Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee

# Jahresbericht über den limnologischen Zustand des Bodensees

## Nr: 4

Der limnologische Zustand des Freiwassers von Januar 1977 bis März 1978

Jber Int Gewässerschutzkomm. Bodensee: Limnol. Zust, Bodensee, 4 (1979.)

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee

# Jahresbericht über den limnologischen Zustand des Bodensees

# Nr: 4

## Der limnologische Zustand des Freiwassers von Januar 1977 bis März 1978

Bearbeiter: W. Schmitz

-1979-

unitraspendir vibor dati

Analor Jahrn Z strind des Bodensets

## 2 a M

La bra allastiche "hallan des Franzissens

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee veröffentlicht hiermit den Jahresbericht über die Ergebnisse der regelmässigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees für das Kalenderjahr 1977 und das Seejahr 1977 (April 1977 bis März 1978). Der Bericht wurde von der Arbeitsgruppe "Freiwasseruntersuchungen" der Kommissionssachverständigen ausgearbeitet. Mitglieder dieser Arbeitsgruppe sind :

Prof. Dr. Heinz Ambühl, Dübendorf

- Dr. Heinrich Bührer, Dübendorf
- Dr. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf
- Dr. Ulrich Einsele, Konstanz
- Dr. Heinz Grimm, Bregenz
- Dr. Hubert Lehn, Konstanz
- Dr. Helmut Müller, Langenargen
- Dr. Henno Rossknecht, Langenargen
- Dr. Wolfgang Schmitz, Karlsruhe, Koordinator
- Dr. Roland Schröder, Insel Reichenau
- Dr. Benno Wagner, Bregenz
- Dr. Gustav Wagner, Langenargen

Die Grundlage für den Bericht bildet das regelmässige Untersuchungsprogramm der Kommission, an dessen Durchführung die nachstehend genannten Institute gemeinsam beteiligt waren:

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Dübendorf, Abteilung Limnologie: Datenverarbeitung



0.1

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung und Fischereiwesen, Langenargen, Konstanz und Insel Reichenau:

Terminfahrten und Messungen, Untersuchungen des Chemismus, des Phyto- und Zooplanktons im Obersee und Untersee

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, Karlsruhe Spezielle analytische Arbeiten: organischer Kohlenstoff in Obersee und Untersee

Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein (AWBR) durch das Engler-Bunte-Institut, Bereich Wasserchemie, der Universität Karlsruhe:

Physikalisch-chemische Untersuchungen des Überlinger Sees an der Probenahmestelle zwischen Überlingen und Wallhausen.



3V

1

INHALT			
	Seite	Abb.	Tabelle
EINLEITUNG	3	1	1
TEIL 1: BODENSEE-OBERSEE			
Witterung	6	2	
Wasserstände	6	3	
Thermik	7	4,5	2
Sauerstoff	7	6,7	3
Orthophosphat	8	8,9,12	4
Andere gelöste Phosphorverbindungen	8	8,9,10	5
Phosphorbilanz	9	9	
Nitrat	10	9,11,12	6
Ammonium	10	12,13	7
Nitrit	11	12,14	8
Kieselsäure	11	12,15	9
Anorganische Kohlenstoffverbindungen	12	12,16,1	7 10
Weitere Parameter des Kalk-Kohlen-	13	17	11,12
säure-Gleichgewichts			
Chemische Indikation der Phyto-	13	18,19,2	13-15
Planktonproduktion			
Phytoplanktonbiomasse	14	21,22	
Quantitativ vorherrschende Ionen	15		11,
			16-20
Eisen und Mangan	15	23	21,22
Vergleich des limnologischen	16	24,25	
Zustandes an verschiedenen Unter-			
suchungsstationen im Obersee			

- 11 -

	Seite	Abb.	Tabelle
TEIL 2: BODENSEE-UNTERSEE			
GNADENSEE			
Thermik	18	26,27	23
Sauerstoff	18	28,29	24
Orthophosphat	19	30,31	25
Andere gelöste Phosphor- verbindungen	20	31,32	26,27
Phosphorbilanz	20	31	
Nitrat	21	31,33	28
Ammonium	22	31,34,	29
		35,36	
Nitrit	22	37	30
Kieselsäure	23	35,38	31
Anorganischer Kohlenstoff und Kalk-Kohlensäuregleichgewich	23 t	39,40	32,33,34
Eisen	24	36,41	35
Phytoplanktonbiomasse und che- mische Biomasseindikatoren	25	42,43	36,37
Gelöste organische Stoffe	26	44	38
Rheinsee	26	45-63	39-54
Zeller See	30		55
Vergleich des Limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im Untersee	31	64	55
ZUSAMMENFASSUNG	32		
TABELLEN			

ABBILDUNGEN

#### EINLEITUNG

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht Über Örtlichkeiten, Wassertiefe und Zeitpunkt der Messungen oder Probenentnahmen. Die Untersuchungsstationen sind in der Karte Abbildung 1 eingetragen. Die Untersuchungsdaten wurden bei der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, auf EDV-Datenträger und in Tabellen archiviert. Im folgenden wird in Form von Isopleten-Abbildungen die vertikale und zeitliche Verteilung der Konzentrationen verschiedener Parameter des Gütezustandes übersichtlich dargestellt.

Neben Thermik und Sauerstoffzustand werden die Pflanzennährstoffe (Orthophosphat, Nitrat, Silikat, Kohlensäure) behandelt, ferner die Verhältnisse des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes und des Stickstoffkreislaufs sowie der Biomasseverteilung des Phytoplanktons. Für den Bodensee-Obersee beschränken sich diese Darstellungen hauptsächlich auf die zentrale Untersuchungsstation Fischbach-Uttwil, da sich das Zustandsbild an den anderen Meßstationen sehr ähnlich gestaltet. Die Situation an den verschiedenen Obersee-Untersuchungsstationen wird vergleichend nur anhand einiger ausgewählter Parameter dargestellt. Im Bodensee-Untersee werden die Zustände im Rheinsee und im Gnadensee ausführlich, die im Zellersee nur kurz behandelt.

Das jeweilige limnologische Zustandsbild des Freiwassers wird stark durch die Witterungserscheinungen geprägt. Zu-

- 3 -

standsänderungen von Jahr zu Jahr dürfen daher nicht von vornherein als Ausdruck einer gerichteten Entwicklungstendenz interpretiert werden. Erst die Betrachtung längerer Zeitreihen lässt darüber eine Beurteilung zu. Dies ist beim Vergleich der Situation aufeinanderfolgender Jahre zu beachten.

Zur besseren Beurteilung der Untersuchungsdaten wird als Neuerung gegenüber den Jahresberichten Nr. 1 - 3 für die wichtigsten chemischen und biologischen Befunde eine mehrjährige Ganglinie abgebildet (Berichtsjahr und drei vorausgehende Jahre), aus der zu ersehen ist, ob die neuesten Daten im Schwankungsbereich der letzten Jahre liegen, ob plötzliche starke Änderungen eingetreten sind oder eine Trendentwicklung sich abzeichnet. Ausgewählt wurden dabei charakteristische Summenwerte, z.B. der Stoffinhalt des ganzen Sees, eines Seeteiles oder bestimmter Wasserschichten, daneben auch die an der Wasseroberfläche oder am Seeboden beobachteten Konzentrationsmaxima und -minima.

Für die Berechnung der Stoffinhalte des Seewassers wurden folgende See-Volumina verwendet:

Bodensee-Obersee 0 - 252,5 m:  $47718 \times 10^6 m^3$ Bodensee-Obersee 0 - 10 m:  $4355,9 \times 10^6 m^3$ Gnadensee 0 - 22,4 m:  $137,12 \times 10^6 m^3$ Gnadensee 0 - 10 m:  $92,871 \times 10^6 m^3$ Rheinsee (Berlingen) 0-46,2 m: 509,58  $\times 10^6 m^3$ Rheinsee (Berlingen) 0-10 m:  $216,41 \times 10^6 m^3$ 

Von den einzelnen chemischen und biologischen Parametern

- 4 -

wurden charakteristische Kenndaten des Seejahres 1977 (April 1977 bis März 1978 für den Obersee, Januar bis Dezember 1978 für den Untersee) tabellenmässig zusammengestellt.

Da diese Darstellungen weitgehend für sich selbst sprechen, wurden textliche Erläuterungen, die in den Jahresberichten 1 - 3 ausführlich gehalten waren, auf das wesentlichste beschränkt.

Die Untersuchungsergebnisse werden zur Zeit der weiteren wissenschaftlichen Auswertung unterzogen. Die Benutzung der Daten für wissenschaftliche Zwecke durch Dritte bedarf der Zustimmung der Kommission.

## Teil 1 : BODENSEE-OBERSEE

Die thermischen, chemischen und biologischen Verhältnisse des Bodensee-Obersees zeigten im Seejahr 1977 in großen Zügen den Verlauf, wie sie in einem tiefen, ursprünglich oligotrophen See der gemässigten Klimazone im Übergang in das eutrophe Stadium zu erwarten sind.

#### WITTERUNG

Der Witterungsverlauf im Berichtsjahr wird in Abbildung 2 mit den Daten der Lufttemperatur, der Sonnenscheindauer und der Windereignisse an der Wetterstation Friedrichshafen kursorisch gekennzeichnet und den langjährigen Monatsmitteln gegenübergestellt. Die Sonnenscheindauer lag fast während des gesamten Jahres 1977 zum Teil erheblich unter den langjährigen Mittelwerten. Die Lufttemperaturen waren in den ersten Monaten 1977 höher als im langjährigen Mittel, ab April jedoch durchweg etwas niedriger, gegen Jahresende lagen die Temperaturen etwa im Bereich des langjährigen Mittels. Stärkere Winde wurden nur im Frühjahr und im Herbst registriert, jedoch nicht mit allzu grosser Häufigkeit.

## WASSERSTÄNDE

Die Abbildung 3 stellt die Ganglinien der Monatsmittelwerte der Wasserstandsschwankungen am Pegel Konstanz dar. In den Monaten Februar bis Mai und August und September überschritten die Wasserstände die langjährigen Monatsmittel nur geringfügig. In den Monaten Juni/Juli und von Oktober 1977 bis Februar 1978 lagen sie darunter.

### THERMIK

Der Temperaturgang des Obersees zeigte im Berichtsjahr das typische Bild eines monomiktischen Sees mit annähernder Homothermie im Januar und Februar 1977 und im Februar und März 1978 und mit einer stabilen thermischen Schichtung in den Sommermonaten bei Temperaturen im Hypolimnion um 4,5<sup>o</sup>C (Abb. 4). Den Jahresgang des Wärmeinhaltes sowie der Oberflächentemperaturen zeigt die Abbildung 5. Die Beobachtungswerte lagen im normalen Schwankungsbereich. Kenndaten der Thermik des Seejahres 1977 enthält die Tabelle 2.

#### SAUERSTOFF

Die Verteilung der Sauerstoffgehalte im Obersee über der grössten Tiefe (Abb. 6) zeigte im Jahre 1977 den gewohnten typischen Verlauf mit sommerlichem hypolimnischen Sauerstoffdefizit, Übersättigungserscheinungen in den obersten Wasserschichten im Frühjahr und einem metalimnischen Sauerstoffdefizit während der Sommermonate (Abb. 6). Die Sauerstoffsituation war im Berichtsjahr wesentlich günstiger als in vorausgegangenen Jahren, wie der Verlauf der Ganglinien erkennen lässt (Abb. 7). Die Sauerstoffzehrung war geringer als im vorausgegangenen Jahr. Die Sauerstoffgehalte in Grundnähe blieben verhältnismässig hoch und die Wiederbelüftung des Sees im Winter 1977/78 war nahezu vollständig. Kenndaten des Sauerstoffs für das Seejahr 1977 enthält Tabelle 3.

#### ORTHOPHOSPHAT

Orthophosphat, das im Bodensee als wichtigster, das Pflanzenwachstum begrenzender Nährstoff-Faktor angesehen werden muss, verdient besondere Aufmerksamkeit. Im Berichtsjahr zeigten die Konzentrationsverteilungen wiederum das typische Bild mit annähernd ausgeglichenen Konzentrationen zwischen Wasseroberfläche und Seeboden gegen Ende des Winters und starken vertikalen Konzentrationsunterschieden während der Sommerstagnation, bedingt durch Aufzehrung des Orthophosphats im Epilimnion durch die Phytoplanktonentwicklung und Freisetzung von Orthophosphat aus biologischem Material am Seeboden (Abb. 8).

Die Gesamtmenge von Orthophosphat im See schwankte, wie aus den Ganglinien der Abbildung 9 erkennbar, im Jahresverlauf, wobei das Maximum in der Regel in den ersten Monaten des Kalenderjahres eintrat und das Minimum etwa in der Jahresmitte lag. Nachdem die Maxima von Orthophosphat bis zum März 1977 in den letzten Jahrzehnten fortwährend gestiegen waren, blieben die entsprechenden Werte 1978 erstmalig wieder niedriger. Die Schwankungen der Orthophosphatkonzentrationen im Epilimnion sind aus Abbildung 12 ersichtlich. Sie lagen im Berichtsjahr etwa im Konzentrationsbereich der vorangegangenen Jahre und verliefen im gleichen Jahresrhythmus. Die Kenndaten des Orthophosphats im Seejahr 1977 enthält Tabelle 3.

#### ANDERE GELÖSTE PHOSPHORVERBINDUNGEN

Im Wasser des Obersees treten neben Orthophosphat merkliche Mengen andersartiger gelöster Phosphorverbindungen auf, von denen man annehmen muss, dass sie für die Nährstoffversorgung des Phytoplanktons teils direkt, teils indirekt eine Rolle spielen. In Abbildung 10 sind die Konzentrationsverteilungen der gesamten gelösten Phosphorverbindungen in der Berichtsperiode dargestellt. Gelöste Phosphorverbindungen waren danach jederzeit mindestens mit einigen Milligramm/m<sup>3</sup> vorhanden, während das Orthophosphat zeitweise bis auf weniger als 1 mg/m<sup>3</sup> im Epilimnion aufgezehrt wurde (Abb. 8). Auch die Gesamtmenge gelöster Phosphorverbindungen hat im Berichtsjahr deutlich abgenommen,nachdem im vorausgegangenen Jahr die bisher beobachteten absolut höchsten Werte aufgetreten waren (Abb. 9). Die Kenndaten für die Summe gelöster Phosphorverbindungen ohne Orthophosphat enthält Tabelle 5.

#### PHOSPHORBILANZ

Das Ausmass der Eutrophierung des Obersees hängt in erster Linie von der Konzentration gelöster Phosphorverbindungen ab, wobei das Orthophosphat die Hauptrolle spielt. Ein relativ geringer Teil des Phosphors ist in biologisches und anorganisches Material inkorporiert.

Der Gesamtinhalt des Phosphors im Obersee ergibt sich als Bilanz des aus Zuflüssen in den See gelangenden und des im Seerhein abfliessenden Phosphors sowie aus dem Betrag des Phosphors, der auf den Seeboden sedimentiert und der Phosphormenge, die aus dem Seeboden wieder in das Seewasser freigesetzt wird. Die Abbildung 9 gibt eine Übersicht über die Schwankungen der jeweils im gesamten See vorhandenen Phosphormenge, aufgeschlüsselt nach Orthophosphat, sonstigen gelösten Phosphorverbindungen und partikulärem Phosphor. Bei der Beurteilung der Werte muss neben den Fehlermöglichkeiten, die durch generalisierende Berechnung gegeben sind, auch mit der wahrscheinlichen Fehlergrösse in der analytischen Bestimmung von etwa 5 % gerechnet werden, so dass geringere Schwankungen nicht überbewertet werden dürfen. Insgesamt sprechen jedoch die Untersuchungsbefunde des Berichtsjahres für eine Abnahme aller genannten Komponenten des Phosphorhaushaltes im Bodensee-Obersee.

### NITRAT

Als wichtiger Pflanzennährstoff unterliegt das Nitrat während der Sommerstagnationsperiode des Sees ebenfalls einer deutlichen Abnahme im Epilimnion durch Aufzehrung durch Phytoplankton, so dass starke vertikale Konzentrationsunterschiede zustandekommen, die sich in der winterlichen Zirkulationsperiode wieder ausgleichen. Diese Erscheinungen waren auch im Berichtsjahr wiederum zu erkennen (Abb. 11). Die Gesamtmenge des Nitrats im See lag im Seejahr 1977 im gleichen Niveau wie in den vorausgegangenen Jahren, allerdings haben die jahreszeitlichen Schwankungen zugenommen (Abb. 9). Die jährlichen Konzentrationsschwankungen im Epilimnion lagen im Seejahr 1977 in der gleichen Grössenordnung wie in den vorangegangenen Jahren (Abb. 12). Die Kenndaten für Nitrat im Seejahr 1977 sind in Tabelle 6 aufgeführt.

#### AMMONIUM

Neben Nitrat spielen andere anorganische Stickstoffverbindungen im Wasser des Obersees nur eine untergeordnete Rolle. Das Auftreten von Ammonium, dessen Konzentrationen in den letzten Jahren im Obersee etwas zugenommen haben, zeigt Abbildung 13. Etwas höhere Konzentrationen treten zeitweise im Epilimnion auf, hauptsächlich nach Eintreten stärkerer Planktonentwicklung. Die Konzentrationsschwankungsbereiche lagen im Berichtsjahr in ähnlichen Grössenordnungen wie in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 12). Die Kenndaten für Ammonium enthält Tabelle 7.

#### NITRIT

Das Auftreten von Nitrit im Jahreszyklus des Freiwassers des Obersees hängt mit den Konzentrationsverhältnissen von Ammonium zusammen, da Nitrit ein Zwischenprodukt der bakteriellen Oxidation von Ammonium zu Nitrat darstellt. Das Verteilungsbild von Nitrit im Berichtsjahr (Abb. 14) entspricht dem aus früheren Jahren bekannten Bild. Erhöhte Konzentrationen traten nur während der Sommermonate im Epilimnion und in unregelmässigen Abständen am Seeboden auf. Der Jahresgang von Nitrit im Epilimnion zeigte im Berichtsjahr den gleichen Verlauf und die gleiche Grössenordnung der Konzentrationsveränderungen wie in den Vorjahren (Abb. 12). Nitrat- und Nitritmengen verändern sich im Epilimnion des Obersees gegenläufig. Ein Anstieg des Nitrits ist ausserdem immer mit dem Auftreten von Ammoniumspitzen im Epilimnion gekoppelt. Die Kenndaten für Nitrit im Seejahr 1977 enthält Tabelle 8.

### KIESELSÄURE

Auch die Kieselsäure zeigt das gleiche wie schon beim Orthophosphat und Nitrat beobachtete typische Verteilungsverhalten der pflanzlichen Nährstoffe im Seewasser, obwohl die Kieselsäure als essentieller Nährstoff nur für eine bestimmte Planktongruppe, die Kieselalgen, nachgewiesen ist (Abb. 15). Der Jahresgang von Kieselsäure im Epilimnion des Obersees lag im Berichtsjahr in der gleichen Grössenordnung wie in den vorangegangenen Jahren (Abb. 12). Die Kenndaten für das Seejahr enthält die Tabelle 9.

## ANORGANISCHE KOHLENSTOFFVERBINDUNGEN

Die Verteilung der Kohlensäure oder deren Dissoziationsprodukte im Obersee während eines Jahres spiegelt den Verlauf der pflanzlichen Photosynthese wider. Das zyklische Verhalten der Totalkohlensäure (TCO2) als Ausdruck für die Gesamtheit aller anorganischen Kohlenstoffverbindungen im Wasser ähnelt im Obersee der bereits beschriebenen Dynamik der übrigen Pflanzennährstoffe. Die Konzentrationsverteilungen von TCO, im Berichtsjahr zeigt die Abbildung 16. Schwankungen im Inhalt an anorganischen Kohlenstoffverbindungen ergeben sich im Obersee durch Wassermengen- und Konzentrationsschwankungen der Zuflüsse, durch Aufzehrung anorganischer Kohlenstoffverbindungen, durch Photosynthese der Planktonalgen und anderer Wasserpflanzen sowie durch Ausfällung von Kalziumkarbonat. Typisch ist infolgedessen eine Abnahme der anorganischen Kohlenstoffmengen im See während der sommerlichen Vegetationsperiode. Die Schwankungen im Berichtsjahr lagen in derselben Grössenordnung wie in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 17). Der zeitliche Verlauf der Ganglinien von anorganischen Kohlenstoffmengen im Epilimnion entspricht vollständig dem der übrigen Pflanzennährstoffe (Abb. 12). Der Schwankungsverlauf im Seejahr 1977 bewegte sich in den Grenzen der vorangegangenen Jahre. Die Kenndaten von TCO<sub>2</sub> für das Seejahr sind in Tabelle 10 aufgeführt.

## WEITERE PARAMETER DES KALK-KOHLENSÄURE-GLEICHGEWICHTES

Wie zu erwarten, entspricht die Konzentrationsverteilung der Alkalinität (HCO3 + 2 CO3) sowie des Kalziums - gemäss den im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht herrschenden Beziehungen - dem geschilderten Verhalten von TCO2, während die Schwankungen der pH-Werte des Wassers gegenüber TCO, gegenläufig sind. Wie Abbildung 17 erkennen lässt, schwanken die Konzentrationen von anorganischem Kohlenstoff und Kalzium sowie der pH-Wert unter dem Einfluss der Photosynthese der Planktonalgen besonders stark im oberflächennahen Wasser. Im Tiefenwasser über dem Seeboden sind die Schwankungen geringfügiger. Die Jahresganglinien im Seejahr 1977 zeigen keine auffälligen Abweichungen von denjenigen der vorausgegangenen Jahre (Abb. 17). Die Kenndaten von Kalzium und pH für das Seejahr 1977 enthält Tabelle 11 und 12.

## CHEMISCHE INDIKATION DER PHYTOPLANKTONPRODUKTION

Infolge der Inkorporation von Nährstoffen während der Vermehrungsphase des Phytoplanktons ist zu erwarten, dass an Schwebstoff gebundener organischer Kohlenstoff, organischer Stickstoff und organischer Phosphor in dem Masse eine Zu- oder Abnahme erfahren, wie sich die Planktonbiomasse ändert. Wie die Abbildungen 18 und 19 erdette-

kennen lassen, werden partikulärer Phosphor und Stickstoff im Obersee in hohen Konzentrationen hauptsächlich im Epilimnion angetroffen. Der Verlauf der Jahresganglinien von partikulärem Phosphor und partikulärem Stickstoff ist weitgehend gleichsinnig. Das Konzentrationsniveau im Epilimnion im Seejahr 1977 blieb ebenso wie die Planktonentwicklung erheblich niedriger als im vorausgegangenen Jahr (Abb. 21). Dieser Befund steht möglicherweise mit den im Frühjahr 1977 gegenüber dem vorausgegangenen Jahr wesentlich ungünstigeren Lichtverhältnissen im Zusammenhang.

Als chemischer Indikator für die Phytoplanktonbiomasse lässt sich mit gewissen Einschränkungen das in den Schwebstoffen des Wassers enthaltene Chlorophyll (a + b + c) verwenden. Die Verteilung von Chlorophyll im Obersee ist in Abbildung 20 dargestellt. Das Verteilungsbild ähnelt dem des partikulären Phosphors und Stickstoffs. Die Ganglinien der Konzentrationen von Chlorophyll, partikulärem Phosphor und Stickstoff im Epilimnion des Obersees zeigen einen deutlich gleichsinnigen Verlauf (Abb. 21). Die Chlorophyll-Konzentrationen waren im Berichtsjahr deutlich niedriger als in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 21). Kenndaten von partikulärem Phosphor, partikulärem Stickstoff und Chlorophyll enthalten die Tabellen 13 - 15.

#### PHYTOPLANKTONBIOMASSE

Die Phytoplanktonbiomasse wurde als Rechengewicht (Frischgewicht) aufgrund der Artenbestimmung und Zählung der Planktonzellen unter Verwendung eines für die einzelnen Planktonarten konstanten Faktors, der sich aus der durchschnittlichen Zellgrösse der Art ergibt, ermittelt. In Abbildung 21 sind die entsprechenden Jahresganglinien dargestellt. Sie zeigen einen deutlich gleichsinnigen Verlauf mit den Ganglinien der chemischen Biomasseindikatoren. An den Biomassedaten wird ebenfalls deutlich, dass im Seejahr 1977 die maximale Planktondichte geringer war als im vorangegangenen Jahr. Der Anteil einzelner Algengruppen an der Gesamtproduktion geht aus der Abbildung 22 hervor.

#### QUANTITATIV VORHERRSCHENDE IONEN

Die Konzentrationen der vorherrschenden Ionen, Kalzium, Natrium, Kalium, Chlorid, Sulfat, Hydrogenkarbonat im Wasser des Obersees lagen im normalen Schwankungsbereich. Die Kenndaten sind in den Tabellen 11 und 16 -20 enthalten.

## EISEN UND MANGAN

Eisen und Mangan treten in höheren Konzentrationen im Hypolimnion vorwiegend in Seebodennähe auf, wenn in diesem Bereich eine Verarmung von Sauerstoff im Wasser eintritt. In Abbildung 23 sind die Ganglinien für die über dem Seeboden auftretenden Konzentrationen aufgezeichnet. Hieraus ist ersichtlich, dass im Seejahr 1977 weniger hohe Schwermetallwerte über Grund im Obersee auftraten als im vorausgegangenen, was mit der wesentlich günstigeren Sauerstoffsituation im Hypolimnion im Jahre 1977 im Zusammenhang steht. Die Tabellen 21 und 22 enthalten die Kenndaten von Eisen und Mangan für das Seejahr 1977. Vergleich des Limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im Obersee

Die Untersuchungsdaten von korrespondierenden Tiefen und Terminen an den Untersuchungsstationen Langenargen-Arbon, Fischbach-Uttwil und Überlingen weisen keine bedeutsamen Unterschiede auf. Die weitgehende Übereinstimmung der Verteilungen der Sauerstoff- und Orthophosphatkonzentrationen an den einzelnen Untersuchungsstationen ist aus den Abbildungen 24 und 25 ersichtlich.

In diesem Bericht wurden die isopletenmässigen Darstellungen der Konzentrationsverläufe im Obersee auf die Untersuchungsergebnisse an der Station Fischbach-Uttwil beschränkt.

Auch das Ausmass der Phytoplanktonentwicklung ist in seiner Grösse an den genannten Stationen recht ähnlich. Die Planktondichten können allerdings sehr rasch schwanken, und zwar teilweise unabhängig von einander an den verschiedenen Untersuchungsstationen. Die Probenahme an der Station Langenargen-Arbon ist nicht so häufig wie bei Fischbach-Uttwil erfolgt, so dass möglicherweise hier manche Entwicklungsspitzen nicht erfasst wurden.

## Teil 2 : BODENSEE - UNTERSEE

Die thermischen, chemischen und biologischen Verhältnisse des Untersees zeigten im Seejahr 1977 den gewohnten Verlauf, wie er in einem eutrophen See der gemässigten Klimazone zu erwarten ist. Im einzelnen wichen dabei die Verhältnisse in den verschiedenen Teilen des stark gegliederten Untersees von einander ab. Dies ist in erster Linie dadurch bedingt, dass der Rheinstrom, ausgehend vom Obersee und dessen Abfluss im Seerhein, die einzelnen Teile des Untersees in ganz verschiedenem Masse erfasst und dass je nach dem Grade seiner Einwirkung die sommerliche Schichtungsstabilität im Untersee abgeschwächt wird. Im geringsten Masse ist dies im morphologisch nahezu abgeschlossenen Gnadensee der Fall. Am meisten wird durch den Rheinstrom der südliche Teil des Untersees, der Rheinsee, beeinflusst. Der Zeller See nimmt eine Mittelstellung ein. Die folgenden Darstellungen beschränken sich auf den Gnadensee und Rheinsee. Die Untersuchungsergebnisse des Zeller Sees werden nur kursorisch behandelt.

Der Jahreszyklus der Planktonproduktion und die Nährstoffzyklen verlaufen zeitlich anders als im Obersee. Für den Vergleich des Ablaufes aufeinanderfolgender Jahreszyklen wählt man zweckmässigerweise den Zeitpunkt vor Beginn der Plankton-Frühjahrsproduktion und damit im allgemeinen den Zustand grösster Nährstoffreserven des Sees. Für den Untersee ist der Monat Januar der dafür angemessene Zeitpunkt. Insofern wird

- 17 -

das "Seejahr" im Untersee auf die Zeitspanne von Januar bis Dezember als gleichlaufend mit dem Kalenderjahr festgelegt.

### GNADENSEE

#### THERMIK

Der Temperaturverlauf im Gnadensee im Seejahr 1977 ist in Abbildung 26 dargestellt. Wie gewöhnlich zeigte der See während der Sommermonate eine vertikale Temperaturschichtung mit nur wenig ausgeprägter Sprungschicht. Die Wassertemperaturen im Hypolimnion in Bodennähe erreichten 8 - 9°C. Infolge der warmen Winter 1976/77 und 1977/78 kam keine inverse winterliche Temperaturschichtung zustande, und die Vertikalzirkulation hielt den ganzen Winter über bis zum Frühjahr an. Auf diese Weise erwärmte sich im März und April das Wasser gleichmässig bis zum Seeboden. Wie die Ganglinien des Wärmeinhaltes des Gnadensees und der Wassertemperaturen in 0 m und 20 m erkennen lassen, war der zeitliche Verlauf und das Ausmass der thermischen Veränderungen ähnlich wie in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 27). Die Kenndaten der Thermik im Seejahr 1977 enthält Tabelle 23.

#### SAUERSTOFF

Die Verteilung des Sauerstoffs im Gnadensee im Seejahr 1977 ist in Abbildung 28 dargestellt. Dabei zeigt der See das typische Sauerstoffverhalten eines eutrophen Sees mit vollständigem Sauerstoffschwund in der Seetiefe von Mitte des Sommers bis zur einsetzenden Zirkulation im Herbst. Hohe Sauerstoffkonzentrationen werden bei starker Planktonentwicklung erzielt, wobei sich im Frühjahr eine Sauerstoffanreicherung bis in eine Tiefe von 15 m hinab ergibt. Die Schwankungen des Sauerstoffgehaltes des Sees sowie der Sauerstoffkonzentrationen lagen auch im Seejahr 1977 im Bereich der normalen Amplitude (Abb. 29). Die Kenndaten für die Sauerstoffverhältnisse des Seejahres 1977 sind in Tabelle 24 aufgeführt.

#### ORTHOPHOSPHAT

Das Auftreten von Orthophosphat im Gnadensee entspricht den Verhältnissen im eutrophen See. Vertikal ausgeglichene Konzentrationen im Winter und Frühjahr wechseln mit einer' extremen vertikalen Schichtung im Sommer. Orthophosphat wird in den Sommermonaten bis unter die Nachweisbarkeitsgrenze (1 mg/m<sup>3</sup>) vom Phytoplankton aufgezehrt und reichert sich umgekehrt über dem Seeboden, besonders wenn völliger Sauerstoffschwund eingetreten ist, an, wobei man annehmen darf, dass eine Rücklösung von Orthophosphat aus dem Sediment dabei eintritt. Den räumlich-zeitlichen Verlauf der Konzentrationsänderungen zeigt Abbildung 30. Die zeitlichen Veränderungen des Inhaltes von Orthophosphat im Gnadensee stellt Abbildung 30 dar. Die Schwankungen des Orthophosphatinhaltes zeigen einen typischen Jahresgang mit geringsten Werten im Frühjahr und Spitzenwerten meist zu Beginn des Winters. Die Jahresmaxima waren in den letzten Jahren bis 1976 angestiegen, danach war die Entwicklung wieder rückläufig (Abb. 31). Kenndaten für Orthophosphat im Seejahr 1977 enthält Tabelle 25.

## ANDERE GELÖSTE PHOSPHORVERBINDUNGEN

Abbildung 32 zeigt die Verteilung des gesamten gelösten Phosphors im Gnadensee. Daraus ist ersichtlich, dass zum Zeitpunkt, wo Orthophosphat gänzlich im Epilimnion aufgezehrt worden ist, gelöster Phosphor in anderer Form in einer Konzentration von einigen mg/m<sup>3</sup> stets noch vorhanden ist. Der Schwankungsverlauf der Menge des gelösten gesamten Phosphors im See ist ähnlich dem des Orthophosphates (Abbildung 31). Die Kenndaten für gesamt gelöste Phosphorverbindungen und für gelöste "hydrolisierbare" Phosphorverbindungen enthalten die Tabellen 26 und 27.

#### PHOSPHORBILANZ

Ein Teil des Phosphors im See ist an partikuläre Substanz gebunden, vorwiegend von Phytoplankton inkorporiert, bis zu einem gewissen Grade auch adsorptiv an mineralische Schwebstoffe gebunden. Die Abbildung 31 enthält die Ganglinien des Gesamtinhaltes des Gnadensees an den Komponenten Orthophosphat, gesamter gelöster Phosphor und totaler Phosphorgehalt (gelöst und partikulär). Der Verlauf aller Kurven ist fast stets gleichsinnig, d.h. die Kurvenschwankungen werden in erster Linie durch die Veränderungen der Orthophosphatmengen im See bestimmt. Bei niedrigen Orthophosphatmengen ist der relative Anteil anderer gelöster Phosphorverbindungen und vor allem auch partikulär gebundenen Phosphors am Gesamtphosphorgehalt recht erheblich. Die Schwankungen werden im Gnadensee nur wenig durch Zustrom und Ausfluss von Wasser hervorgerufen, sondern beruhen in erster Linie auf Sedimentation partikulären Phosphors und Rücklösungen aus Schwebstoffen und dem Sediment in Verknüpfung mit den Schwankungen des Sauerstoffgehaltes. Jedoch ist anzunehmen, dass das durchschnittliche Konzentrationsniveau vom Phosphorgehalt des in den Untersee einfliessenden Oberseewassers erheblich mitbestimmt wird. Die Rückläufigkeit des Inhaltes an Phosphorverbindungen im See vom Jahre 1976 über den Verlauf des Seejahres 1977 ist für alle drei genannten Parameter Orthophosphat, gelöster Gesamtphosphor und totaler Phosphor gegeben.

1.00

## NITRAT

Die Nitratgehalte im Gnadensee zeigen deutlich ausgeprägt das Verteilungsverhalten der Pflanzennährstoffe mit vertikal homochemischem Zustand während der Zirkulationsperioden und deutlichen Schichtungserscheinungen während der Sommermonate. Dabei wird Nitrat nicht nur durch Inkorporation in Phytoplankton im Epilimnion bis zu zeitweisem völligem Verschwinden aufgezehrt, sondern es wird auch unter den anaeroben Verhältnissen im Tiefenwasser während der Sommerzeit vollständig zu Ammonium reduziert. Den Gang dieser Erscheinungen im Seejahr 1977 zeigt die Abbildung 33. Wie die Ganglinien für die Schwankungen von Nitrat im Gandensee erkennen lassen (Abb. 31), lagen die jahreszeitlichen Schwankungen im Seejahr 1977 im Bereich üblicher Schwankungen in den Vorjahren. Für die Summe des Inhaltes aller anorganischen Stickstoffverbindungen im See ergibt sich ein wiederkehrender charakteristischer Jahresgang mit einem Minimum im Sommer und einem Maximum in den Wintermonaten (Abb. 31). Kenndaten für Nitrat im Seejahr 1977 enthält Tabelle 28.

#### AMMONIUM

Ammonium im Seewasser entsteht einerseits beim bakteriellen Abbau von Eiweißsubstanzen, anderserseits aber auch durch bakterielle Reduktion von Nitrat unter anaeroben Bedingungen. Wie Abbildung 34 zeigt, tritt es daher in besonders hohen Konzentrationen während der sommerlichen Stagnationszeit im Tiefenwasser des Gnadensees auf und verschwindet nach dessen Wiederbelüftung im Herbst allmählich wieder durch Oxidation zu Nitrat. Die Gesamtmengen von Ammonium, die im Gnadensee auftraten, steigerten sich bis zum Jahre 1976 und wurden im Seejahr 1977 wieder rückläufig (Abb. 31). Dies gilt auch für die im Epilimnion vorhandenen Ammoniummengen (Abb. 35). Die dicht über dem Seeboden feststellbaren Konzentrationen von Ammonium, die bis zum Jahre 1976 ebenfalls angestiegen waren, erreichten jedoch im Seejahr 1977 auch wieder die Vorjahreswerte (Abb. 36). Die Kenndaten für Ammonium im Gnadensee im Seejahr 1977 enthält Tabelle 29.

#### NITRIT

Das Verteilungsbild des Nitrits (Abb. 37) ist auch im Gnadensee dadurch bestimmt, dass es sich hierbei um ein nur kurzlebiges Zwischenprodukt der durch die Aktivität der Bakterien bestimmten Veränderungen im Redoxsystem der anorganischen Stickstoffverbindungen des Seewassers handelt. Die höchsten Konzentrationen entstehen an der oberen Grenze des anaeroben Bereiches des Tiefenwassers, wo wechselweise Ammonium durch Bakterien oxidiert oder Nitrat reduziert werden kann. Die Kenndaten für Nitrit im Gnadensee im Seejahr 1977 enthält Tabelle 30.

## KIESELSÄURE

Die Verteilung von Kieselsäure im Gnadensee ist in Abbildung 38 dargestellt. Auch sie ist durch vertikale Gleichmässigkeit während der Wintermonate und deutliche Schichtung während der Sommermonate gekennzeichnet. Infolge starker Kieselalgen-Planktonentwicklung im zeitigen Frühjahr kommt es regelmässig bereits vor Eintreten der Schichtungserscheinungen zu einer Abnahme der Kieselsäuregehalte in der gesamten Wassermasse während der Monate Februar und März. Weitere Auszehrungen erfolgen während des Sommers in den obersten Wasserschichten, während im Tiefenwasser Konzentrationsanreicherungen durch Wiederauflösung von partikulärer Kieselsäure, insbesondere in Form von Kieselalgenschalen zustandekommen. Die Schwankungen der Kieselsäuremengen im Epilimnion des Gnadensees lagen im Seejahr 1977 im Niveau der Vorjahre (Abb. 35). Beim Auftreten von Kieselsäure im Tiefenwasser des Gnadensees hat es den Anschein, dass sich die Stoffumsetzungen hinsichtlich des Siliciums in den Seejahren 1976 und 1977 gegenüber den vorhergehenden verstärkt haben. Kenndaten für Kieselsäure im Gnadensee sind in Tabelle 31 enthalten.

## ANORGANISCHER KOHLENSTOFF UND Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

Die Verteilung des anorganischen Kohlenstoffs, also der Kohlensäure und ihrer Dissoziationsprodukte Hydrogenkarbonat und Karbonat im Gnadensee zeigt die Abbildung 39. Hierbei ergibt sich wieder die gleiche Verteilung wie bei anderen Pflanzennährstoffen mit vertikal ausgegli-

chenen Konzentrationen während der Winter- und Frühjahrsmonate, einer starken Konzentrationsabnahme im Epilimnion während der sommerlichen Stagnationszeit durch Kohlensäureaufnahme der Planktonalgen bei der Photosynthese sowie durch Verluste bei der Ausfällung von Kalziumkarbonat durch Verschiebung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes. Umgekehrt ergeben sich Konzentrationszunahmen im Hypolimnion durch Entwicklung von Kohlensäure und dadurch gegebene Wiederauflösung von Kalziumkarbonat. In Abbildung 40 ist der Verlauf der Mengenänderungen an anorganischen Kohlenstoffverbindungen im Gnadensee und der Konzentrationsveränderungen des anorganischen Kohlenstoffes, des Kalziums und der pH-Werte aufgeführt. Dabei lässt sich ein regelmässiger Jahresgang der Konzentrationsveränderungen erkennen. Die Schwankungen lagen im Seejahr 1977 im Niveau der vorausgegangenen Jahre. Die stärkeren Umsatzerscheinungen im Kohlensäurehaushalt des Sees im Seejahr 1976 haben sich im Seejahr 1977 wieder abgeschwächt. Kenndaten für anorganischen Kohlenstoff, Kalzium und pH-Werte sind in den Tabellen 32 und 34 aufgeführt.

## EISEN

Ähnlich wie in den vielen anderen eutrophen Seen, so geht auch im Gnadensee bei starker Abnahme oder völligem Verschwinden des Sauerstoffs aus dem Wasser Eisen aus dem Sediment und Schwebstoffen in Lösung und verteilt sich im Hypolimnion (Abb. 41). Wie die über mehrere Jahre reichenden Ganglinien der Abbildung 36 zeigen, ist dies eine regelmässige Erscheinung des Sees. Die über dem Seegrund im Seejahr 1977 beobachteten Konzentrationen lagen im Niveau der vorausgegangenen Jahre. Kenndaten für Eisen im Gnadensee enthält die Tabelle 35.

#### PHYTOPLANKTONBIOMASSE UND CHEMISCHE BIOMASSEINDIKATOREN

Zur Feststellung der im Gnadensee auftretenden Planktonbiomasse werden ebenfalls die bei der Erörterung der Verhältnisse im Obersee beschriebenen biologischen (Planktonzählung nach Arten aufgeschlüsselt und Masseberechnung) und chemischen Methoden (Bestimmung des partikulären Phosphors und Chlorophyllgehaltes) verwendet. Abbildung 42 enthält die Ganglinien der mittleren Planktondichten und Konzentrationen in der Schicht von O bis 10 m Tiefe. Die Ganglinien der Planktonbiomasse, des Chlorophylls und des partikulären Phosphors entsprechen sich in ihrem Verlauf weitgehend. Danach liegt die höchste Planktonbiomasse im Jahresverlauf immer im zeitigen Frühjahr vor. Nach den chemischen Indikationswerten zu urteilen wäre die Biomasse im Jahre 1976 besonders extrem hoch gewesen und im Seejahr 1977 wieder auf ein geringeres Niveau gefallen. Die Ergebnisse der unmittelbaren Biomasseberechnung aus Planktonzählungen verhalten sich jedoch umgekehrt. Wie bekannt, stehen partikulärer Phosphor, Stickstoff und Chlorophyll nicht stets in einem festen Verhältnis zu einander. Abbildung 43 zeigt die Verteilung des partikulären Phosphors im Gnadensee, wobei, wie zu erwarten, höhere Werte in oberen Wasserschichten besonders im Frühjahr während der Planktonhochproduktion in Erscheinung treten. Die hohen Konzentrationen über Grund während der Sommerzeit stehen sicher nicht mit Phytoplankton in Verbindung, möglicherweise mit dem Auftreten von Bakterioplankton im Tiefenwasser, vor allem aber wohl mit Sorptionen des hier in hoher Konzentration vorliegenden Orthophosphats an Schwebstoffe. Die Kenndaten von partikulärem Phosphor und Chlorophyll für das Seejahr 1977 enthalten die Tabellen 36 und 37.

## GELÖSTE ORGANISCHE STOFFE

Einen Hinweis auf das mengenmässige Auftreten gelöster organischer Stoffe im Wasser gibt die Bestimmung des organischen Kohlenstoffs (Abb. 44). Im allgemeinen liegt die Konzentration von organischem Kohlenstoff im Gnadensee im Bereich von etwa 1 bis 2 mg/l in gelöster Form. Etwas höhere Konzentrationen treten im Frühjahr auf, und zwar nach Abklingen des Planktonproduktionsmaximums. Das erhöhte Auftreten der organischen Stoffe hängt offenbar entweder mit direkten Ausscheidungsprodukten des Planktons oder mit dem Freiwerden von organischen Substanzen aus abgestorbenen Zellen zusammen. Das anschliessende Absinken der Konzentrationswerte zeigt, dass die organischen Substanzen durch die natürlichen Degradationsprozesse zum grossen Teil wieder verschwinden. Die Kenndaten für organischen Kohlenstoff im Gnadensee für das Seejahr 1977 enthält Tabelle 38.

#### RHEINSEE

Die physikalischen, chemischen und biologischen Erscheinungen im Rheinsee und die Verteilung von gelösten und

partikulären Inhaltsstoffen werden in erheblichem Masse von der Wirkung des Rheinstromes mitbestimmt, durch den auch während der warmen Jahreszeit bis in das tiefere Wasser hinein turbulente Zirkulationserscheinungen bedingt werden. Infolgedessen sind hier die thermischen Schichtungen weniger stabil und mit geringerem Gradienten ausgebildet als in den stärker abgeschlossenen anderen Teilen des Untersees. Der Ablauf der chemischen und biologischen Erscheinungen ist im Rheinsee im Prinzip ähnlich den beim Gnadensee geschilderten Verhältnissen, wobei allerdings vertikale Konzentrationsunterschiede geringer sind infolge der stets wirksamen turbulenten Zirkulationserscheinungen. Bedeutsam ist auch, dass der Rheinsee am Seeboden nur in seltenen Fällen einen totalen Sauerstoffschwund erleidet, jedoch reicht die Reduktion des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser aus, um auch hier bis zu einem gewissen Grad Nitratreduktion zu Ammonium und Rücklösungen von Eisen und Phosphorverbindungen zu erzielen, graduell natürlich weit weniger ausgeprägt als im Gnadensee.

Im einzelnen wurden die Konzentrationsverteilungen im Isopletenbild für dieselben Parameter wie beim Gnadensee dargestellt und die zugehörigen Kenndaten für das Seejahr 1977 in Tabellenform aufgelistet. Ausserdem wurden auch hier wieder mehrjährige Ganglinien über Stoffinhalte im gesamten Wasservolumen und im Epilimnion sowie Ganglinien der Stoffkonzentrationen an der Wasseroberfläche und in der Tiefe über dem Seegrund dargestellt. Es liegen folgende Darstellungen vor:

## THERMIK

Temperaturen im Isopletenbild (Abb. 45); Ganglinien Wärmeinhalt und Wassertemperaturen (Abb. 46); Kenndaten Thermik (Tabelle 39).

### SAUERSTOFF

Isopletenbild (Abb. 47); Ganglinien Sauerstoffinhalt und Sauerstoffkonzentrationen (Abb. 48); Kenndaten Sauerstoff (Tabelle 40).

#### PHOSPHORVERBINDUNGEN

Orthophosphat im Isopletenbild (Abb. 49); Phosphor gelöst im Isopletenbild (Abb. 50); Ganglinien der Mengen von Orthophosphat, gelöstem Phosphor und totalem Phosphor im Rheinsee (Abb. 51); Ganglinien Orthophosphat und hydrolysierbarer Phosphor im Epilimnion (Abb. 52); Orthophosphat in der Seetiefe über Grund (Abb. 53); Kenndaten von Orthophosphat, gelösten Phosphorverbindungen, hydrolysierbarem Phosphor (Tabellen 41 - 43).

#### STICKSTOFFVERBINDUNGEN

Isopletendarstellungen der Verteilung von Nitrat (Abb. 54); Ammonium (Abb. 55) und Nitrit (Abb. 56); Ganglinien des Stoffinhaltes von Ammonium, Nitrat und gesamtem anorganischem Stickstoff im See (Abb. 51); Ganglinien für den Inhalt von Nitrat und Ammonium im
Epilimnion (Abb. 52); Ganglinien der Konzentrationen von Nitrat und Ammonium in der Tiefe über dem Seegrund (Abb. 53); Kenndaten von Nitrat, Ammonium und Nitrit (Tabellen 44 - 46).

#### KIESELSÄURE

Isopletenbild über die Verteilung der Kieselsäure (Abb. 57); Ganglinien der Kieselsäuremengen im Epilimnion (Abb. 52); Ganglinien der Kieselsäurekonzentrationen in der Tiefe über Grund (Abb. 53); Kenndaten der Kieselsäure (Tabelle 47).

# Anorganischer Kohlenstoff und Parameter des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes

Verteilung des anorganischen Kohlenstoffs im Isopletenbild (Abb. 58); Ganglinien des Stoffinhaltes an anorganischem Kohlenstoff, der Konzentrationen von anorganischem Kohlenstoff, Kalzium und des pH-Wertes in O m und 46 m Tiefe (Abb. 59); Kenndaten des anorganischen Kohlenstoffs, Kalziums und pH (Tabellen 48 - 50).

### EISEN

Verteilung des Eisens im Isopletenbild (Abb. 60); Kenndaten für Eisen (Tabelle 51).

### PHYTOPLANKTONBIOMASSE UND CHEMISCHE BIOMASSEINDIKATOREN

Ganglinien der Phytoplanktonbiomasse, des Chlorophyllgehaltes und von partikulärem Phosphor (Abb. 61); Verteilung von partikulärem Phosphor im Isopletenbild (Abb. 62); Kenndaten für Chlorophyll und partikulärem Phosphor (Tabellen 52 und 53).

### GELÖSTE ORGANISCHE STOFFE

Verteilung des organischen Kohlenstoffs, gelöst im Isopletenbild (Abb. 63); Kenndaten für organischen Kohlenstoff (Tabelle 54).

## ZELLER SEE

Das thermische und chemische Verhalten des Zeller Sees ähnelt stark dem des Gnadensees (vergl. Tabelle 55). Auf eine ausführliche Veröffentlichung der Daten des Zeller Sees in Abbildungs- oder Tabellenform wird daher hier verzichtet. Die Untersuchungsdaten liegen jedoch für denselben Programmumfang vor wie für den Gnadensee und den Rheinsee und sind somit für speziellere wissenschaftliche Auswertungen verfügbar. Vergleich des limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im Untersee

Der Rheinsee, Gnadensee und Zeller See bilden morphologisch ziemlich deutlich voneinander getrennte Becken im Untersee. Wie aus der Zusammenstellung der Kenndaten der Tabelle 55 hervorgeht, bestand im Seejahr 1977 in den thermischen und chemischen Verhältnissen zwischen Zeller See und Gnadensee nur wenig Unterschied. Die Stoffumsetzungen im Zeller See erscheinen im Seejahr 1977 etwas intensiver, die Maxima mancher Kenndaten, wie Nitrat, Ammonium, Orthophosphat und gelöste Phosphorverbindungen fallen höher aus als im Gnadensee. Im Rheinsee ergeben sich wegen des nicht vollständigen Sauerstoffschwundes im Tiefenwasser weniger extreme Verhältnisse.

Die Entwicklung des Phytoplanktons in den drei Seeteilen liegt zwar hinsichtlich der entwickelten Biomasse in ähnlicher Grössenordnung, der Verlauf der Planktonentwicklung jedoch, wie die unmittelbaren Planktondichteuntersuchungen sowie auch die Daten des Chlorophyllgehaltes in den verschiedenen Seeteilen zeigen, unterliegt in den kurzfristigen Schwankungen jeweils einem eigenen Rhythmus (Abb. 64). Gemeinsam ist allen drei Seeteilen jedoch die Entwicklung eines Frühjahrsplanktons sehr zeitig bereits zum Ausgang des Winters. In der Regel treten zu diesem Zeitpunkt in allen drei Teilen des Untersees die Jahresmaxima der Planktonentwicklung überhaupt auf, was im Seejahr 1977 ebenfalls der Fall war.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der Trophiezustand des Bodensee-Obersees hat sich im Seejahr 1977 gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Die Gesamtmengen des am Ende des Seejahres 1977 gelösten Phosphors blieben mit 3690 t, entsprechend einer Konzentration von 77 mg  $P/m^3$  auf dem Niveau vom Ende des vorangegangenen Seejahres 1976. Im Jahresmittel 1977 ergab sich dagegen eine Abnahme des Inhaltes an gelösten P-Verbindungen gegenüber 1976. Die Biomassekonzentration war weiterhin hoch und lag im Schwankungsbereich der letzten Jahre. Infolgedessen wurde das Orthophosphat im Epilimnion bisweilen bis auf weniger als 1 mg P/m<sup>3</sup> aufgezehrt. Allerdings sind die Reserven an gelöstem Gesamtphosphor im Epilimnion vielfach noch so hoch, dass sie bei entsprechenden Witterungsbedingungen eine weitere Steigerung der Biomasseproduktion verursachen könnten.

Durch die starke Phytoplanktonentwicklung kam es zu Sauerstoffübersättigungen im Epilimnion. Die Sauerstoffwerte erreichten an der Wasseroberfläche bis zu 166 % des Sättigungsgehaltes. Durch mikrobiellen Abbau der Biomasse wurde der Sauerstoffhaushalt des Sees belastet, wenn auch etwas weniger stark als in den vorausgegangenen Jahren. Die im Jahresverlauf auftretenden niedrigsten Sauerstoffwerte im Metalimnion (8,4 mg  $O_2/1$ ) und im Hypolimnion (6,5 mg  $O_2/1$ ) lagen höher als in den vorausgegangenen Jahren.

Die Wiederbelüftung des Tiefenwassers im Winter 1977/78 war krüftig, erreichte auch die grössten Tiefen des Sees und brachte hier die Sauerstoffkonzentrationen wieder auf 10 mg O<sub>2</sub>/l. Der Gesamtinhalt an Sauerstoff im Obersee war am Ende des Seejahres 1977 geringfügig niedriger als zu Beginn. Die Sauerstoffsituation kann zu Beginn des Seejahres 1978 als günstig angesehen werden.

Die Nährstoffverhältnisse im Bodensee-Untersee lagen im Kalenderjahr 1977 im Schwankungsbereich der vorausgegangenen Jahre. Die Phosphorinhalte im Gnadensee waren im Jahre 1977 geringer als 1976, im Rheinsee etwa gleich hoch.

In allen drei Seeteilen war die Planktonproduktion 1977 weiterhin hoch mit besonders hohen Planktondichten im zeitigen Frühjahr. Demzufolge traten im Epilimnion hohe Sauerstoffsättigungen auf. Die Sauerstoffwerte erreichten an der Wasseroberfläche des Gnadensees bis zu 164 % und im Rheinsee bis zu 157 % des Sättigungsgehaltes. Die Planktondichte war insgesamt gesehen im Untersee jedoch geringer als im vorangegangenen Jahr.

1977 trat wieder zeitweise vollständiger Sauerstoffschwund im Tiefenwasser im Gnadensee und Zeller See auf, während ein Restgehalt an Sauerstoff im Hypolimnion des Rheinsees verblieb. Phosphor wurde im Epilimnion bis unter die Nachweisbarkeitsgrenze aufgezehrt. Phosphorverbindungen aus dem Seeboden wurden in erheblichem Masse zum Zeitpunkt des völligen Sauerstoffschwundes freigesetzt und führten zu Konzentrationsanreicherungen an gelöstem Phosphor bis zu 388 mg P/m<sup>3</sup> im Gnadensee und 630 mg P/m<sup>3</sup> im Zeller See. Das Maximum im Hypolimnion des Rheinsees betrug 190 mg P/m<sup>3</sup>.













Bodensee – Obersee Fischbach – Uttwil







ABB. 7 BODENSEE-OBERSEE SAUERSTOFFINHALT 0-252 M UND SAUERSTOFFKONZENTRATIONEN 0 UND 250 M

Bodensee - Obersee Fischbach - Uttwil

 $PO_4 - P mg/m^3$ 



Abb.8



ABB. 9 BODENSEE-OBERSEE NAHRSTOFFINHALT 0-252 M







Bodensee – Obersee Fischbach – Uttwil

Abb.11 NO<sub>3</sub>-N mg/m<sup>3</sup>







Bodensee - Obersee Fischbach - Uttwil







Fischbach - Uttwil



Bodensee – Obersee Fischbach – Uttwil Abb.15 SiO<sub>2</sub> mg/l



-4



25-

Abb.16

FEBR. | MÄRZ | APRIL

1978

DEZ.

NOV.

OKT.

SEPT.

AUG.

JULI

INN

MAI

FEBR. MÄRZ APRIL

1977







Abb.18 Part.-P mg/m<sup>3</sup>



## Bodensee - Obersee Fischbach - Uttwil













Abb.24 Synoptische Übersicht über den Sauerstoffgehalt

Bodensee - Obersee



Abb.25

Synoptische Übersicht über die Aufzehrung und Akkumulation des Phosphates

Bodensee - Obersee



Fischbach - Uttwil (F),

Bereich, in dem der Phosphotgeholt an mindestens einer Untersuchungsstation kleiner als 10 mg  $PO_L - P/m^3$  (\*\*\*\*\*) bzw. kleiner als 20 mg  $PO_L - P/m^3$  (\*\*\*\*\*) ist. Phosphotgeholt  $PO_L - P$  gröfler als 100 mg/m<sup>3</sup> an den Untersuchungsstationen: L, F,H (------)

Bodensee – Untersee Gnadensee














ABB, 31 BODENSEE-UNTERSEE GNADENSEE NÄHRSTOFFINHALT 0-21 M

-



Bodensee - Untersee Gnadensee





Abb.33



Bodensee - Untersee

Abb.34













## ç







-



Bodensee – Untersee Gnadensee







----











Abb.44









÷2



Bodensee - Untersee



















ABB. 53 BODENSEE-UNTERSEE RHEINSEE BERLINGEN STOFFKONZENTRATIONEN IN 46 M



Bodensee - Untersee Berlingen

Abb.54 NO<sub>3</sub> - N mg/m<sup>3</sup>









Abb.56

Bodensee - Untersee





Bodensee - Untersee



ų.,









ABB. 61 BODENSEE-UNTERSEE RHEINSEE BERLINGEN PHYTOPLANKTONBIOMASSE UND CHEMISCHE BIOMASSEINDIKATOREN







.





Untersee Chlorophyll Abb.64



Tabelle 1 (1)

Normal-Tiefenserien an den Stationen

Fischbach-Uttwil: Für chemische Untersuchungen: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 230, 250 m.

> Für Temperaturmessungen: O - 50 m in 1 m Abstand, ferner 75, 100, 150, 200, 230, 240, 250 m.

Für Sauerstoffmessungen: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 230, 240, 250 m.

Langenargen-Arbon: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 150, 190, 200 m.

Uberlingen: 0, 0.5, 5, 10, 30, 50, 100, 135, 143 m.

Gnadensee: 0, 5, 10, 15, 20 oder 21<sup>+</sup>m.

Zeller See: 0, 5, 10, 15, 20, 22 oder 23 oder 24<sup>+</sup>m.

Rheinsee: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 44 oder 45 oder  $46^+m$ .

<sup>+</sup>je nach Seewasserstand

## Tabelle 1 (2)

Untersuchungstermine Januar 1977 bis März 1978 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L), Überlingen (Ü), Gnadensee (G), Zeller See (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R). Sonderprogramm Temperatur und Sauerstoff an Station Fischbach-Uttwil (FS).

## OBERSEE-STATION

UNTERSEE-STATION

11.	1.1977	F	$\mathbf{L}$		7.	1.1977			R
19.	1.			ť	24.	1.		$\mathbf{Z}$	
26.	1.	FS			31.	1.	G		R
8.	2.	F	L		14.	2.	G	z	
23.	2.	FS			28.	2.			R
28.	2.			Û	14.	3.	G	z	
8.	з.	F	L		28.	3.			R
10.	3.			Ü	4.	4.	G	z	
23.	3.	FS			25.	4.			R
5.	4.	F	L		2.	5.	G	z	
12.	4.			ť	25.	5.			R
19.	4.	FS			31.	5.	G	$\mathbf{z}$	
10.	5.	F	L	Ü	13.	6.	G	z	
25.	5.	FS			22.	6.			R
7.	6.	F	$\mathbf{L}$		4.	7.			R
14.	6.			Ũ	6	7.	G	z	
20.	6.	FS			8.	8.			R
5.	7.	F	L		9.	8.	G	z	
12.	7.			U	31.	8.			R
20.	7.	FS			7.	9.	G	z	
2.	8.	F	L		28.	9.			R
9.	8.			Ü	3.1	ο.	G	$\mathbf{z}$	
11.	8.	FS			25.1	0.			R
5.	9.	F	L		2.1	1.	G	z	
# OBERSEE-STATION

6.	9.			Ü
13.	10.			Ü
25.	10.	F	L	
8.	11.	F	$\mathbf{L}$	Û
23.	11.	FS		
6.	12.	F	L	
13.	12.			Ü
19.	12.	FS		
10.	1.78	F	L	Ü
14.	2.	F	L	
21.	2.	FS		Ũ
7.	3.	F	L	
15.	3.	FS		
28.	з.			ť

11.	11.			R
12.	12.			R
19.	12.	G	z	
16.	1.78			R
23.	1.	G	z	
13.	2.			R
6.	3.	G	z	
20.	3.			R

# Tabelle 1 (3)

Liste der untersuchten Inhaltsstoffe für die Untersuchungsstationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L), Überlingen (Ü), Gnadensee (G), Zeller See (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

Temperatur	F	U	L	G	Z	R
Leitfähigkeit bei 20 <sup>0</sup> C	F	Ü	L	G	z	R
pH	F	Ü	L	G	z	R
Sauerstoff	F	U	L	G	$\mathbf{Z}$	R
freies CO <sub>2</sub>		Ü		G	$\mathbf{z}$	R
Alkalinität	F	Ü	L	G	z	R
Gesamthärte	F		L	G	$\mathbf{z}$	R
Kalzium	F	Ü	L	G	z	R
Silikat	F		L	G	z	R
Orthophosphat	F	Ü	L	G	$\mathbf{Z}$	R
Phosphor gelöst (im Fil-	F	Ū	L	G	z	R
trat nach Aufschluss)						
Phosphor total (im Roh-	F		L	G	z	R
wasser nach Aufschluss)						
Ammonium	F		L	G	z	R
Nitrit	F		L	G	z	R
Nitrat	F	Ū.	L	G	z	R
Kjeldahl-Stickstoff	F		L	G	z	R
im Filtrat						
Kjeldahl-Stickstoff	F		L			
im Rohwasser	2					
partikulärer Stickstoff	F		L			
direkt						
Chlorophyll (a+b+c)	F			G	z	R
nach Goltermann						
Phaeophytin nach Goltermann	F			G	z	R
Chlorid	F		L	G	z	R
Sulfat	F		L			
Eisen gelöst	F		L	G	z	R

Mangan gelöst	F		L				
Natrium	F		L				
Kalium	F		L				
Organischer Kohlenstoff		Ŭ		G	Z	R	
(im Filtrat)							
Organischer Kohlenstoff				G	z	R	
total (im Rohwasser)							
KMNO <sub>4</sub> -Verbrauch	F		$\mathbf{L}$				
Chemischer Sauerstoffbedarf		Ü		G	z	R	
(Bichromat)							
Extinktion bei 240 nm	F	ť	L	G	z	R	
Berechnete Inhaltsstoffe:							
pH korrigiert auf aktuelle	F		L	G	Z	R	
Temperatur							
Sauerstoffsättigung in %	F	Ü	L	G	Z	R	
Anorganischer Kohlenstoff	F		L	G	z	R	
Magnesium (aus Gesamthärte	F		L	G	z	R	
und Kalzium)							
<sup>H</sup> 2 <sup>CO</sup> 3 <sup>+CO</sup> 2	$\mathbf{F}$		L	G	Z	R	
Hydrogenkarbonat	F		$\mathbf{L}$	G	Z	R	
Karbonat	F		$\mathbf{L}$	G	z	R	
Gleichgewichtskohlensäure	F		L	G	z	R	
Calcitsättigung	F		L	G	Z	R	
ausgefallender Kalk (nach	F		L	G	Z	R	
Jacobson/Langmuir)							
Phosphor partikulär	F		L	G	z	R	
(P-TOT - P-FIL)							
Phosphor hydrolysierbar	F		$\mathbf{L}$	G	Z	R	
$(P-Fi1 - PO_4-P)$							
Anorganischer Stickstoff	F		L	G	z	R	
gelöst (N-KJF - NH <sub>4</sub> -N)							
Gesamtstickstoff	F		$\mathbf{L}$				
Summe der Kationen	F		L				

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fisch	bach-Uttwil)	Seejahr 1977 Zeitpunkt
Wärmeinhalt in 10 <sup>12</sup> kca	1	
See total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	235 220 331 212	5.4.77 4.4.78 Juli März
Wärmebilanz in 10 <sup>12</sup> kac	al	
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr von 5.45.7.77 von 5.7.77-7.3.78	-15 +96 -119	
Messwerte in <sup>O</sup> C		
Epilimnion		
Maximum Minimum	21,0 4,5	Juli Febr./März
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum Minimum	4,5	

#### SEEKENNDATEN

Į.

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Sauerstoff

Zeitpunkt Stoffinhalt in 103 t See total Beginn Seejahr 555 5.4.77 Ende Seejahr 543 4.4.78 Maximum 555 April Minimum 465 Dezember Epilimnion (o-10 m) Maximum 61 Mai Minimum 42 August Hypolimnion (200-252,5 m) 14,1 Maximum April Minimum 10,5 Januar in  $10^3$  t Stoffbilanz Veränderungen Anfang-Ende Seejahr -12 -90 von 5.4.-6.12.77 von 6.12.77-4.4.78 +78 Messwerte in mg 02/1 "O" m Maximum 15,1 Mai Minimum 10,0 August in Seebodennähe (250 m) Maximum 10,0 März Minimum 6,5 September

1000		-	-		
11271	ha		10	× 7	
101		4.0	10		b
_	_	_	_		

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Orthophosphat Zeitpunkt Stoffinhalt in t See total Beginn Seejahr 4.4.77 3660 Ende Seejahr 3540 5.4.78 Maximum 3660 April Minimum 3110 September Epilimnion (o-10 m) Maximum 216 März Minimum 10 Juli Stoffbilanz total in t Veränderungen Anfang-Ende Seejahr -120 von 4.4.-5.9.77 -550 von 5.9.77-5.4.78 +430 Messwerte in mg PO4-P/m<sup>3</sup> Epilimnion (O-10 m) Maximum 71 Febr./März Minimum <1 Juli/September in Seebodennähe (250 m) Maximum 119 November Minimum 78 März

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Phosphor gelöst Zeitpunkt Stoffinhalt in t See total Beginn Seejahr 3740 4.4.77 Ende Seejahr 5.4.78 3690 Maximum 3910 Mai Minimum 3520 Dezember Jahresmittelwert 3640 Epilimnion (0-10 m) Maximum 316 Februar Minimum 33 April/März Hypolimnion (200 - 252,5 m) Maximum 160 November Minimum 116 März Stoffbilanz total in t Veränderungen Anfang-Ende Seejahr -50 Messwerte in mg P/m<sup>3</sup> Epilimnion (O-10 m) Maximum 75 Mai Minimum 5 September in Seebodennähe (250 m) Maximum 119 November Minimum 78 März

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Nitrat Zeitpunkt Stoffinhalt in 10<sup>3</sup> t See total Beginn Seejahr 39,1 5.4.77 Ende Seejahr 41,8 4.4.78 Maximum 39,1 April Minimum 33,5 Oktober Epilimnion (O-10 m) Maximum 3,6 Februar Minimum Oktober 1,1 Hypolimnion (200 - 252,5 m) Maximum 1,4 August Minimum 1,1 Oktober Stoffbilanz total in t Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +270 Messwerte in mg NO3-N/m3 "O" m Maximum 850 Februar Minimum 270 Oktober in Seebodennähe (250 m) Maximum 1000 August Minimum 810 Dezember

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Ammonium Zeitpunkt Messwerte in mg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> Epilimnion (0-10 m) Maximum 130 Juni Minimum <10 Dezember in Seebodennähe (250 m) Maximum 40 Juni, Dez. Minimum <10 Aug., Dez. Tabelle 8 SEEKENNDATEN Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Nitrit Zeitpunkt Messwerte in mg NO<sub>2</sub>-N/m<sup>3</sup> Epilimnion (0-10 m) Maximum 17 August Minimum <1 FebruarMärz in Seebodennähe (250 m) Maximum 5 März Minimum <1 April SEEKENNDATEN Tabelle 9 Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Kieselsäure Zeitpunkt Messwerte in mg SiO<sub>2</sub>/1 Epilimnion (O-10 m) Maximum 3,7 März Minimum 0,1 September in Seebodennähe (250 m) Maximum 4,8 Okt., Nov. Minimum 3,2 Mai

#### SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Anorganischer Kohlenstoff Zeitpunkt Stoffinhalt in 10<sup>6</sup> kmol See total Beginn Seejahr 117 5.4.77 Ende Seejahr 119 4.4.78 Maximum 121 Mai Minimum 115 November Epilimnion (O-10 m) Maximum 10,8 Mai Minimum 8,5 September Hypolimnion (200 - 252,5) Maximum 3,8 Dezember Minimum 3,6 März Stoffbilanz total in 10<sup>6</sup> kmol Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +2 Messwerte in mmol/1 Epilimnion (o-10 m) Maximum 2,46 Mai Minimum 1,93 August in Seebodennähe (250 m) Maximum 2,72 November Minimum 2,51 März

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Kalzium

Zeitpünkt Stoffinhalt in 10<sup>6</sup> kval See total Beginn Seejahr 114 5.4.77 Ende Seejahr 116 4.4.78 Maximum 119 Juli Minimum 110 November Epilimnion (O-10 m) Maximum Mai 11 Minimum 8,6 August Hypolimnion (200 - 252,5 m) Maximum 3,6 Dezember Minimum 3,4 September Stoffbilanz total in 10<sup>6</sup> kval Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +2Messwerte in mval/1 Epilimnion (O-10 m) Maximum 2,53 Mai 1,99 Minimum August in Seebodennähe (250 m) Maximum 2,52 Dezember Minimum 2,33 September

Tabelle 12	SEEKENNDATEN			
Bodensee-Obersee pH	(Fischbach-Uttwil)	Seejahr 1977		
		Zeitpunkt		
Messwerte in pH-H	linheiten			
Epilimnion (0-10	m)			
Maximum	8,80	Juli Januar		
in Seebodennähe (	(250 m)			
Maximum Minimum	8,04 7,53	März September		

Tabelle 13	SEEKEN	NDATEN
Bodensee-Obersee	e (Fischbach-Uttwil)	Seejahr 1977
Phosphor partiku	ılär	
		Zeitpunkt
Messwerte in mg	P/m <sup>3</sup>	
Epilimnion (0-10	) m)	
Maximum	36	September
Minimum	<1	Febr.,März
in Seebodennähe	(250 m)	
Maximum	14	Dezember
Minimum	1	Juli,Sept., Feburar

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Stickstoff partikulär

Messwerte in mg N/m <sup>3</sup>		Zeitpunkt
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum Minimum	370 30	Mai Febr.,März
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum Minimum	100 <10	Oktober Juni

Tabelle 15

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Chlorophyll (a+b+c)

Zeitpunkt

Messwerte in mg Chlorophyll/m<sup>3</sup> "O" m Maximum 31 Mai Minimum 1,4 Februar

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Natrium

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in 10 <sup>3</sup> t		
See total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr	183 202	5.4.77 4.4.78
Stoffbilanz total in 10 <sup>3</sup> t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+19	
Messwerte in mg/1		
"O" m		
Maximum Minimum	4,2 3,3	Dezember September
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum Minimum	4,4 3,8	Okt.,Dez. April

Tabe	1	le	1	7
------	---	----	---	---

10

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Kalium

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in 10 <sup>3</sup> t		
See total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr	58,5 66,2	4.4.77 5.4.78
Stoffbilanz total in 10 <sup>3</sup> t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+7,7	
Messwerte in mg/1		
"O" m		
Maximum Minimum	1,0 1,4	August März
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum Minimum	1,5 1,1	November Mai

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Chlorid

Stoffinhalt in 10 <sup>3</sup> t		Jonopainto
See total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr	206 218	4.4.77 5.4.78
Stoffbilanz total in 10 <sup>3</sup> t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+12	
Messwerte in mg Cl/l		
"O" m		
Maximum Minimum	4,2 3,3	Dezember August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum Minimum	5,0 4,0	April,Dez. Mai

Tabelle 19

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Sulfat

		Zeitpunkt
Messwerte in mg SO4/1		
"O" m		
Maximum	37	Februar
Minimum	32	August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	39	Juni
Minimum	36	Dezember

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977 Alkalinität Zeitpunkt Stoffinhalt in 10<sup>6</sup> kval See total Beginn Seejahr 5.4.77 116 Ende Seejahr 117 4.4.78 Stoffbilanz total in 10<sup>6</sup> kval Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +1Messwerte in mval/1 "O" m Maximum 2,51 Mai Minimum 1,98 August in Seebodennähe (250 m) Maximum 2,58 Mai Minimum 2,48 März.

SEEKENNDATEN

Eisen total Zeitpunkt Stoffinhalt in 10<sup>3</sup> t See total Beginn Seejahr 16 5.4.77 Ende Seejahr 14 4.4.78 Maximum 125 Mai Minimum 8 Januar Messwerte in mg Fe/m<sup>3</sup> "O" m Maximum 32 Mai Minimum 1 Juni Epilimnion (O-10 m) Maximum 42 Juli Minimum 1 Juni in Seebodennähe (250 m) Maximum 29 September Minimum 4 Mai, Juli

Tabelle 22	SEEKE	SEEKENNDATEN	
Bodensee-Obersee Mangan (total	(Fischbach-Uttwil)	Seejahr 1977	
Messwerte in mg M	ín/m <sup>3</sup>	Zeitpunkt	
Epilimnion (0-10	m)		
Maximum Minimum	17 <1	Mai März	
in Seebodennähe	(250 m)		
Maximum Minimum	80 5	August Mai	

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1977

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Thermik

		Zeitpunkt
Wäremeinhalt in 10 <sup>6</sup> kcal		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	298 325 2316 298	31.1.77 23.1.78 August Januar 77
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	1811 196	August Januar 77
Stoffbilanz total in 10 <sup>6</sup>	kcal	
Veränderungen Anfang-Ende Seejahr von 31.19.8.77 von 9.8.77-23.1.78	+27 +2018 -1991	
Messwerte in <sup>O</sup> C		
"O" m		
Maximum Minimum	23,3 2,1	Juli Januar 77
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	9,4 2,7	Oktober Januar 77

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Sauerstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	1690 1670 2000 717	31.1.77 23.1.78 März September
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	1420 670	März September
Stoffbilanztotal in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr von 31.17.9.77 von 7.9.77-23.1.78	-20 -972 +952	
<u>Messwerte</u> in mg O <sub>2</sub> /1 "O" m		
Maximum Minimum	16,8 8,2	März November
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	16,5 1,6	März September
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	11 5	Januar 78 Juli-Nov.

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Orthophosphat

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	14,5 11,3 14,5 4,8	31.1.77 23.1.78 Januar 77 Juli
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	9,7 0,2	Januar 77 August
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-3	
Messwerte in mg PO4-P/m		
"O" m und Epilimnion (O-1	10 m)	221
Maximum Minimum	105 <1	Januar 77 Juli-Sept.
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	346 34	September April

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Phosphor gelöst

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	16,7 14,0 16,7 5,8	31.1.77 23.1.78 Januar 77 Juli
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	11,2 0,8	Januar 77 August
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr <u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>	-2,7	
"O" m und Epilimnion (O-10	m)	
Maximum Minimum	121 3	Januar 77 Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	388 57	September April

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Phosphor hydrolysierbar

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	2,2 2,7 2,95 1,0	31.1.77 23.1.78 September Juli
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	1,7 0,5	November Juli
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr <u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>	+0,5	
Maximum Minimum	21	April
Epilimnion (O-10 m)	5	JUII
Maximum Minimum	22 3	September Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	50 12	Oktober Mai

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Nitrat

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	83 106 106 8	31.1.77 23.1.78 Januar 78 Oktober
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	73 7	Januar 78 Oktober
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr <u>Messwerte</u> in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>	+23	
"O" m und Epilimnion (O	-10 m)	
Maximum Minimum	780 0	Januar 78 September
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	780 0	März Juli-Nov.

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Ammonium

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	44 24 61 8	31.1.77 23.1.78 November März
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	29 4	Januar 77 März
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-20	
Messwerte in mg NH4-N/m3		
"O" m		
Maximum Minimum	320 <10	Januar 77 Juni,Juli, September
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	360 <10	September Juni, Juli, September
in Seebodennähe (21 m)	18	
Maximum Minimum	1920 90	September April

SEEKENNDATEN

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Nitrit

		Zeitpunkt
Messwerte in mg NO2-N/1	n <sup>3</sup>	
"O" m und Epilimnion ((	0-10 m)	
Maximum	21	Januar 78
Minimum	0	Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	26	Juni
Minimum	0	Juli-Nov.
Tabelle 31	SEEKENN	DATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Kieselsäure

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	333 356 380 3	31.1.77 23.1.78 Februar März
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	252 0	Februar März,Mai
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+23	
Messwerte in mg SiO <sub>2</sub> /1		
Maximum Minimum	2 <b>,7</b> 0	Februar März
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	2,8 0	Februar März,Mai
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	6,0 0,1	November März

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Anorganischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in 10 <sup>3</sup> kmol		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	332 332 356 300	31.1.77 23.1.78 Mai Juli
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	240 185	Mai August
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	0	
Messwerte in mmol/1		
"O" m und Epilimnion (O-10	m)	
Maximum Minimum	2,60	Mai Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum Minimum	3,16 2,43	September Februar

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Kalzium Zeitpunkt Stoffinhalt in 10<sup>3</sup> kval Gnadensee total Beginn Seejahr 337 31.1.77 Ende Seejahr 339 23.1.78 Maximum 357 Mai Minimum 292 Oktober Epilimnion (O-10 m) Maximum 241 Mai Minimum 187 August Stoffbilanz total in 10<sup>3</sup> kval Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +2 Messwerte in mval/1 "O" m Maximum 2,58 April,Mai Minimum 1,68 Juöi Epilimnion (0-10 m) Maximum 2,68 Mai Minimum 1,68 Juli in Seebodennähe (21 m) 2,74 Maximum Juni Minimum 2,44 Oktober

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 pH

Zeitpunkt Messwerte in pH-Einheiten "O" m und Epilimnion (O-10 m) Maximum 8,67 Juli Minimum 7,90 März in Seebodennähe (21 m) Maximum 8,40 April Minimum 7,32 September

Tabelle 35

### SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Eisen total

Zeitpunkt Stoffinhalt in t Gnadensee total 9,3 Beginn Seejahr 31.1.77 Ende Seejahr 7,9 23.1.78 Maximum 9,3 Januar 77 Minimum 4,6 Juni Epilimnion (0-10 m) Maximum 5,0 Februar Minimum 2,8 Juni Stoffbilanz total in t Veränderungen Anfang-Ende Seejahr -1,4 Messwerte in mg Fe/m3 "O" m und Epilimnion (o-10 m) Maximum 59 Oktober 20 Minimum September in Seebodennähe (21 m) Maximum 742 August Minimum 57 April

SEEKANNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Phosphor partikulär Zeitpunkt Stoffinhalt in t Gnadensee total Beginn Seejahr 2,7 31.1.77 Ende Seejahr 2,2 23.1.78 Maximum 6,0 März Minimum 1,6 Oktober Epilimnion (O-10 m) Maximum 4,3 März Minimum Oktober 1,1 Stoffbilanz total in t Veränderungen -0,5 Anfang-Ende Seejahr Messwerte in mg P/m<sup>3</sup> "O" m Maximum 48 März Minimum 12 Oktober Epilimnion (O-10 m) 48 Maximum März Minimum 9 Mai,Juni in Seebodennähe (21 m) 70 August Maximum 18 Februar Minimum

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Chlorophyll (a+b+c)

Zeitpunkt

Messwerte in mg Chloroph	yll/m <sup>3</sup>	
Mittelwert Wasserschicht 0-20 m		
Maximum	22,5	April
Minimum	4,9	Mai

Tabelle 38

# SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1977 Organischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
Messwerte in mg C/1		
"O" m		
Maximum Minimum	4,1 0,8	April Juni
in Seebodennähe (21 m)	2.4	
Maximum Minimum	2,2 0,3	April Juni

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Thermik Zeitpunkt Wäremeinhalt in 10<sup>6</sup> kcal Rheinsee total Beginn Seejahr 3.1.77 1730 Ende Seejahr 1980 16.1.78 Maximum 8140 August Minimum 1720 Februar

Wärmebilanz total in 10<sup>6</sup> kcal Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr von 3.1.-8.8.77 von 8.8.77-16.1.78 +6410 -6160 Messwerte in <sup>o</sup>C

"0" m

Juli Maximum 21,7 Minimum Januar 3,3 in Seebodennähe (46 m) Maximum 8,0 Oktober Minimum 3,6 Februar

+250

Tabelle	40

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Sauerstoff

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	5530 5710 6130 3770	3.1.77 16.1.78 Mai August
Stoffbilanz in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr von 3.125.5.77 von 25.531.8.77 von 31.8.77-16.1.78	+180 +600 -2360 +1760	
Messwerte in mg 02/1		
"O" m		
Maximum Minimum	15,1 9,3	Mai August
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	15,1 9,1	Mai September
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	11,5	April September

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Orthophosphat

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	40,6 39,0 40,6 13,9	3.1.77 16.1.78 Januar 77 August
Epilimnion (o-10 m)		
Maximum Minimum	17,2 0,7	Februar August
<u>Stoffbilanz</u> total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-0,4	
Messwerte in mg PO4-P/m <sup>3</sup>		
Maximum	79 ~1	Januar
Epilimnion (0-10 m)		bull
Maximum Minimum	80 <1	Januar 77 Juli
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	195 74	Oktober Januar 77

Tabelle 42	SEEKENNDA!	PEN
Bodensee-Untersee (Berlinger Phosphor gelöst	n) Seejahr	1977
Jo		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	48 45 48 19	3.1.77 16.1.78 Januar 77 September
Epilimnion (o-10 m)		
Maximum Minimum	20 2	Januar 77 August
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-3	
Messwerte in mg P/m <sup>3</sup>		
"O" m und Epilimnion (O-10 m	1)	
Maximum Minimum	92 9	Januar 77 August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	218 78	Oktober April
	×.	
Tabelle 43	SEEKENNDAT	EN
Bodensee-Untersee (Berlingen	) Seejahr 1	977

Phosphor hydrolysierbar

Zeitpunkt

<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"O" m und Epilimnion (O-10	) m)	
Maximum	15	Oktober
Minimum	6	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	24	Juli
Minimum	10	Februar

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Nitrat

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	403 446 446 175	3.1.77 16.1.78 Januar 78 August
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	189 52	Januar 78 August
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr <u>Messwerte</u> in mg No <sub>3</sub> N/m <sup>3</sup>	+43	
"O" m und Epilimnion (o-10	m)	
Maximum Minimum	880 180	Januar 78 Juli
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	1150 470	März September
SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Ammonium

		Zeitpunkt
826 221 826 75		3.1.77 16.1.78 Januar 77 April
346 22		Januar 77 August
-605		
160 <10		Januar 77 März, Mai, Juni -
		August
370 60		Juni April
	826 221 826 75 346 22 -605 160 <10 370 60	826 221 826 75 346 22 -605 160 <10 370 60

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Nitrit

Zeitpunkt Messwerte in mg NO2-N/m3 "O" m Maximum 15 Oktober Minimum 3 März Epilimnion (O-10 m) Maximum 20 Juli Minimum 3 März in Seebodennähe (46 m) 68 Oktober Maximum Minimum 5 Mai

Tabelle 47

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Kieselsäure

Zeitpunkt Stoffinhalt in t Rheinsee total Beginn Seejahr 140 3.1.77 Ende Seejahr 146 16.1.78 Maximum 147 Februar Minimum 41 August Epilimnion (O-10 m) Maximum 62 Februar Minimum 6 August Stoffbilanz total in t Veränderungen Anfang-Ende Seejahr +6Messwerte in mg SiO2/1 "O" m und Epilimnion (O-10 m) Maximum 2,9 Februar Minimum 0,2 August in Seebodennähe (46 m) Maximum 3,9 Juli Minimum 2,1 August

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Anorganischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in 10 <sup>3</sup> kmol		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	1260 1240 1263 1060	3.1.77 16.1.78 April August
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	540 420	April August
Stoffbilanz total in 10 <sup>3</sup> kmol		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-20	
Messwerte in mmol/1		
"O" m und Epilimnion (O-10 m)		20
Maximum Minimum	2,48	Januar,April Juli
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	2,72 2,45	Juli Februar

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Kalzium Zeitpunkt

<u>Stoffinhalt</u> in 10 <sup>3</sup> kval		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	1240 1250 1310 1070	3.1.77 16.1.78 Mai August
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	550 430	Mainsa Angust
Messwerte in mval/1		
"O" m und Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	2,56 1,96	April August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	2,70 2,30	Juni August

2

Tabelle 50

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 pH

Zeitpunkt

8,90	Juli
7,70	Januar 77
8,07	April
7,41	August
	8,90 7,70 8,07 7,41

Tabelle 51	SEEKENNDATEN		
Bodensee-Untersee (Berlingen)	Seejahr 197	7	
Eisen total			
		Zeitpunkt	
Stoffinhalt in t			
Rheinsee total			
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	19 22 24	3.1.77 16.1.78 Juni	
Stoffbilanz total in t	10	nugube	
Veränderungen			
Anfang-Ende Seejahr	+3		
Messwerte in mg Fe/m <sup>3</sup> "O" m			
Maximum Minimum	45 25	Juni August	
Epilimnion (O-10 m)			
Maximum Minimum	51 14	Juni August	
in Seebodennähe (46 m)			
Maximum Minimum	351 51	September Oktober	

Tabelle	52

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Phosphor partikulär

		Zeitpunkt
Stoffinhalt in t		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr Ende Seejahr Maximum Minimum	2,1 2,7 12,1 2,1	3.1.77 16.1.78 Mai Januar 77
Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	8,1 0,9	Mai Januar 77
Stoffbilanz total in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr <u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>	+0,6	
"O" m und Epilimnion (O-10 m)		
Maximum Minimum	43 4	Mai Januar
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum Minimum	34 6	September Februar

Bodensee-Untersee (Berlingen) Séejahr 19	77
Chlorophyll (a+b+c)	
	Zeitpunkt
Messwerte in mg Chlorophyll/m <sup>3</sup>	
Mittelwert Wasserschicht O-20 m	
Maximum 25,1	Mai
Minimum 2,8	Januar 77

Tabelle 53

## SEEKENNDATEN

Zeitpunkt

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1977 Organischer Kohlenstoff

Messwerte in mg C/l

Messwerce in my of I		
"O" m		
Maximum	3,8	Mai
Minimum	0,6	September
in Seebodennähe (46 m)	12	
Maximum	3,9	Mai
Minimum	0,3	Juli
•		

Vergleich von Messwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Untersees Seejahr 1977 Gnadensee (G), Zeller See (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

Messwerte "O" m	G	z	R
Temperatur in <sup>O</sup> C			
Maximum Minimum	23,3 2,1	22,6	21,7 3,3
Sauerstoff in mg/l			
Maximum Minimum	16,8 8,2	16,5 8,2	15,1 9,3
pH in pH-Einheiten			
Maximum Minimum	8,67 7,90	8,80 8,00	8,90 7,70
Orthophosphat in mg PO4-1	e/m <sup>3</sup>		
Maximum Minimum	105 0	126 O	79 O
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum Minimum	780 0	1290 10	880 180
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum Minimum	320 <10	280 <10	160 <10
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum Minimum	59 20	51 6	45 25
Phosphor partikulär in me	g P/m <sup>3</sup>		
Maximum Minimum	70 <sup>-</sup> 18	71 10	43 4

Tabelle 55 (Fortsetzung )

Messwerte in Seebodennähe	G	Z	R	
Temperatur in <sup>O</sup> C				
Maximum Minimum	9,4 2,7	10,2	8,0 3,6	
Sauerstoff in mg/l				
Maximum Minimum	11,5 0,0	11,1 0,0	11,5 2,8	
pH in pH-Einheiten				
Maximum Minimum	8,40 7,32	8,20 7,30	8,07 7,41	
Orthophosphat in mg PO4-H	?/m <sup>3</sup>			
Maximum Minimum	346 34	590 60	195 74	
Nitrat in mg NO3-N/m <sup>3</sup>				
Maximum Minimum	1920 90	2010 60	370 60	
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>				
Maximum Minimum	742 57	850 68	351 51	

R

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg Postfach 7000 Stuttgart 1

Bayern:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Abholfach 8000 München 1

Österreich:

Amt der Vorarlberger Landesregierung Montfortstr. 4 A 6901 Bregenz

Schweiz:

Eidgenössisches Amt für Umweltschutz Monbijoustr. 8 CH 3003 Bern



ROLFIND FLFIXMETER OFFSETDRUCK · REPRODUKTION · SFITZ RUF 07244/8052 DAHINHOFSTRFISSE 40 · 7504 WEINGFRITEN