbandwurms eine Rolle.

#### Sedimente

Die mineralischen Sedimente werden von der Siltfraktion geprägt. Der organische Kohlenstoffgehalt liegt im wesentlichen zwischen 2 und 2,5%. Unter den Mineralien überwiegen die Carbonate Calcit und Dolomit über den Quarz.

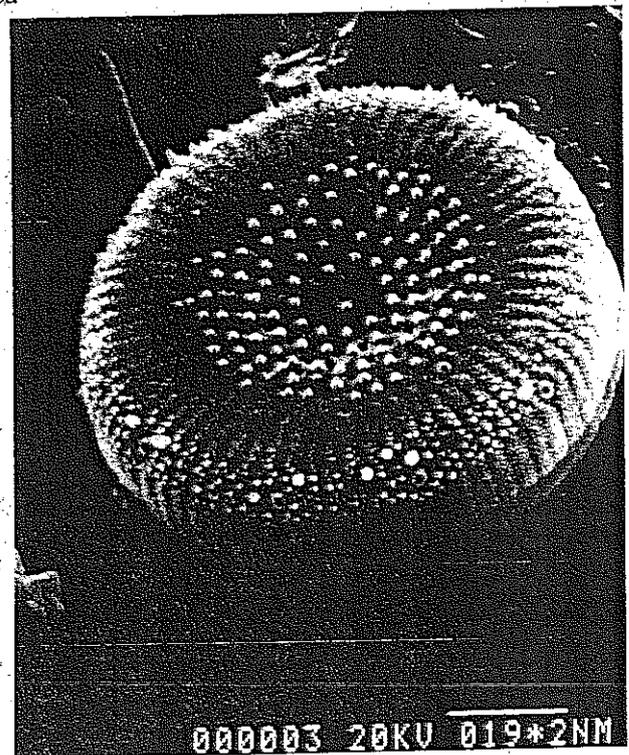
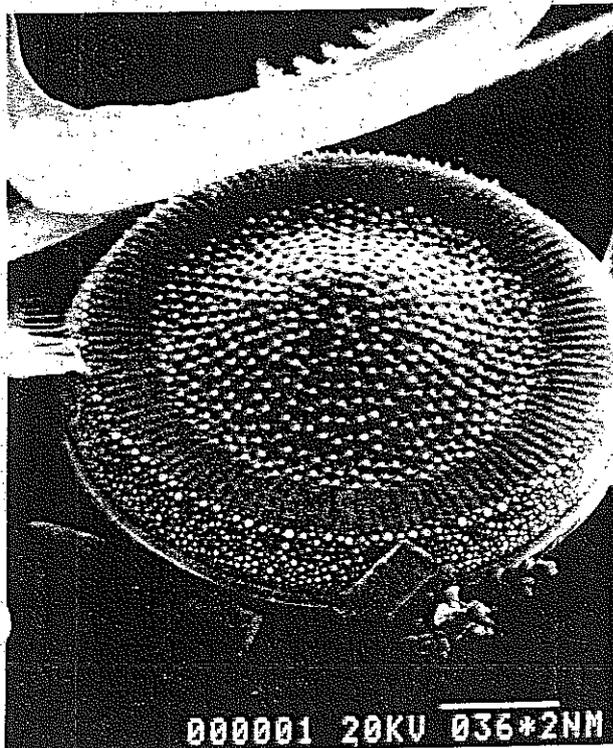
#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Die geringfügige Abwasserbelastung durch St. Bartholomä wurde weitgehend saniert.

Seit dem 1. August 1978 ist der Königssee das Zentrum des Nationalparks Berchtesgaden. Der unmittelbare Zweck der Nationalpark-Verordnung ist, „die gesamte Natur zu schützen“. Der Nationalpark dient auch Erholung und Bildungszwecken.

Am Königssee sind keinerlei private Boote zugelassen.

Rasterelektronen-Mikrofoto von *Cyclotella comta* var. *bodanica*



# Schliersee

Lage: R 44 89 20, H 52 88 27  
Topographische Karte: L 8336 Miesbach  
Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Schlierseegletschers  
Mischungsverhalten: potentiell meromiktisch  
Höhe: 776,79 m ü NN, Oberfläche: 2,22 km<sup>2</sup>  
Volumen: 53,1 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 40,5 m, mittl.: 23,93 m  
Einzugsgebiet: 27,15 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 11,23  
Erneuerungszeit: 1,89 Jahre  
Ufer: Länge 7,44 km, Entwicklung 1,41

## Einzugsgebiet

Ebenso wie das Tegernseer Tal ist das des Schliersees in den Alpenrand eingesenkt. Am Schliersee steigen die Flyschberge (Rohnberg und Brunstkogel) des West- und Ostufers nicht über 1 300 m hoch. Mehrere Endmoränenwälle des Schlierseegletschers riegeln das Nordende des Sees ab. Am Süden ragen die Schlierseer Berge mit Rotwand und Hochmiesing bis knapp 1 900 m auf. Im Süden prägt Fischhausen mit seiner Kirche und den wenigen Häusern das Landschaftsbild. Der nach Norden offene Talraum wird am Ufer vom Markt Schliersee beherrscht, der sich entlang der Hauptstraße nach Süden ausdehnt. Charakteristisch für den Schliersee sind seine bewaldete Insel Wörth und die am nördlichen Ende aufragende Halbinsel Freudenberg.

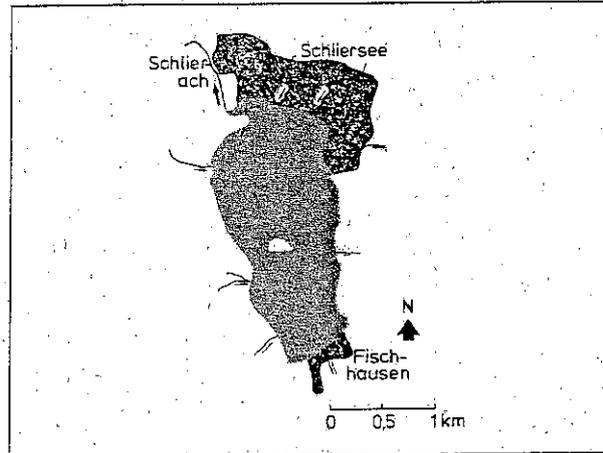
## Ufer

Im Bereich der Ortschaft sind die Ufer mit Promenade, Badestellen und Bootsanleger sowie Bootshäusern und -häfen bebaut. Ansonsten sind die Seeufer wenig bebaut. In die abwechslungsreichen Strecken mit Wiesen, Gehölzgruppen und Hangwäldern sind am Ostufer eine Straße und am Westufer eine Bundesbahnlinie eingefügt.

Die Uferzonen des Schliersees sind weitgehend frei von Wasserpflanzen und Verlandungsgesellschaften. So wächst Röhricht nur in den bodenreicheren Buchten am nordwestlichen und östlichen Seerand. An den übrigen Ufern schließen sich Wege und Wiesen an. Steilere Böschungen sind mit Strauch- und Baumarten der Hangmischwälder bestockt.

## Wasserchemismus, Trophie und Plankton

Mit rund 3 mmol/l Hydrogencarbonat reiht sich der Schliersee in die Serie der kalkreichen Seen ein. Produktionsbedingt wird der Hydrogencarbonatgehalt bis auf etwa 2,6 mmol/l vermindert. Die entsprechenden pH-Werte sind 7,50 (über Grund während der Schichtung) und 8,6 während Algenentwicklungen an der Oberfläche. Die Leitfähigkeit liegt während der Zirkulationsphase um 310 µ S/cm und wird auf 270 µ S/cm durch Algenproduktion zeitweilig gesenkt. Während in den 50er und 60er Jahren gegen Ende der Sommerstagnation regelmäßig Schwefelwasserstoff im Hypolimnion auftrat, wird gegenwärtig zwar Sauerstoffschwund, aber keine Schwefelwas-



serstoff-Entwicklung festgestellt. Die Phosphor-Konzentrationen (Ges.-P) hatten 1969 mit über 30 µg/l ihr Maximum. In den letzten Jahren liegen sie deutlich unter 20 µg/l. Z. B. betrug der P-Gehalt der 0-10 m-Zone im Jahr 1983 17 µg/l Ges.-P. Der Schliersee wurde 1930 als oligotropher Corgonen-See bezeichnet. Allerdings fiel bereits um die Jahrhundertwende eine gewisse Trübheit des Wassers auf, die als Kalktrübe gedeutet wurde. Die Untersuchung auf Bodentiere, die um 1930 ausgeführt wurde, zeigte, daß der Schliersee ein ausgesprochener *Sergentia*-See war, also nach den Zuckmückenlarven der Tiefenbereiche zum mesotrophen Typus gehörte. Tubifizen (Schlammröhrenwürmer) besiedelten mit im Mittel 8 500 Individuen/m<sup>2</sup> das Sublitoral. Massenhaft wurden auch Erbsenmuschel- (*Pisidium*)-Schalen gefunden, aber bezeichnenderweise keine lebenden Tiere. Algenkundler ordneten den See dem oligotrophen Typus zu. Die damals gefundenen Phytoplanktonarten könnten aber ebensogut den mesotrophen Zustand charakterisieren. Klarheit ließe sich nur über genaue Mengenangaben gewinnen, die jedoch früher fehlten. 1954 sprachen Limnologen bereits von einem durch Abwassereinflüsse kranken See. Die Untersuchungen durch die damalige Bayer. Biologische Versuchsanstalt bestätigten den eutrophen Charakter: Im Phytoplankton herrschen fädige Blaualgen vor, wie *Lyngbya limnetica* und *Oscillatoria redekei*, und im Zooplankton wichen die Wasserflöhe (Cladoceren) zugunsten von Rädertieren (Rotaria), ein Zeichen für Eutrophierung. Das Vorherrschen der fädigen Blaualgen ist bis heute geblieben. Im Epilimnion kommt regelmäßig *Oscillatoria redekei* und im Metalimnion die Burgunderblutalge *Oscillatoria rubescens* vor.

Ähnlich wie im Tegernsee zeigt die chemische Analyse eines Sedimentkerns, daß die Anreicherung mit Pflanzennährstoffen ungefähr mit der Jahrhundertwende einsetzte.

Die Flächenbelastung mit Gesamt-P wurde für 1973/74 mit 0,51 bis 0,59 g/m<sup>2</sup> a P ermittelt, das sind 10,4 bis 11,5 t/a P für den gesamten See. Nach international

bewährten Modellen wären noch  $0,4 \text{ g/m}^2 \text{ P}$  tolerierbar, das heißt, daß die Belastung des Schliersee mit Phosphaten nicht übermäßig hoch ist und der See eine bessere als die gegenwärtige Trophie-Stufe aufweisen müßte.

Die Stickstoffbelastung aus dem Umland belief sich auf 1,38 bis 15,5 t/a (min. N).

Obwohl die Trophieverhältnisse in den vergangenen Jahrzehnten stark schwankten, zeigten die Sichttiefen im Schliersee eine auffallende Konstanz. So lagen die Sichttiefen um 1900 zwischen 2,5 und nur max. 4,0 m. Ähnliche Werte wurden auch gut 80 Jahre später ermittelt: So lag das Mittel der Sichttiefe im Südbecken 1983 bei 2,37 m, das Maximum betrug 5 und das Minimum 1,1 m. Die Chlorophyll-Gehalte von 1983 verdeutlichen den trotz des geringen P-Gehaltes noch eutrophen Charakter des Sees: Das Mittel belief sich auf  $20,7 \mu\text{g/l}$ , das Maximum betrug am 6. 7. 1983 in 10 m Tiefe  $48 \mu\text{g/l}$ . Hier befand sich eine dichte *Oscillatoria rubescens*-Population.

#### Sediment

In den Oberflächensedimenten des Schliersees herrscht der siltige Anteil vor. Sie weisen aber ebenfalls einen relativ hohen Sandanteil auf. Der Carbonatanteil

unter den Mineralien liegt in über 75% der untersuchten Proben über 40%, wobei der Calcitgehalt eindeutig überwiegt (bei über 50% der Proben überschreitet er 40%, der Dolomit liegt dagegen bei 80% der Proben unter 10%. Der Quarzgehalt steigt bei 70% der Proben nicht über 20%.

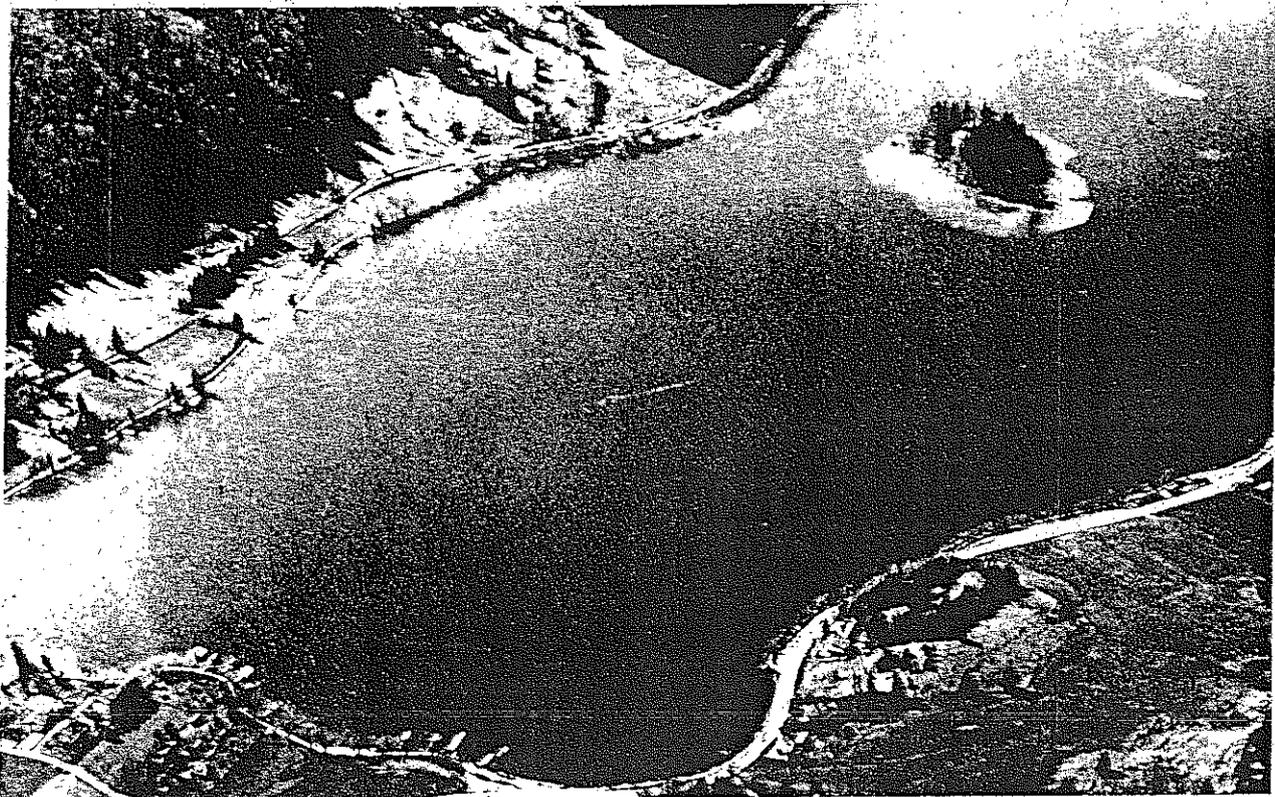
#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Durch die dargestellte Eutrophierung wurde auch der Fischbestand stark in Mitleidenschaft gezogen. Eine Bestandsaufnahme anfangs der 60er Jahre erbrachte beispielsweise, daß der Fischertrag eindeutig zurückgegangen war. Die Renken waren stark parasitiert und der Saiblingsfang war 1951 endgültig zu Ende gegangen. Gegenwärtig spielen im Fischbestand des Schliersees, der primär angelfischereilich und sekundär durch Berufsfischer genutzt wird, wieder die Renken die wichtigste Rolle, gefolgt von Karpfen und Hecht. Über die Erträge liegen keine Angaben vor.

Ähnlich wie der Tegernsee gehört auch das Schlierseeetal schon seit langem zu einem touristischen Schwerpunkt. Anders als am Tegernsee führte der Fremdenverkehr jedoch nicht zu vergleichbaren Verstädterungen am

Schliersee mit Belüftung (Strich auf der Wasseroberfläche) im Südbecken

Freigegeben durch: Regierung von Oberbayern Nr. GS-300/36/85



Schliersee, sondern die Erholungssuchenden konzentrieren sich im Markt Schliersee und zum geringen Maße auf die südlich gelegenen Orte Neuhaus und Fischhausen. Das übrige Landschaftsbild ist das einer naturnahen voralpinen Kulturlandschaft.

Dem Fremdenverkehr stehen im Seebereich zahlreiche Übernachtungsmöglichkeiten und ein Campingplatz zur Verfügung. Außerdem besteht an mehreren Freibadeplätzen und verschiedenen Uferstrecken die Möglichkeit zum Baden. Die Wasserfläche wird zum Bootfahren (Tret-, Elektroboote), Segeln und Surfen genutzt. Um den See führt ein gern benutzter Wanderweg.

Die Eutrophierung des Schliersee wurde durch die oben skizzierten Untersuchungen frühzeitig belegt. Die Sanierungsmaßnahmen in Form der Ringkanalisation wurden etwa zeitparallel zu denen am Tegernsee ausgeführt. Die Sammler-Westspange um den See zum Anschluß der Orte am Südufer wurde jedoch erst Ende der 70er Jahre fertiggestellt. Die Restbelastung aus den Südufer-Gemeinden wurde lange Zeit als Ursache für das langsame Bessern des Schliersees angesehen. Die erwähnte Belastungsstudie und bislang nicht veröffentlichte Untersuchungen des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft ergaben aber, daß als Hauptursache für den Zustand des Sees sein Mischungsverhalten anzusehen ist. Denn die Belastung mit Phosphaten liegt – wie erwähnt – nicht

sehr viel über dem „zulässigen“ Grenzwert, wenn man eine mittlere Phosphat-Konzentration von um  $20 \mu\text{g/l}$  Ges.-P als zulässig ansieht. Tatsächlich bewegt sich die Phosphat-Konzentration des Schliersee auch in dieser Größenordnung. Als eigentliche Ursache für das negative Erscheinungsbild des Sees wird seine windgeschützte Lage zwischen den Flyschbergen und das dadurch bedingte häufige Ausbleiben von Voldurchmischungen angesehen. Dadurch kommt es im Hypolimnion regelmäßig zu Anreicherungen von Substanzen aus dem Abbau organischer Materie, wie Ammonium, oder von sekundär aus dem Sediment rückgelösten reduzierten Eisen- und Mangan-Verbindungen.

Ende 1982 wurde am Schliersee eine Druckluftanlage zur Einleitung der Vollzirkulationen für beide Seebecken in Betrieb genommen. Die reduzierten chemischen Substanzen im Hypolimnion konnten durch den Betrieb der Anlage bereits vermindert werden. Mit jeder Belüftung wird die metalimnische Population von *Oscillatoria rubescens* an die Seeoberfläche verfrachtet, wo sie durch das Licht abstirbt und als schmutzigrot bis purpurner Film auf der Oberfläche umhertreibt. Dies ist ein eindeutiges Zeichen dafür, daß der Schliersee therapierungsbedürftig war und ist. Die Sauerstoffverhältnisse verbesserten sich allerdings schlagartig, so daß bereits wieder Seeforellen eingesetzt werden konnten.

# Simssee

Lage: R 45 16 09, H 53 01 76  
Topographische Karte: L 8138 Rosenheim  
Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 470,1 m ü NN, Oberfläche: 6,49 km<sup>2</sup>  
Volumen: 87,0 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 22,5 m, mittl.: 13,41 m  
Einzugsgebiet: 59,5 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 8,17  
Erneuerungszeit: 1,43 Jahre  
Ufer: Länge 14,03 km, Entwicklung 1,55

## Einzugsgebiet

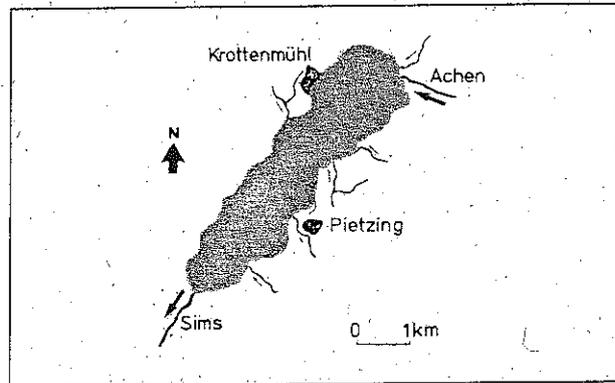
Der Simssee füllt heute nur noch teilweise eine breite Furche, die als Ausläufer des ehemaligen Rosenheimer Seebeckens betrachtet werden kann. Der See liegt heute östlich von Rosenheim eingebettet in eine hügelige Moränenlandschaft. Alle Uferhänge und verlandeten Bereiche waren für eine dichte Besiedlung wenig geeignet, so daß trotz Bahnlinie und Straße keine Ortschaften am See entstanden. Die steileren Nordwesthänge des Seeufers sind geschlossen bewaldet, sie flachen sich im südlichen Teil ab und werden hier landwirtschaftlich genutzt. Der gegenüberliegende Südosthang ist größtenteils durch Wochenendhäuser verbaut, jedoch bestimmen auch hier die Reste früherer Wälder das Landschaftsbild weitgehend.

## Ufer

Das Ufer gestaltet sich in weiten Bereichen naturnah. In den Buchten bildeten sich durch Einschwemmungen und Anlandungen Flachwasserzonen, in denen vorwiegend Schilf wächst. Sehr auffallend sind die großen Röhrichtbestände an den Schmalseiten des Sees, die am Südostende in ausgedehnte Verlandungszonen und in ein Hochmoor übergehen. Die Gegensätze von bewaldeten Hängen und ausgedehnten Röhricht und Verlandungszonen verstärken den Eindruck einer vom Menschen wenig beeinflussten kleinräumigen Seenlandschaft. Jedoch hat die Eutrophierung bei eingehendem Betrachten auch in der Röhrichtzone ihre Spuren hinterlassen: Die Bestände sind schütterer geworden und unterliegen zudem stellenweise einer starken mechanischen Beanspruchung durch Wassersportler.

## Wasserchemismus, Trophiegrad und Phytoplankton

Der Simssee würde nur in lockerer Folge untersucht. Es zeichnet sich das Bild eines kalkreichen (um 3,7 mmol/l Hydrogencarbonat), stark eutrophen Sees ab. In den 70er Jahren lag der Gesamt-Phosphor-Gehalt während der Zirkulationsphasen über 50 µg/l, der des mineralischen Stickstoffs bei 600 µg/l N, wobei der sehr hohe Anteil des Ammoniums auffiel. Während der Sommerstagnation kam es regelmäßig zu Sauerstofffreiheit und Schwefelwasserstoff-Bildung im Tiefenwasser. Der pH-Wert erreichte während dieser Phasen an der Oberfläche oft 8,7, während er im Sediment-Wasser-Kontaktbereich auf 7,2 sank.



Das sommerliche Phytoplankton wurde seinerzeit durch eindeutig eutrophie-anzeigende Algen dominiert, vornehmlich durch kugelige Blaualgen (*Microcystis spec.*) und Feualgen (*Ceratium hirundinella*). Im Winter bestimmten Kieselalgen (*Tabellaria*, *Synedra* und *Fragilaria*) das Bild.

Blaualgen, wie fädige aus der Gattung *Aphanizomenon*, prägen auch heute noch den Planktonaspekt, auch wenn der Phosphorgehalt inzwischen während der Durchmischungszeiten deutlich abgenommen hat.

## Sediment

Die Korngrößenanalyse des Simssee-Sediments, das seinem Charakter nach mineralisch ist, zeigt, daß die wichtigste Fraktion Silt ist; der sandige Anteil ist gering, Ton überhaupt nicht vertreten. In rd. 85% der Oberflächenproben ist ein Carbonat-Gehalt von über 40% vorhanden, wobei eindeutig der Calcit vorherrscht, denn der Dolomitgehalt überschreitet bei allen Proben 10% nicht.

## Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Am Simssee stellt die Berufsfischerei die wichtigere Bewirtschaftungsform des Fischbestandes dar. Mit fallender Bedeutung werden am Simssee gefangen: Brachsen, Weißfische, Aale, Renken und Hechte. Der jährliche Ertrag wird auf 3 000 kg geschätzt.

Als Besonderheit im Fischbestand wurden Sonnenbarsche festgestellt.

Am Nordufer des Simssees wurde in den 70er Jahren ein rd. 10 km langer Ableitungskanal z. T. in Stollenbauweise verlegt, mit dem der überwiegende Teil des Abwassers dem See ferngehalten wird.

Für die Rosenheimer und Münchner Bevölkerung ist der Simssee ein beliebtes Erholungsgebiet. Die Besucher möchten hier vor allem baden, wandern, segeln und windsurfen. Entsprechende Anlagen wurden dazu errichtet, mit ausreichenden sanitären Anlagen sowie Parkplätze für die motorisierten Besucher.

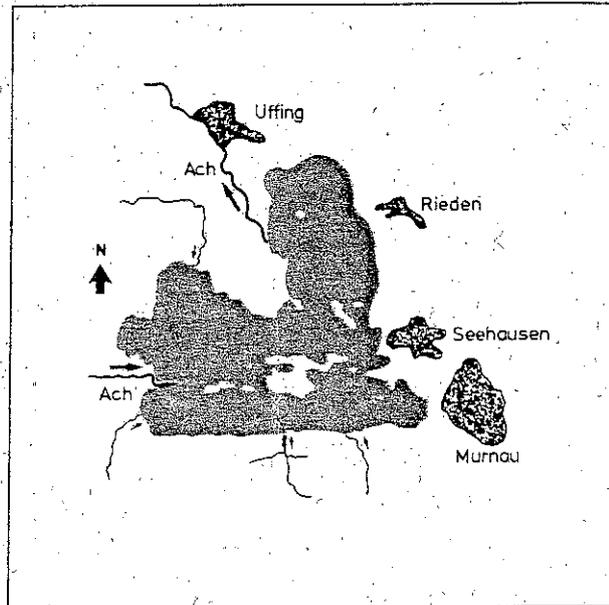
Der Simssee, seine Verlandungszone und ein Teil der umliegenden Moränenlandschaft stehen unter Landschaftsschutz.

# Staffelsee

Lage: R 44 36 99, H 52 85 01  
Topographische Karte: L 8332 Murnau  
Entstehung/Seetyp: glazial erosiv (tektonisch vorgezeichnet)  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 648,59 m ü NN, Oberfläche: 7,66 km<sup>2</sup>  
Volumen: 74,88 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 39,4 m, mittl.: 9,78 m  
Einzugsgebiet: 80,66 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 9,5  
Erneuerungszeit: 1,28 Jahre  
Ufer: Länge 19,31 km, Entwicklung 1,97

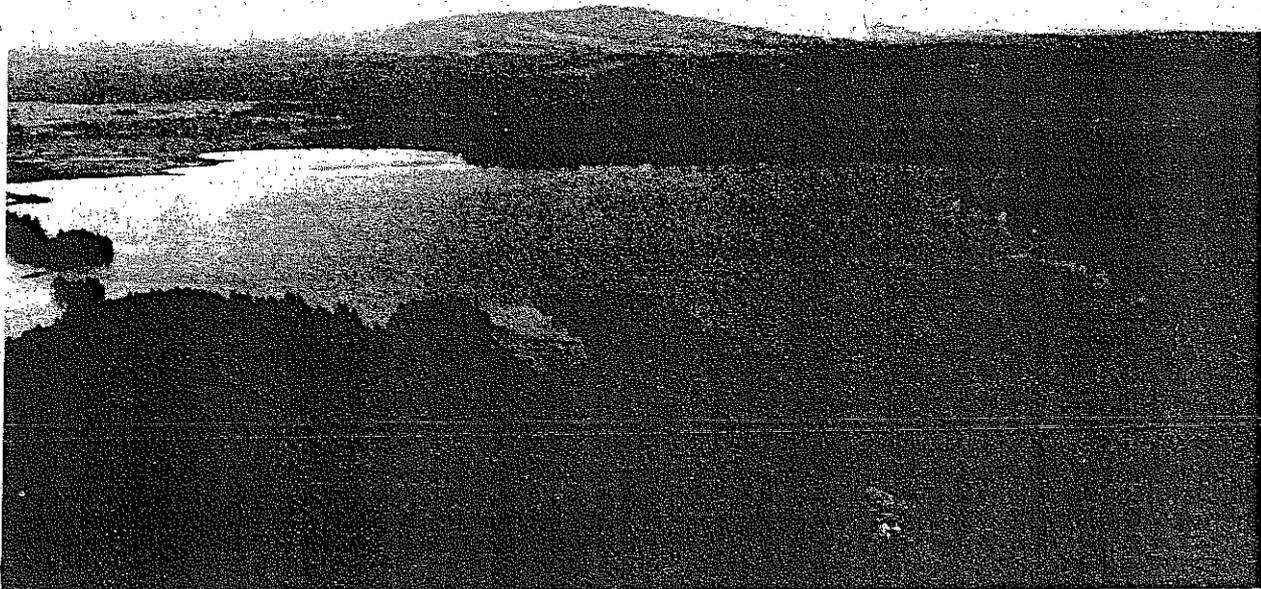
## Einzugsgebiet

Geografen haben das Land um den Staffelsee treffend eine „Schichtruppenlandschaft“ genannt: Wie Rippen sind in Alpenlängsrichtung die härteren Gesteine der Murnauer Molassemulde erosiv aus den weicheren Schichten skulptiert worden, besonders auffallend die Muldenflügel, die gradlinig den Staffelsee im Süden einrahmen. Wie die Muldenflügel sind auch die sieben Inseln und zwei Halbinseln Molassehärtlinge.



## Staffelsee

Freigegeben durch: Regierung von Oberbayern Nr. GS 300/36/85



Obwohl die Umgebung des Sees schon früh besiedelt wurde, ist die Bebauung von Murnau, Seehausen und Uffing nur an wenigen Stellen bis zum See vorgedrungen. Da die Bebauung am See weniger in Erscheinung tritt, überwiegt das Bild einer freien Landschaft mit Hang- und Moorwäldern, freien Moorflächen, landwirtschaftlich genutzten Wiesen- und Weideflächen sowie dem See und seinen Inseln.

#### Ufer

Große Teile des Seeufers sind durch angrenzende Moore geprägt, so das Südwestufer durch das Oberbacher Moos und das Tannenbach-Filz mit wertvollen Pflanzen verschiedener Moorentwicklungsstadien. Die beiden westlichen Inseln (Große und Kleine Birke) sowie Teile am Nordufer weisen ausgedehnte Verlandungsgesellschaften auf.

#### Wasserchemismus, Trophie und Phytoplankton

Erwartungsgemäß gehört auch der Staffelsee zu dem kalkreichen Typus (um 3,4 mmol/l Hydrogencarbonat). Der Gehalt aller Phosphorverbindungen liegt um 20 µg/l P, der aller mineralischen Stickstoffverbindungen über 500 µg/l N. Auffallend hoch ist mit über 3,5 mg/l SiO<sub>2</sub> die Konzentration der gelösten Kieselsäure, die ein ausgiebiges Kieselalgenwachstum unterstützt. Der Sauerstoffhaushalt verarmt zwar noch deutlich in der Tiefenzone, ist jedoch fast immer noch in geringen Mengen nachweisbar, so daß Schwefelwasserstoff-Gärung noch nicht einsetzt.

Das sporadisch bestimmte Phytoplankton bestand häufig aus Kieselalgen, die zum mesotrophen Aspekt gehören (*Fragilaria*, *Tabellaria*, *Asterionella* in hohen Dich-

ten, sowie die schwer bestimmbareren Gattungen *Stephanodiscus* und *Cyclotella*). Im Winter treten häufig kältetolerante Cryptomonaden-Arten auf. Der Sommeraspekt wird von einer Vielzahl von Arten geprägt. Auffallend war in den Untersuchungen stets das nahezu vollständige Fehlen von Blaualgen.

Die chemischen und planktologischen Befunde klassifizieren den See als mesotroph.

#### Bedeutung, Nutzung und Maßnahmen

Für die Fischerei, die von der Berufsfischerei dominiert wird, sind, der wirtschaftlichen Wichtigkeit nach geordnet, die Rénke, die Weißfische (Rotauge, Güster, Rotfeder, Hasel und Aitel) und der Zander die bedeutendsten Arten.

Wegen seines angenehmen Klimas und guten Zugänglichkeit, seiner landschaftlich reizvollen Lage und abwechslungsreichen Gestalt darf der Staffelsee als einer der bevorzugtesten Bade- und Erholungsseen gelten. In diesem Sinne werden auch seine frei zugänglichen Ufer säume und die für Wassersport bestehenden Einrichtungen, z. B. drei große Campingplätze (einer liegt auf einer Insel) sowie drei Gemeindebäder gerne benutzt, während die Feuchtwiesenlandschaft auf der Westseite ungestört bleiben sollte.

Die Seefläche und die Inseln, Teile des Ostufers und weite Moosflächen im Westen stehen unter Landschaftsschutz.

Die im Ost- und Süduferbereich anfallenden Abwässer werden von Abfangkanälen erfaßt und der Kläranlage Murnau (im Loisach-Gebiet) zugeführt.

# Starnberger See

Lage: R 44 52 07, H 53 17 95

Topographische Karte: L 8134 Wolfratshausen

Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Isar-Loisach-Gletschers

Mischungsverhalten: überwiegend monomiktisch (Winter)

Höhe: 584,2 m ü NN, Oberfläche: 56,36 km<sup>2</sup>

Volumen: 2,999 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Tiefe max.: 127,8 m, mittl.: 53,2 m

Einzugsgebiet: 314,7 km<sup>2</sup>

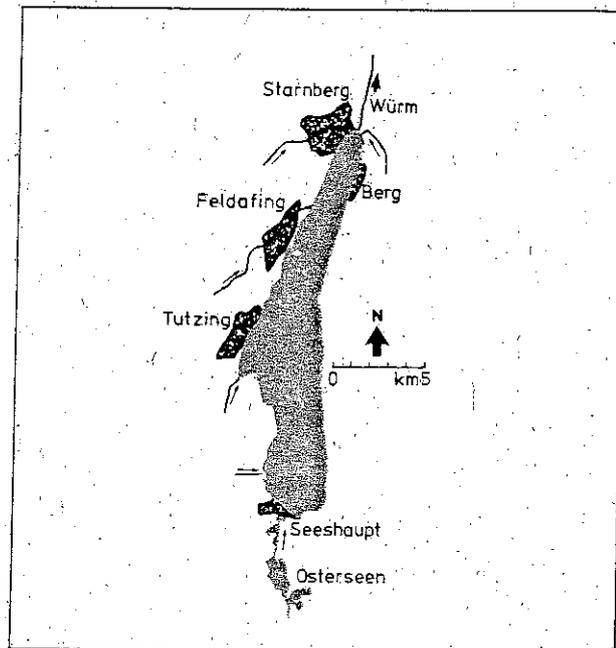
Umgebungsfaktor: 5,85

Erneuerungszeit: 21 Jahre

Ufer: Länge 49,17 km, Entwicklung 1,85

## Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet des Starnberger Sees liegt in hügeliger Jungmoränenlandschaft und besteht zu 39% aus Wald- und Ödflächen, zu 5,4% aus bebauten Flächen. Zu dem Rest sind auch die landwirtschaftlichen Flächen zu rechnen. Der größte Zufluß des Sees, der Steinbach oder die Ostersee-Ach, entwässert die im Süden gelegenen



## Starnberger See: Blick über Bernried

Freigegeben durch: Regierung von Oberbayern Nr. GS 300/36/85



gene Osterseenkette, deren Oberfläche in die erwähnten Flächenangaben nicht miteingerechnet wurde.

Der See sowie große Teile der benachbarten parkartigen Moränenlandschaft stehen unter Naturschutz.

#### Ufer

Das Ufer ist zu knapp der Hälfte der Öffentlichkeit zugänglich. Es ist seinem Charakter nach noch überwiegend natürlich, und zwar sandig und kiesig. Im Bereich von Gemeinden ist es durch Freizeitanlagen und Häfen verbaut.

Über weite Strecken ist das Seeufer von einem mehr oder weniger dichten Röhrichtgürtel umgeben, dessen wichtigste Art das Schilf (*Phragmites australis*) ist. Am Westufer des Sees kommen zusätzlich die Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*) und vereinzelt das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) vor. Als ausgesprochene Seltenheit im Röhricht des Starnberger Sees gilt die Wasserschwertlilie (*Iris pseudacorus*).

Durch anthropogene Belastung hat der Röhrichtgürtel erheblich abgenommen. Ausgedehnte Bestände bestehen noch an den unbesiedelten Ufersäumen der windgeschützten Westküste.

#### Wasserchemismus und Trophiegrad

Der Starnberger See gehört mit rd. 2,7 mmol/l  $\text{HCO}_3^-$  (Hydrogencarbonat) während der Vollzirkulation zu den

kalkreichen Klarwasserseen. Während dieser Phasen liegt der pH-Wert zwischen 8,0 und 8,2, um zu Zeiten hoher Algenproduktionen nahe der Oberfläche 8,8 kurzfristig zu überschreiten. In den Wasserschichten über dem Sediment können durch den Abbau organischer sedimentierender Substanzen pH-Werte um 7,5 auftreten. Als arithmetisches Mittel der Gesamt-Phosphor-Konzentrationen wurden für 1978 27,1  $\mu\text{g/l P}$  und für 1979 25,4  $\mu\text{g/l P}$  errechnet. Die Phosphat-Belastung aus dem Umland (einschließlich Depositionen auf der Seeoberfläche) betrug in den Jahren 1978 und 1979 rd. 430  $\text{mg/m}^2 \text{ Ges.-P}$ . Nach international gebräuchlichen Eutrophierungsmodellen verursacht diese Belastung im See mesotrophe Verhältnisse. Der bis ca. 1950 oligotrophe Starnberger See war in den Untersuchungsjahren 1978 und 1979 tatsächlich dem mesotrophen Typus zuzurechnen. Die mittleren Chlorophyll-a-Konzentrationen betrugen 1978 5,0 und 1979 6,0  $\mu\text{g/l}$ . Das gemessene Chlorophyll-a-Maximum lag bei 21  $\mu\text{g/l}$  (Anfang Juli 1979). Die Sichttiefe im See wird durch die im Wasser gelösten Stoffe und durch das Phytoplankton beeinflusst. Die über beide Jahre gemittelte Sichttiefe liegt bei 8,3 m, das Minimum bei nur 2,3 m und das Maximum bei 14,0.

#### Flora und Fauna

Im Phytoplankton dominieren im Frühjahr stets centrische Diatomeen aus den Gattungen *Stephanodiscus* und *Cyclotella*, sowie die Kammkieselalge *Fragilaria crotonensis*.

*Cyclotella commensis* (ehem. *C. glomerata*)



*Fragilaria crotonensis*, Kolonie und Ausschnitt



sis und die Nadelkieselalge *Synedra acus*. Artenzusammensetzung und Individuenzahlen des Phytoplanktons weisen den Starnberger See ebenfalls als mesotroph aus. Im Sommer treten zeitlich begrenzt Grünalgen (Chlorophyceen) und Blaualgen (Cyanophyceen) in nicht stabilen zeitlichen Mustern auf. Im Jahr 1978 kam es zu einer bisher einmaligen auffälligen Algenentwicklung bei der schnellwüchsige Diatomeen-Kolonien aus der Gattung *Fragilaria* die Fischernetze zusetzten.

Im Zooplankton wurde 1978 für Kleinkrebse (Hüpfertlinge und Wasserflöhe = Copepoden und Cladoceren) eine halbquantitative Bestandsaufnahme durchgeführt. Sie ergab, daß im See noch ausgeprägte Algenfresserpopulationen von *Eudiaptomus*, *Daphnia* und wenigen *Bosmina* vorhanden waren. D. h. der Fraßdruck durch Fische ist noch nicht so hoch, daß die Algenfresser auf ein Minimum reduziert worden wären. Die Algenfresser konnten im Frühsommer jedes Jahres die Algenproduktion vollständig abschöpfen, so daß es im See zu ausgeprägten Klarwasserstadien kam.

Die Unterwasserpflanzen wurden ebenfalls in den Jahren 1978 und 1979 kartiert. Es dominieren noch immer Armleuchteralgen (Characeen). Dennoch hat seit der Jahrhundertwende ein deutlicher Artenwechsel stattgefunden: anstelle der oligotrophie-anzeigenden Arten herrschen nun die gegen erhöhte Nährstoffgehalte, insbesondere Phosphate, weniger empfindlichen Arten vor. Die Makrophyten-Kartierung gibt einen guten Einblick über die Eutrophierungspotentiale der einzelnen Bäche. So herrschen vor den belasteten Zuflüssen zunehmend die eutrophie-anzeigenden Arten, wie das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und der Teichfaden (*Zannichellia palustris*).

Innerhalb des Zoobenthons wird gegenwärtig eine Bestandsaufnahme über Zuckmücken (Chironomiden) der Tiefenbereiche durch die Zoologische Staatssammlung München erarbeitet. Innerhalb dieser Arbeit wurde erstmals auch das Eiszeirelikt *Corynocera* für Südbayern nachgewiesen.

#### Sedimente

Die Sedimente des Starnberger Sees sind überwiegend mineralisch. Der organische Kohlenstoffgehalt überschreitet 4% der Trockensubstanz nicht. Innerhalb der Korngrößen überwiegen tonig-siltige Bestandteile. Carbonathaltige Mineralien, wie Calcit und Dolomit, sind quantitativ bedeutsamer als Quarz, der in 70% der untersuchten Proben zu weniger als 10% vorhanden ist.

#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Starnberger See bietet fischereilich das klassische Beispiel eines Renken-(Coregonen)-Sees. Die

fischereiliche Nutzung – neben der Renke auch Aal, Brachse sowie weitere Weißfische und Hecht – erfolgt überwiegend durch Berufsfischerei. Die Renken-Erträge spiegeln deutlich eine Produktivitätszunahme sowie eine Effizienzsteigerung der Befischung wider:

gemeldete Erträge:	1920	7 537 kg
	1970	68 644 kg
	1980	70 100 kg
	1981	101 600 kg

Für 1983 wurde ein Ertrag von 82 000 kg angegeben, der sich zu 85% aus Renken, 3% Aalen, 3% Brachsen und 2% Weißfischen zusammensetzt.

Ende der 70er Jahre wurde eine vorübergehende Ertrags einbuße verzeichnet, deren Ursachen nicht vollständig geklärt werden konnten. Diese Einbuße wurde durch den Einsatz von schnellwüchsigen Sewan- und Peipusmaränen auszugleichen versucht. Inzwischen bestehen zwei Renken-Brutanstalten am See, die die Renken kalterbrüten, den Schlüpfzeitpunkt der Brut also so lange hinauszögern, bis die Brut im See ausreichend Zooplankton-Nahrung vorfindet. Dieser Zeitpunkt ist während des Klarwasserstadiums gegeben. Zusätzlich wurden zur Schonung des Fischbestandes vornehmlich im Süd- und Westuferbereich insgesamt vier Laichschonstätten ausgewiesen.

Sehr bedeutend ist der Starnberger See als Naherholungsgebiet für den Großraum München. Hierfür wurden insgesamt drei große Freizeitgelände errichtet.

Aufgrund planktologischer Untersuchungen wurde eine schwache Eutrophierung des Sees bereits in den 50er Jahren erkannt. Mit der Abwassersanierung wurde Ende der 50er Jahre begonnen. Gegenwärtig sind 80% der Einwohner und die Abwässer aus Industrie und Gewerbe fast vollständig erfaßt.

Für die Verbandssammler und die Kläranlage wurden insgesamt 59,0 Mio. DM investiert. Rechnet man den Ausbau der Ortsnetze dazu, dann erhöht sich die Summe auf über 100 Mio. DM.

Die Eutrophierung des Sees, der in windarmen Jahren nur unvollkommen durchmischt wird, da seine Hauptrichtung gegen die vorherrschende Windrichtung (W) liegt, und der deshalb gegenüber Nährstoffbelastungen aus dem Umland sehr sensibel reagiert, konnte gestoppt werden. Eine weitere Oligotrophierung wird erwartet, wenn die Ortskanalisierungen fortschreiten. Rein oligotrophe Verhältnisse werden sich wahrscheinlich nicht wieder einstellen, da allein die Nährstoffbelastung aus der Luft  $\frac{2}{3}$  der tolerierbaren Belastung (nach internationalen Modellen) mit Phosphor ausmacht.

# Tegernsee

Lage: R 44 30 25, H 52 89 99

Topographische Karte: L 8336 Miesbach

Entstehung/Seetyp: Zungenbeckensee des Tegernseegletschers

Mischungsverhalten: dimiktisch

Höhe: 725,50 m ü NN, Oberfläche: 8,90 km<sup>2</sup>

Volumen: 323,1 · 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>

Tiefe max.: 72,6 m, mittl.: 36,3 m

Einzugsgebiet: 210,75 km<sup>2</sup>

Umgebungsfaktor: 22,7

Erneuerungszeit: 1,28 Jahre

Ufer: Länge 21,04 km, Entwicklung 1,99

## Einzugsgebiet

Das Tegernseer Tal ist in den Alpenrand eingesenkt, den hier sanft geformte Alm- und Waldberge bilden, die nur Mittelgebirgshöhen von etwa 1 100–1 300 m ü.NN erreichen. Erst der Südabschluß dieses Quertals ragt mit der Kegelstumpf-Kulisse des Wallbergs auf 1 723 m Meereshöhe und im dahinter stehenden Risserkogel 1 826 m empör. Der nördliche Zipfel des Tegernsees wird, schon außerhalb der Alpen, von Endmoränenwällen umschlossen, in die sich die abfließende Mängfall eingekerbt hat.

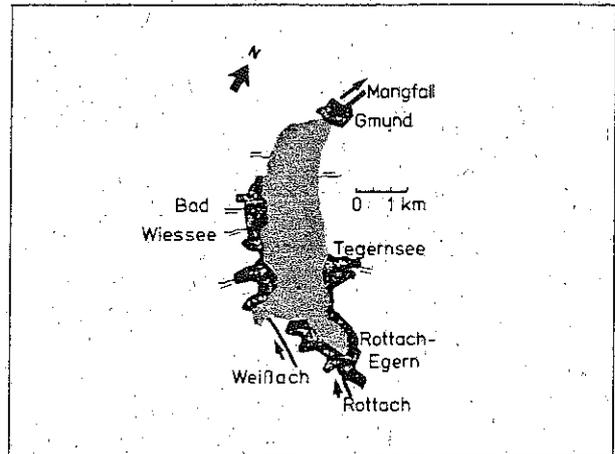
## Ufer

An den Ufersäumen vor den Moränenringen am nord-östlichen Uferabschnitt liegt eine Röhrichtzone, die an anderen Abschnitten aufgrund der Beckenmorphologie, und insbesondere durch Uferverbau mit Promenaden und ähnlichem kaum noch anzutreffen ist. Dünn sind die übrigen Makrophytenbestände ausgebildet.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Wie nach dem geologischen Aufbau des Einzugsgebiets zu erwarten, zeichnet sich das Tegernsee-Wasser durch Kalkreichtum aus. Der Hydrogencarbonat-Gehalt liegt um 3 mmol/l. Das Wasser ist ferner kaum sichtbar durch gelöste Humusstoffe gefärbt. Die elektrische Leitfähigkeit bewegt sich zwischen 260 und 300  $\mu$  S/cm, der pH-Wert zwischen 7,7 (Sommerstagnation, über Grund) und 8,5 (Oberfläche). In den Jahren 1951/52 wurden Sauerstoffmessungen durchgeführt, die ergaben, daß der Tegernsee keineswegs als oligotropher Alpensee gelten konnte. In etwa 15 m Tiefe trat ein ausgeprägtes metalimnisches Minimum auf, bis Ende Oktober war in 70 m Tiefe über dem Boden nur 0,37 mg/l O<sub>2</sub> vorhanden. Die Sichttiefen lagen zu dieser Zeit mit 2,0 bis 6,1 m deutlich niedriger als Anfang des Jahrhunderts, als im Minimum 4,2 m und im Maximum 15,0 m gefunden wurden.

In den 60er Jahren verarmte das Hypolimnion regelmäßig an Sauerstoff: Werte unter 0,5 mg/l waren keine Seltenheit. Schwefelwasserstoff wurde jedoch nicht ermittelt. Seit Anfang der 70er Jahre nimmt der hypolimnische Sauerstoffgehalt am Ende der jeweiligen Sommerstagnation wieder zu. Er liegt normalerweise über 4 mg/l.



Der Phosphatgehalt hat im Jahr 1970 sein Maximum mit rund 25  $\mu$ g/l Ges.-P überschritten und liegt nun im Mittel deutlich unter 10  $\mu$ g/l Ges.-P.

Die Belastung des Tegernsees wurde eingehend für die Jahre 1973 und 1974 ermittelt. Im hydrologischen Jahr 1973 mit ausgesprochenen Starkregenereignissen betrug die Belastung des Tegernsees 9,6 t Ges.-P und 125 t mineralische N-Verbindungen. Im trockeneren Jahr 1974 war die Phosphatbelastung mit 4,9 t wesentlich, die min.-N-Belastung mit 114 t nur geringfügig niedriger. Die entsprechenden spezifischen Flächenbelastungen beliefen sich für Ges.-P auf 1,06 (1973) und 0,54 g/m<sup>2</sup>a (1974).

Der ursprünglich oligotrophe Alpentalsee gehörte in den 50er und 60er Jahren dem eutrophen Seentypus an, der nach Fertigstellung der Abwassersanierung mit dem erstmals an diesem See erprobten System der Ringkanalisation (1964) aufgrund des hohen Wasserdurchsatzes vergleichsweise rasch wieder zum oligotrophen Typus rückentwickelte. Die für diesen Prozeß benötigte Zeitspanne erreicht größenordnungsmäßig den 5fachen Wert der rechnerischen Wassererneuerungszeit.

## Flora und Fauna

Mit Chlorophyll-Gehalten zwischen 1,8 und 8,4 in einem im Juli 1941 aufgenommenen Profil und mit dem Vorherrschen der anspruchslosen Kieselalge *Asterionella formosa* (neben *Tabellaria fenestrata* und *Synedra acus* var. *angustissima*) wurde der See als oligotroph eingestuft. Als Folge der Eutrophierung fand die Burgunderblut-Alge gute Lebensbedingungen vor, so daß sie bis etwa 1973 in größeren Dichten die tieferen Schichten des Epilimnions besiedelte.

Die Einordnung über die Algen deckte sich nicht vollständig mit einer früheren Untersuchung auf Bodentiere. Diese kennzeichneten den Tegernsee zwar als noch oligotrophen *Tanytarsus*-See (besonders sauerstoff-bedürftige Zuckmückenart), der durch kulturelle Einflüsse aber bereits sekundär verändert war. Dies wurde aus dem starken Hervortreten von Schlammröhrenwürmern (*Tubifici-*

den) vor den großen Zuflüssen geschlossen. Bereits bei Untersuchungen im November 1928 wurden Besiedlungsdichten an Zuckmücken (Chironomiden) bis  $4\,600/m^2$ , an Schlammröhrenwürmern (Tubificiden) bis  $6\,700$  und an Erbsenmuscheln bis  $1\,050/m^2$  gefunden.

#### Sediment

Das Sediment ist stark mineralisch. Die Korngrößen-Analyse erbrachte ein Vorherrschen der Siltfraktion. Calcit und Dolomit sind die wichtigsten Mineralien.

Bei Sedimentuntersuchungen 1966 wurde an vielen Stellen des Tegernsees ausgesprochener „Faulschlamm“ mit hohen in-vitro Gasungsaktivitäten angetroffen; bereits 1968 zeigten Wiederholungsmessungen eine Abnahme der Gasungsaktivität vor allem im nördlichen Seeteil und vor dem Ort Tegernsee, was als Verminderung der Belastung aus dem Umland gewertet werden kann.

An einem Sedimentprofil konnte die kontinuierliche Eutrophierung des Sees über die Zunahme der Gehalte an Phosphaten nachgewiesen werden. Der Beginn der Eutrophierung lag vor der Jahrhundertwende.

#### Nutzung, Bedeutung und Maßnahmen

Der Tegernsee war ein ausgesprochener Renken- und Seesaibling-See. Der Bestand an Seesaiblingen ist zurückgegangen. Die Renkenenerträge stiegen mit der Eutrophierung des Sees und gingen mit der Gesundung in erheblichem Ausmaße zurück. Auf Hecht, Regenbogenforelle und Schleie stehen Sportangler an, teilweise auch auf Karpfen, Aal oder Zander. Die nordöstliche Röhrichtzone ist Schongebiet.

Vom Fischbestand des Tegernsees werden gegenwärtig bevorzugt Renken, dann Hechte und Brachsen genutzt. Der im wesentlichen von Berufsfischern erwirtschaftete Ertrag wird für 1982 mit  $4\,300\text{ kg}$  angegeben; wovon 87% Renken, 5% Hechte und 4% Brachsen waren.

Seit langem ist das Tegernseegebiet zu einem touristischen Hauptanziehungspunkt geworden. Über ein Jahrtausend lang hat das 748 gegründete Kloster Tegernsee als Zelle, Zentrum und Gestalter der bäuerlichen Kulturlandschaft gewirkt. Mit der Säkularisation von 1803 und der Benutzung der Abtei als königlicher Sommersitz

kamen die ersten Münchner Sommerfrischler an den See und leiteten damit die zunächst allmähliche, in den letzten Jahrzehnten jedoch immer vehementere Umwandlung in eine intensiv in Wert gesetzte Freizeit- und Erholungslandschaft ein, die zu „urbanisierten Fremdenverkehrs-siedlungen“ führt.

Der Fremdenverkehr hat nach dem Hauptort Tegernsee alsbald auch die Dörfer Gmund, Rottach und Egerndorf erfaßt, während Bad Wiessee seinen Aufstieg zum führenden Kurort erst den 1907 und 1930 erbohrten Mineralquellen mit hohen Jod- und Schwefelgehalten verdankt. Noch stärker als vom Fremdenverkehr ist das Bild der Landschaft durch die Errichtung vieler Landhäuser, Altersruhe- und Zweitwohnsitze verändert worden. Außer Gmund liegen alle Orte auf Schotterkegeln, die Bäche in den See vorgeschüttet haben. In der Stadt Tegernsee hat die Räumenge zur Bebauung der Hänge geführt.

Auch der mächtige Schwemmfächer, den Weißbach und Rottach südlich des Sees sedimentierten, ist inzwischen zum größten Teil mit Villenvierteln überbaut. Unbedingt erhaltenswert ist der Endmoränengürtel mit dem parkartigen Charakter seiner Mischwälder, Wiesen und der Uferöhrichtzone.

Der Tegernsee und sein gesamtes Umland stehen unter Landschaftsschutz, das zum Groß-Landschaftsschutzgebiet Tegernseer Berge-Schlierseer Berge-Mangfallgebirge gehört.

Die von 1957–1965 verwirklichte, weltweit erste und am bekanntesten gewordene Ringkanalisation um den Tegernsee (22,5 km Kanallänge, Kläranlage am Seeauslauf für 60 000 Einwohner und Einwohner-Gleichwerte, Gesamtbaukosten einschließlich Ortskanäle 40 Mio. DM) ist ein Musterbeispiel für die Abwassersanierung sowie für einen Sofortserfolg aus Hygienesicht und einen mittelfristigen limnologischen Erfolg. Damals notwendige Badeverbote wurden abgewendet. Innerhalb nur eines Jahrzehnts nach Vollendung der Maßnahme zeigte der See deutliche Verbesserungen im Phosphatgehalt, im Planktonbild und in der Sichttiefe sowie im Sauerstoffprofil. Seit Ende der siebziger Jahre kann der durch Abwasserreinigungen eutroph gewordene See wieder als oligotroph kartiert werden.

# Waginger-Tachinger See

Lage: R 45 60 42, H 53 09 49  
Topographische Karte: L 8142  
Entstehung/Seetyp: Endmoränenseen in einer Radialfurche des Salzachgletschers  
Mischungsverhalten: dimiktisch  
Höhe: 442,12 m ü NN, Oberfläche: 8,97 km<sup>2</sup>  
Volumen: 112,0 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
Tiefe max.: 27,0 m, mittl.: 12,5 m  
Einzugsgebiet: 123,5 km<sup>2</sup>  
Umgebungsfaktor: 12,77  
Erneuerungszeit: 1,23 Jahre  
Ufer: Länge 25,20 km, Entwicklung 2,38

## Einzugsgebiet

Die beiden Seeteile des Waginger-Tachinger Sees werden durch eine bei der Ortschaft Tettenhausen überbrückte Einschnürung getrennt. Der See ist in eine sanft geschwungene Moränenlandschaft bogenförmig eingebettet. Der prähistorische Mischwald wurde durch die Landwirtschaft stark zurückgedrängt. Heute ist nur noch ein Drittel waldbedeckt, vorwiegend auf steinigem Endmoränen und Drumlins, mit stark gewordenem Fichtenanteil. Das Ostufer des Tachinger Seeteils ist von einem teilweise bewaldeten Steilufer begrenzt; am Waginger Seeteil ist es der südöstliche Bereich, an dem sich ein bewaldeter Hang entlangzieht. Auf Hängen mit guten Böden kommt noch Ackerbau vor, aber die meisten Flächen werden jetzt als Grünland genutzt.

Außer Tettenhausen liegen die Orte vom Seeufer abgerückt an den Hängen. Waging dehnt sich in einer flachen Bucht abseits der Seefläche aus und hat aber inzwischen mit einigen Einrichtungen für den Tourismus das Seeufer mit Beschlag belegt.

## Ufer

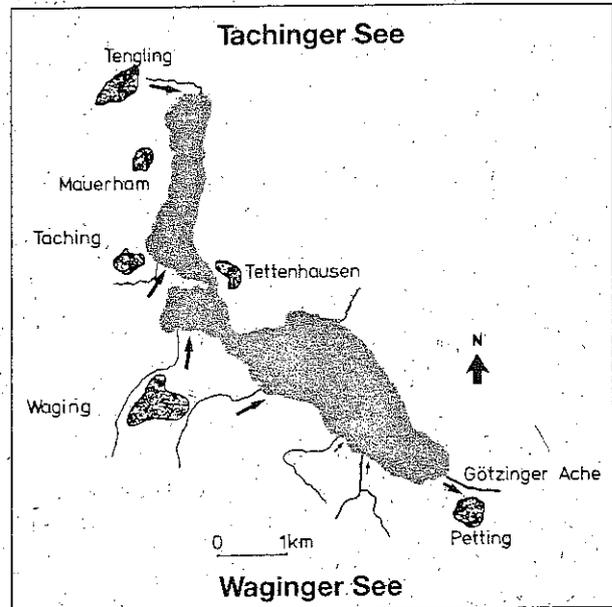
Die Ufer sind nur an wenigen Stellen verbaut. Sie sind sandig-kiesig. Das Seeufer wird auf weite Strecken von Röhricht eingefaßt, in dem das Schilf (*Phragmites australis*) vorherrscht. Eine Bestandsaufnahme zu Beginn der 70er Jahre erbrachte, daß der Röhrichtgürtel im Tachinger Seeteil mächtiger ausgeprägt war als im südlichen Waginger Teil.

Am Fuße des Steilufers bei Lampoding bestanden auf Teilflächen noch wertvolle Auwälder.

Der Zugang zu den Ufern ist in großem Umfang möglich, jedoch fehlen ufernahe Wege weitgehend.

## Wasserchemismus und Trophiegrad

Der See kann als ausgesprochen carbonatreich gelten, da die Gehalte an Hydrogencarbonat bei 3,4 mmol/l (Waginger Seeteil) und über 4,3 mmol/l (Tachinger Seeteil) liegen. Oberflächennah kann das Hydrogencarbonat durch die Produktion auf 2,9 mmol/l (Waginger Seeteil) bzw. 3,2 (Tachinger Seeteil) verarmen. Die elektrischen Leitfähigkeiten bewegen sich in beiden Seeteilen zwischen 300 und 400  $\mu$  S/cm.



Beide Seeteile sind eutroph, wobei der Waginger Seeteil sogar als polytroph anzusprechen ist. Diesem Charakter entsprechend zeigt der Sauerstoffhaushalt im Epilimnion regelmäßig produktionsbedingte Übersättigungen und im Jahresverlauf einen raschen Schwund im Hypolimnion. In beiden Seeteilen kommt es zur Schwefelwasserstoffbildung über dem Sediment.

Der Chlorophyllgehalt lag 1970/72 im Winter zwischen 10 und 20  $\mu$ g/l und erreichte im Tachinger Seeteil Maxima von 120  $\mu$ g/l, im Waginger Teil dagegen sogar 210 bis 240  $\mu$ g/l. Auffallend war das häufige Auftreten von Chlorophyllspitzen im Metalimnion, die sicherlich durch die Bürgunderblutalge und ähnlichen Schwachlichtalgen hervorgerufen worden waren.

Die sommerlichen Sichttiefen betragen im Waginger Seeteil meistens nur 2 m. Im Mai 1971 trat mit 5,5 m ein Klarwasserstadium auf. Im Tachinger Seeteil lagen die Verhältnisse sehr ähnlich, allerdings mit dem Unterschied, daß die Sichttiefen im Herbst hier besser als im südlichen Seeteil waren.

Die Belastung wurde für die Jahre 1970–72 abgeschätzt. Es ergab sich, daß die Belastung mit Phosphaten 31 t/a Phosphor und mit mineralischen Stickstoffverbindungen 127 t/a Stickstoff betrug. Die Belastung konnte inzwischen vermindert werden.

## Flora und Fauna

Das Phytoplankton wurde 1970–72 durch die Bürgunderblutalge (*Oscillatoria rubescens*), die stabförmige Kieselalge (*Synedra acus*) und Vertreter der Goldalgen-Gattung *Dinobryon* geprägt. Im Waginger Seeteil trat darüber hinaus auch die Blaualge *Microcystis* auf. Auch im gegenwärtigen Phytoplanktonaspekt fällt das Vorherrschen von

Blaualgen auf; allerdings scheint sich die Artenzusammensetzung geändert zu haben. So wurde die Burgunderblutalge weniger gefunden, dafür Vertreter der kugeligen Blaualgen und *Anabaena flos-aquae* verstärkt.

Entsprechend seinem eutrophen Typus treten hauptsächlich die folgenden Fischarten auf: Hecht, Brachsen, Karpfen, Schleie, Rotauge oder Plötze und Wels oder Wäler. Zu dem natürlichen Fischbestand wurden mit der Zeit einige neue Fischarten eingeführt: Im Jahr 1884 die Kleine Maräne (*Coregonus albula*), 1890 zum ersten Mal der Aal und 1905 erstmals der Zander.

Der Röhrichtgürtel bietet für verschiedene Entenarten, den Brachvogel, die Bekassine und die selten gewordene Rohrdommel Schutz- und Brutplätze.

#### **Nutzung, Bedeutung, Maßnahmen**

Die fischereiliche Nutzung, die an erster Stelle von der Berufsfischerei und an zweiter Stelle von der Angelfischerei betrieben wird, hat sich offensichtlich auf die Umstrukturierungen im Fischarten-Inventar durch die Eutrophierung eingestellt. Nach Fanganteilen dominieren Brachsen,

andere Karpfenfische, dann der Aal, die Renke, gefolgt von Zander, Hecht, Karpfen und Schleie. Im Durchschnitt wird mit einem Ertrag von 20 000 kg gerechnet.

Der Waginger-Tachinger See ist bekannt als Badeseesee. Die Badesaison beginnt hier früher als an anderen großen oberbayerischen Seen, da sich das Wasser im Mai schnell erwärmt. Hauptanziehungspunkt ist Waging, das abseits vom Ortszentrum über einen Freibadestrand, Campingplatz und sonstige für den Massentourismus geeignete Einrichtungen verfügt. Weitere Möglichkeiten sind mit kleineren Campingplätzen und Liegewiesen vornehmlich am Waginger Seeteil gegeben.

Von den Bootssportarten wurde das Segeln bevorzugt, das inzwischen durch Windsurfen abgelöst wurde.

Seit Mitte der 70er Jahre besteht an diesem See ein etwa 7 km langer Ableitungskanal, über den die mechanisch-biologisch gereinigten Abwässer vom Abwasserwerk Waging dem Seeauslauf zugeführt werden. Die Vervollständigung der Ringkanalisation für die kleineren seenahen Orte ist in Vorbereitung.