

*Bibliothek Langenarzen*

Internationale Gewässerschutzkommission  
für den Bodensee

Jahresbericht über den  
limnologischen Zustand des Bodensees

Nr. 8

Der limnologische Zustand des Freiwassers  
von Januar 1981 bis März 1982



Internationale Gewässerschutzkommission  
für den Bodensee

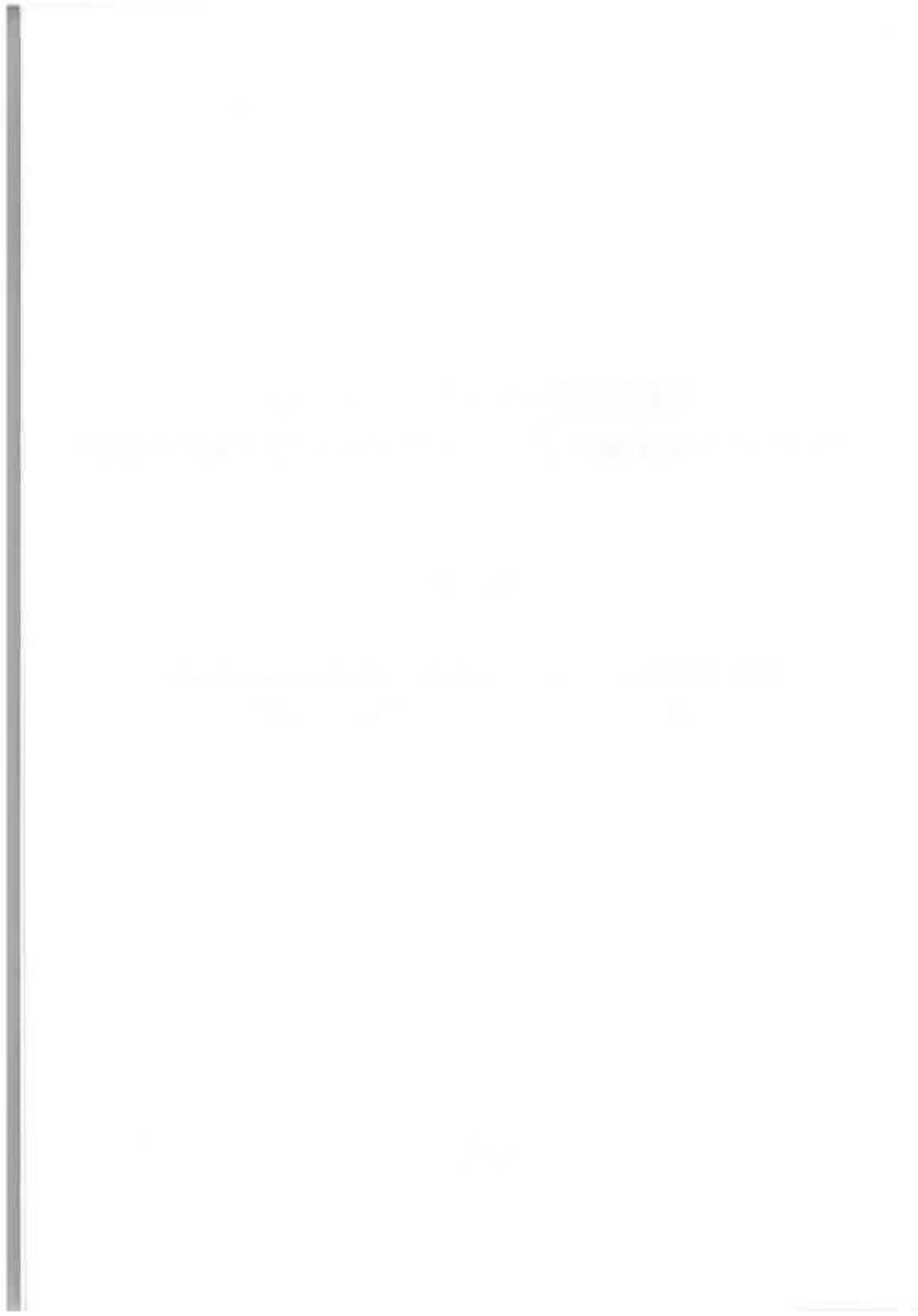
Jahresbericht über den  
limnologischen Zustand des Bodensees

Nr. 8

Der limnologische Zustand des Freiwassers  
von Januar 1981 bis März 1982

Bearbeiter: W. Schmitz + H. Müller

– 1985 –



## VORWORT

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee veröffentlicht hiermit den Jahresbericht über die Ergebnisse der regelmässigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees für das Jahr 1981. Der Bericht wurde von der Arbeitsgruppe "Freiwasseruntersuchungen der Kommissionssachverständigen ausgearbeitet. Mitglieder dieser Arbeitsgruppe waren im Berichtsjahr:

Dr. Helmut Müller, Langenargen, Koordinator

Prof. Dr. Heinz Ambühl, Dübendorf

Dr. Heinrich Bühler, Dübendorf

Dr. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf

dipl.phil.nat. Urs Engler, St. Gallen

Dr. Henno Rossknecht, Langenargen

Dr. Roland Schröder, Insel Reichenau

Dr. Christian Steinberg, München

Dr. Benno Wagner, Bregenz

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

Vorarlberger Umweltschutzanstalt in Bregenz:

Untersuchungen des Chemismus in der Bregenzer Bucht

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Dübendorf, Fachabteilung Hydrobiologie/Limnologie: Datenverarbeitung

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 Kohlen-  
stoff im Untersee

Physikalisch-chemische Untersuchungen des Überlinger  
Sees an der Probenahmestelle zwischen Überlingen und  
Wallhausen wurden von der Arbeitsgemeinschaft Wasser-  
werke Bodensee-Rhein (AWBR) und Engler-Bunte-Institut,  
Bereich Wasserchemie, der Universität Karlsruhe durch-  
geführt. Die Ergebnisse werden jeweils in den AWBR-  
Jahresberichten veröffentlicht und sind daher hier nicht  
enthalten.

## INHALT

	Seite	Abb.	Tabelle
EINLEITUNG	3	1	1
TEIL I: 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	5,6
Phosphorbilanz	9	9	7
Nitrat	10	9,11,12	8
Ammonium	10	12,13	9
Nitrit	11	12,14	10
Silikat	11	12,15	11
Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	12	12,16,17	12-14
Chemische Indikation der Phytoplanktonproduktion	13	18-21	15-16
Phytoplanktonbiomasse	14	21,22	
Quantitativ vorherrschende Ionen	14		13 18-24
Mangan und Eisen	14	23	25,26
Gelöste organische Stoffe	15		27,28
Vergleich des limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im Obersee	16		29

TEIL 2: BODENSEE-UNTERSEE

GNADENSEE

Thermik	18	24-27	30
Sauerstoff	18	26,27	31
Orthophosphat	19	28,29	32
Andere gelöste Phosphorverbindungen	20	30	33,34
Phosphorbilanz	20	29	
Nitrat	21	29,31	36
Ammonium	22	32-34	37
Nitrit	22	35	38
Silikat	23	33,36	39
Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	23	37,38	40-43
Eisen	24	39	44
Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren	25	40,41	45,46
Gelöste organische Stoffe	26		47
Quantitativ vorherrschende Ionen	26		41,42 48-50

RHEINSEE	27	40-59	51-71
----------	----	-------	-------

ZELLER SEE	30		72
------------	----	--	----

VERGLEICH DES LIMNOLOGISCHEN ZUSTANDES AN VERSCHIEDENEN UNTERSUCHUNGSSTATIONEN IM UNTERSEE	31	60	72
--	----	----	----

ZUSAMMENFASSUNG	32		
-----------------	----	--	--

TABELLEN

ABBILDUNGEN

## E I N L E I T U N G

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 (EAWAG) und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, auf EDV-Datenträger und in Tabellen archiviert. Die monatlichen Datentabellen wurden den damit direkt befassten Stellen von der EAWAG zugestellt. Im folgenden wird in Form von Isoplethen-Abbildungen die vertikale und zeitliche Verteilung der Konzentrationen verschiedener Parameter des Gütezustandes übersichtlich dargestellt.

Neben Thermik und Sauerstoffverhältnissen werden die Pflanzennährstoffe (Orthophosphat, Nitrat, Silikat, Kohlensäure) behandelt, ferner die Dynamik 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. Zustandsänderungen 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 für die wichtigsten chemischen und biologischen Befunde eine mehrjährige Ganglinie abgebildet (Berichtsjahr und fünf 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	$\times 10^6 \text{ m}^3$
Bodensee-Obersee	0 - 10 m :	4355,9	$\times 10^6 \text{ m}^3$
Gnadensee	0 - 22,4 m :	137,12	$\times 10^6 \text{ m}^3$
Gnadensee	0 - 10 m :	92,87	$\times 10^6 \text{ m}^3$
Rheinsee (Berlingen)	0 - 46,2 m :	509,58	$\times 10^6 \text{ m}^3$
Rheinsee (Berlingen)	0 - 10 m :	216,41	$\times 10^6 \text{ m}^3$

Die Stoffinhalte des Bodensee-Obersees wurden aus den Untersuchungsdaten der Station Fischbach-Uttwil errechnet.

Von den einzelnen chemischen und biologischen Parametern wurden charakteristische Kenndaten des Seejahres 1981 (April 1981 bis März 1982 für den Bodensee-Obersee, Januar bis Dezember 1981 für den Bodensee-Untersee) tabellenmässig zusammengestellt.

Da diese Darstellungen weitgehend für sich selbst sprechen, wurden textliche Erläuterungen auf das wesentlichste beschränkt.

Die Untersuchungsergebnisse werden zur Zeit der weiteren wissenschaftlichen Auswertung unterzogen.

## TEIL I : B O D E N S E E - O B E R S E E

Die thermischen, chemischen und biologischen Verhältnisse des Bodensee-Obersees zeigten im Seejahr 1981 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 und der Sonnenscheindauer an der Wetterstation Konstanz \*) kursorisch gekennzeichnet und den langjährigen Monatsmitteln gegenübergestellt.

Die Sonnenscheindauer lag mit wenigen Ausnahmen (April und November) das ganze Jahr über bis März 1982 zum Teil erheblich unter den langjährigen Mittelwerten. Die Lufttemperatur überschritt dagegen die langjährigen Mittelwerte fast das ganze Jahr über.

### Wasserstände

In Abbildung 3 sind die Ganglinien der Monatsmittelwerte der Wasserstandsschwankungen am Pegel Konstanz dargestellt. Die Wasserstände lagen von März bis Mai, im August und von Oktober 1981 bis März 1982 zum Teil erheblich über den langjährigen Mittelwerten, im Juni, Juli und September dagegen darunter.

---

\*) Die Wetterstation Friedrichshafen wurde nach Konstanz verlegt

## Thermik

Der Temperaturgang des Obersees zeigte im Berichtsjahr das typische Bild eines monomiktischen Sees mit annähernder Homothermie von Januar bis März 1981 und im Februar und März 1982 sowie mit einer stabilen thermischen Schichtung in den Sommermonaten bei Temperaturen im tiefen Hypolimnion um  $4^{\circ}$  C (Abb. 4). Den Jahresgang des Wärmehaltes sowie der Oberflächentemperaturen zeigt die Abbildung 5. Die Beobachtungswerte für den Wärmehaushalt lagen leicht unter dem Bereich der 5 Vorjahre, die für die Oberflächentemperaturen im normalen Schwankungsbereich. Kenndaten der Thermik des Seejahres 1981 sind in Tabelle 2 enthalten.

## Sauerstoff

Die Verteilung der Sauerstoffgehalte im Obersee über der grössten Tiefe zeigte im Jahre 1981 ein relativ geringes sommerliches hypolimnisches Sauerstoffdefizit, Übersättigungserscheinungen in den obersten Wasserschichten im Frühjahr und Sommer und ein metalimnisches Sauerstoffdefizit während der Sommermonate und im Herbst (Abb. 6). Die Sauerstoffsituation war im Berichtsjahr etwas günstiger als im vorausgegangenen Jahr, wie der Verlauf der Ganglinien erkennen lässt (Abb.7). Die Sauerstoffzehrung war etwas geringer als im vorausgegangenen Jahr. Die Sauerstoffgehalte in Grundnähe sanken dabei nicht unter 7 mg/l ab. Die Wiederbelüftung des Sees im Winter 1981/82 war allerdings nicht so gut wie im Vorjahr. Kenndaten des Sauerstoffs für das Seejahr 1981 sind in Tabelle 3 enthalten.

## Orthophosphat

Das Orthophosphat verdient als wichtigster, das Pflanzenwachstum im Bodensee begrenzender Nährstoff besondere Aufmerksamkeit. Im Berichtsjahr zeigten die Konzentrationsverteilungen wiederum das typische Bild mit ziemlich 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 erreicht in der Regel ein Maximum im Winter oder Frühjahr und ein Minimum etwa in der Jahresmitte (Abb. 9). Das Maximum im Seejahr 1981 entsprach dem des Vorjahres und lag etwas unter dem im Dezember 1979 beobachteten bisherigen Höhepunkt. Die Schwankungen des Orthophosphatgehaltes im Epilimnion (Abb. 12) lagen im Berichtsjahr etwa im Bereich der vorausgegangenen Jahre und verliefen im gleichen Jahresrhythmus. Die Kenndaten des Orthophosphats im Seejahr 1981 sind in Tabelle 4 enthalten.

## Andere gelöste Phosphorverbindungen

Im Wasser des Obersees treten neben Orthophosphat merkliche Mengen anderer gelöster Phosphorverbindungen auf, von denen man annehmen muss, dass sie für die Nährstoffversorgung des Phytoplanktons teils direkt, teils indirekt eine Rolle spielen. Sie waren, wie in Abbildung 10 dargestellt, jederzeit mindestens mit einigen  $\text{mg/m}^3$

vorhanden, während das Orthophosphat zeitweise bis auf etwa  $1 \text{ mg/m}^3$  im Epilimnion aufgezehrt wurde (Abb. 8). Die Gesamtmenge gelöster Phosphorverbindungen im See blieb im Berichtsjahr etwa auf dem Niveau des vorausgegangenen Jahres (Abb. 9). Die Kenndaten für die Summe gelöster Phosphorverbindungen und den hydrolysierten Phosphor sind in den Tabellen 5 und 6 enthalten.

### Phosphorbilanz

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

Die Veränderungen des Phosphorinhalts im Obersee ergeben sich als Bilanz des aus Zuflüssen und Niederschlägen auf die Seeoberfläche 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. Die Kenndaten für Totalphosphor (gelöst + partikulär) sind in Tabelle 7 enthalten. Bei der Beurteilung der Werte muss neben den Fehlermöglichkeiten, die durch generalisierende Berechnung gegeben sind, auch mit der wahrscheinlichen Fehlergrösse in der analytischen Bestimmung gerechnet

werden, so dass geringe Schwankungen nicht überbewertet werden dürfen. Insgesamt sprechen die Untersuchungsbe- funde des Berichtsjahres für ein weiteres Verharren al- ler genannten Komponenten des Phosphorhaushaltes im Bo- densee-Obersee auf etwa gleichem Schwankungsniveau.

## Nitrat

Das Nitrat unterlag als wichtiger Pflanzennährstoff auch in diesem Berichtsjahr während der Sommerstagna- tionsperiode einer deutlichen Zehrung im Epilimnion durch das Phytoplankton. Dadurch kamen starke verti- kale Konzentrationsunterschiede zustande, die in der winterlichen Zirkulationsperiode wieder ausgeglichen wurden (Abb. 11, Kenndaten Tab. 8). Die Gesamtmenge des Nitrats im See lag im Seejahr 1981 auf dem Niveau des vorausgegangenen Jahres mit beträchtlichen jahres- zeitlichen Schwankungen (Abb. 9). Bedingt durch die Planktonentwicklung sank die Nitratstickstoff-Konzen- tration während des Sommers 1981 im Epilimnion wie in früheren Jahren auf Werte unter  $300 \text{ mg/m}^3$ .

## Ammonium

Neben Nitrat spielen andere anorganische Stickstoffver- bindungen im Wasser des Obersees quantitativ nur eine untergeordnete Rolle. Das Auftreten von Ammonium, des- sen Konzentrationen um die Mitte der siebziger Jahre im Obersee etwas zugenommen haben, zeigt Abbildung 13. Etwas höhere Konzentrationen traten zeitweise im Epilim- nion auf, hauptsächlich nach Eintreten stärkerer Plank- tonentwicklung. Die Konzentration lag im Berichtsjahr

im Bereich der Vorjahre (Abb. 12). Die Kenndaten für Ammonium sind in Tabelle 9 enthalten.

## Nitrit

Das Auftreten von Nitrit im Freiwasser des Obersees hängt eng mit den Konzentrationsverhältnissen von Ammonium zusammen, da Nitrit ein Zwischenprodukt der bakteriellen Oxidation von Ammonium zu Nitrat darstellt. Die Verteilung von Nitrit im Berichtsjahr (Abb. 14) entspricht dem aus früheren Jahren bekannten Bild. Erhöhte Konzentrationen traten nur während der Sommermonate im Epilimnion und in geringerem Mass am Seeboden auf. Der Jahresgang von Nitrit im Epilimnion zeigte im Berichtsjahr etwa den gleichen Verlauf und die gleiche Grössenordnung 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 1981 sind in Tabelle 10 enthalten.

## Silikat

Auch das gelöste Silikat zeigt das gleiche wie schon beim Orthophosphat und Nitrat beobachtete typische Verteilungsverhalten der pflanzlichen Nährstoffe im Seewasser (Abb. 15). Der Jahresgang im Epilimnion des Obersees war ähnlich wie in den vorangegangenen Jahren (Abb. 12). Die Kenndaten sind in Tabelle 11 enthalten.

## Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

Die Verteilung des gesamten anorganischen Kohlenstoffs (TIC) im Obersee spiegelt den Verlauf der pflanzlichen Photosynthese wider und ähnelt der bereits beschriebenen Dynamik der übrigen Pflanzennährstoffe (Abb. 12 und 16). Schwankungen im Inhalt an anorganischen Kohlenstoffverbindungen ergeben sich im Obersee durch Wassermengen- und Konzentrationsschwankungen der Zuflüsse, Austausch mit der Atmosphäre, Zehrung anorganischer Kohlenstoffverbindungen als Folge der Photosynthese der Planktonalgen und anderer Wasserpflanzen sowie durch Ausfällung von Calciumcarbonat. Daher ist eine Abnahme der anorganischen Kohlenstoffmengen im See während der sommerlichen Vegetationsperiode typisch. Der Jahresgang war ähnlich wie in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 17). Die Kenndaten von TIC für das Seejahr sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Wie zu erwarten, entspricht die Verteilung der Alkalinität ( $\text{HCO}_3^- + 2 \text{CO}_3^{--}$ ) und des Calciums - gemäss den im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht herrschenden Beziehungen - dem geschilderten Verhalten von TIC, während die Schwankungen der pH-Werte des Wassers gegenüber TIC gegenläufig sind. Besonders stark schwanken die Konzentrationen von anorganischem Kohlenstoff und Calcium sowie der pH-Wert unter dem Einfluss der Photosynthese der Planktonalgen im oberflächennahen Wasser. Im Tiefenwasser über dem Seeboden sind die Schwankungen geringer. Die Jahresganglinien im Seejahr 1981 weichen nicht auffällig von denjenigen der vorausgegangenen Jahre ab (Abb. 17). Die pH-Werte im Epilimnion lagen im gleichen Bereich wie in den vorausgegan-

genen Jahren. Die Kenndaten von Calcium und pH sind in den Tabellen 13 und 14 enthalten.

### 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 entsprechend der Phytoplanktonbiomasse zu- oder abnehmen. Wie die Abbildungen 18 und 19 erkennen lassen, werden partikulärer Phosphor und Stickstoff im Obersee in hohen Konzentrationen hauptsächlich im Epilimnion angetroffen. Der Verlauf der Jahresganglinien beider Komponenten ist weitgehend gleichsinnig. Die Mengen im Epilimnion lagen im Seejahr 1981 für partikulären Phosphor auf bzw. für partikulären Stickstoff unter dem Niveau des Vorjahres (Abb. 21).

Als chemischer Indikator für die Phytoplanktonbiomasse lässt sich mit gewissen Einschränkungen das in den Schwebstoffen des Wassers enthaltene Chlorophyll (a + b + c) verwenden. Das Verteilungsbild (Abb. 20) ähnelt dem des partikulären Phosphors und Stickstoffs. Die Ganglinien der Konzentrationen von Chlorophyll, partikulärem Phosphor und Stickstoff im Epilimnion des Obersees zeigen auch 1981 einen weitgehend gleichsinnigen Verlauf (Abb. 21). Die Chlorophyllkonzentrationen lagen im Berichtsjahr etwas unter den Vorjahreswerten (Abb. 21). Die Kenndaten von partikulärem Phosphor, partikulärem Stickstoff und Chlorophyll sind in den Tabellen 15 bis 17 enthalten.

## Phytoplanktonbiomasse

Die Phytoplanktonbiomasse (Frischgewicht) wurde 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, rechnerisch ermittelt. Die Ganglinien (Abb. 21) zeigen deutlich einen gleichsinnigen Verlauf mit denen der chemischen Biomasseindikatoren. Die maximale Planktondichte lag 1981 über dem Wert des Vorjahres, war aber von kürzerer Dauer. Der Anteil einzelner Algengruppen an der Gesamtbiomasse geht aus Abbildung 22 hervor.

## Quantitativ vorherrschende Ionen

Die Konzentrationen der vorherrschenden Ionen Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Chlorid, Sulfat, Carbonat und Hydrogencarbonat (Alkalinität) im Wasser des Obersees sowie die davon abhängige elektrische Leitfähigkeit lagen im normalen Schwankungsbereich. Die Kenn-  
daten sind in den Tabellen 13 und 18 - 24 enthalten.

## Mangan und Eisen

Die beiden Metalle sind wichtige Indikatoren, die eine Belastung des Seebodens durch reduzierende Substanzen anzeigen. In diesen Fällen werden zunächst Mangan und bei starker Zehrung schliesslich auch Eisen aus dem Sediment freigesetzt und führen zu höheren Konzentrationen im Hypolimnion, vorwiegend in Seebodennähe.

Die Ganglinie für Mangan (Abb. 23) zeigt über die angegebenen Jahre hinweg stets eine deutliche Konzentrationsspitze in der zweiten Jahreshälfte. Diese Remobilisierung von sedimentgebundenem Mangan beruht auf Zehrungsprozessen, die durch Ablagerungen von Organismenresten am Seeboden während der Hauptwachstumsphase vom Frühjahr bis in den Herbst hinein hervorgerufen werden.

Für Eisen hingegen konnte eine entsprechende Freisetzung aus dem Sediment nicht beobachtet werden (Abb. 23). Die Fluktuationen auf niedrigem Niveau entstehen durch wechselnde Anteile geringer Mengen an eisenreichen allochthonen Schwebstoffen. Die fehlende Freisetzung von Eisen aus dem Sediment korrespondiert mit den im Beobachtungszeitraum relativ günstigen Sauerstoffverhältnissen.

Die Kenndaten für Mangan und Eisen sind in den Tabellen 25 und 26 enthalten.

### Gelöste organische Stoffe

Die Analyse einzelner organischer im Wasser gelöster Stoffe ist sehr aufwendig. Man begnügt sich daher meist mit der summarischen Bestimmung dieser Substanzen. Kenndaten dieser Art liegen für den Obersee als Werte des Kaliumpermanganat-Verbrauches und der optischen Extinktion des Ultraviolettlichtes (bei Wellenlänge 240 nm, ab Februar 1982 bei 260 nm) sowie des gelösten organischen Kohlenstoffes vor (Tab. 27 und 28).

## Vergleich des limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im Obersee

Die Untersuchungsdaten von korrespondierenden Tiefen und Terminen an den Untersuchungsstationen Fischbach-Uttwil, Langenargen-Arbon und Bregenzer Bucht weisen keine bedeutsamen Unterschiede auf. Die weitgehende Übereinstimmung in Thermik und Chemismus ist aus Tabelle 29 ersichtlich.

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 voneinander an den verschiedenen Untersuchungsstationen. Die Probenahme an der Station Langenargen-Arbon ist nicht so häufig wie bei Fischbach-Uttwil erfolgt, so dass hier sicher manche Entwicklungsspitzen nicht erfasst wurden, wie aus anderen Untersuchungen bekannt ist.

## TEIL 2 : B O D E N S E E - U N T E R S E E

Die thermischen, chemischen und biologischen Verhältnisse des Untersees zeigten im Seejahr 1981 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 voneinander 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 cursorisch 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 das "Seejahr" im Untersee auf die Zeitspanne von Januar bis Dezember als gleichlaufend mit dem Kalenderjahr festgelegt.

## G N A D E N S E E

### Thermik

Der Temperaturverlauf im Gnadensee im Seejahr 1981 ist in Abbildung 24 dargestellt. Die gewöhnlich während der sommerlichen vertikalen Temperaturschichtung wenig ausgeprägte Sprungschicht war in diesem Jahr deutlicher ausgebildet als in den beiden Vorjahren. Die Wassertemperaturen im Hypolimnion in Bodennähe erreichten  $9 - 10^{\circ}$ . Während des Winters 1980/81 kam eine schwach ausgeprägte inverse winterliche Temperaturschichtung zustande. Das Wasser erwärmte sich im März gleichmässig bis zum Seeboden. Wie die Ganglinien des Wärmehaltes des Gnadensees und der Wassertemperaturen in 0 m und 20 m erkennen lassen, war die sommerliche Erwärmung auch 1981 wie schon 1980 deutlich geringer als in den vorausgegangenen Jahren (Abb. 25). Bezeichnend für das Seejahr 1981 ist die vorübergehende Abkühlung im Epilimnion Anfang Mai (Abb. 24 und 25). Die Kenndaten der Thermik im Seejahr 1981 sind in Tabelle 30 enthalten.

### Sauerstoff

Die Verteilung des Sauerstoffs im Gnadensee im Seejahr 1981 (Abb. 26) zeigt das typische Bild für einen eutrophen See mit vollständigem Sauerstoffschwund in der Seetiefe von Mitte des Sommers bis zur einsetzenden Vollzirkulation im Herbst. Hohe Sauerstoffkonzentrationen im Epilimnion werden bei starker Phytoplanktonentwicklung erzielt, wobei sich im Frühjahr eine Sauer-

stoffanreicherung bis in eine Tiefe von 15 m hinab ergibt. Die Schwankungen des Sauerstoffgehaltes des Sees sowie der Sauerstoffkonzentrationen lagen im Seejahr 1981 im Bereich des Vorjahres (Abb. 27). Die Differenz zwischen grösstem und kleinstem Sauerstoffinhalt war ähnlich wie 1980. Die Kenndaten für die Sauerstoffverhältnisse des Seejahres 1981 sind in Tabelle 31 aufgeführt.

### Orthophosphat

Das Auftreten von Orthophosphat im Gnadensee entspricht den in eutrophen Seen üblichen Verhältnissen. Vertikal ausgeglichene Konzentrationen im Winter und Frühjahr wechseln mit einer extremen vertikalen Schichtung im Sommer. Orthophosphat wird in den Sommermonaten im Epilimnion bis unter die Nachweisbarkeitsgrenze ( $1 \text{ mg/m}^3$ ) vom Phytoplankton aufgezehrt und reichert sich umgekehrt über dem Seeboden an, besonders wenn völliger Sauerstoffschwund eingetreten ist (Abb. 28). Man darf dabei eine Rücklösung von Orthophosphat aus dem Sediment annehmen. Die zeitlichen Veränderungen des Inhaltes von Orthophosphat (Abb. 29) zeigen einen typischen Jahresgang mit geringsten Werten im Frühjahr und Spitzenwerten meist zu Beginn des Winters. Das Jahresmaximum des Orthophosphatinhalt und auch der Konzentration im Epilimnion lag 1981 niedriger als 1980, die Konzentration über Grund dagegen höher (Abb. 29). Kenndaten für Orthophosphat im Seejahr 1981 sind in Tabelle 32 enthalten.

## Andere gelöste Phosphorverbindungen

Abbildung 30 zeigt die Verteilung des gesamten gelösten Phosphors im Gnadensee. Daraus ist ersichtlich, dass dann, wenn Orthophosphat gänzlich im Epilimnion aufgezehrt worden ist, gelöster Phosphor in anderer Form in einer Konzentration von einigen  $\text{mg/m}^3$  stets noch vorhanden ist. Der Schwankungsverlauf der Menge des gesamten gelösten Phosphors im See ist ähnlich dem des Orthophosphates (Abb. 29). Die Kenndaten für die Summe gelöster Phosphorverbindungen und den hydrolyisierbaren Phosphor sind in den Tabellen 33 und 34 enthalten.

## 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 29 enthält die Ganglinien des Gesamtinhaltes des Gnadensees an den Komponenten Orthophosphat, gesamter gelöster Phosphor und totaler Phosphorgehalt (gelöst und partikulär). Danach weist der Gnadensee auch in Bezug auf die Gesamtmenge an Phosphorverbindungen 1981 ein etwas niedrigeres Niveau auf als 1980. Die Kenndaten für Phosphor-total sind in Tabelle 35 enthalten. 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.

## Nitrat

Die Nitratgehalte im Gnadensee zeigen deutlich ausgeprägt das Verteilungsverhalten der Pflanzennährstoffe mit vertikal homochemischem Zustand während der Zirkulationsperioden und deutlichen Schichtungerscheinungen während der Sommermonate. Dabei wird Nitrat nicht nur durch Inkorporation in Phytoplankton im Epilimnion bis zu zeitweisem völligen 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 1981 zeigt die Abbildung 31. Wie die Ganglinien für die Schwankungen von Nitratinhalt im Gnadensee erkennen lassen (Abb. 29), entsprachen die jahreszeitlichen Schwankungen im Seejahr 1981 etwa denen von 1980. Für die Summe des Inhaltes aller anorganischen Stickstoffverbindungen im See ergibt sich ein wiederkehrender charakteristischer Jahresgang mit einem Minimum im Sommer oder Frühherbst und einem Maximum in den Wintermonaten (Abb. 29). Die Kenndaten für Nitrat im Seejahr 1980 sind in Tabelle 36 enthalten.

## Ammonium

Ammonium im Seewasser entsteht einerseits beim bakteriellen Abbau von Eiweißsubstanzen, andererseits aber auch durch bakterielle Reduktion von Nitrat unter anaeroben Bedingungen. Wie Abbildung 32 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 im Jahre 1976 und gingen 1977 auf ein Niveau zurück, auf dem sie auch bis 1981 verblieben (Abb. 29). Die dicht über dem Seeboden festgestellten Konzentrationen von Ammonium erreichten ähnliche Werte wie im Vorjahr (Abb. 34). Die Kenndaten für Ammonium im Gnadensee im Seejahr 1981 sind in Tabelle 37 enthalten.

## Nitrit

Das Verteilungsbild des Nitrits (Abb. 35) ist auch im Gnadensee dadurch bestimmt, dass es sich hierbei um ein nur kurzlebigen 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 1981 sind in Tabelle 38 enthalten.

## Silikat

Die Verteilung von gelöstem Silikat im Gnadensee ist durch vertikale Gleichmässigkeit während der Wintermonate und deutliche Schichtung während der Sommermonate gekennzeichnet (Abb. 36). Infolge starker Kieselalgenplanktonentwicklung im zeitigen Frühjahr kommt es regelmässig bereits vor Eintreten der Schichtungerscheinungen im Frühjahr zu einer Abnahme der Silikatgehalte in der gesamten Wassermasse. Weitere Zehrungen erfolgen während des Sommers in den obersten Wasserschichten, während im Tiefenwasser Konzentrationsanreicherungen durch Rücklösung von partikulärem Silikat, insbesondere aus Kieselalgenschalen, zustandekommen. Typisch für das Auftreten von Silikat im Epilimnion in den letzten Jahren sind die beiden Minima im Frühjahr und Spätsommer. Die Schwankungen der Silikatmengen im Epilimnion des Gnadensees lagen im Seejahr 1981 etwa im Bereich der Vorjahre (Abb. 33). Das Ausmass der Umsetzungen des Silikats im Tiefenwasser des Gnadensees ist weiterhin beträchtlich. Die Konzentrationen über Grund blieben 1981 etwa so hoch wie 1980. Kenndaten für Silikat im Gnadensee sind in Tabelle 39 enthalten.

## Anorganischer Kohlenstoff und Kalk-Kohlensäuregleichgewicht

Bei der Verteilung des anorganischen Kohlenstoffs im Gnadensee (Abb. 37) ergibt sich das gleiche Bild wie bei anderen Pflanzennährstoffen: Vertikal ausgeglichene Konzentrationen während der Wintermonate, eine starke Konzentrationsabnahme im Epilimnion durch Kohlenstoffassimilation des Phytoplanktons während der Vegetationsperio-

de sowie durch Verluste bei der Ausfällung von Calciumcarbonat durch Verschiebung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes. Umgekehrt ergeben sich Konzentrationszunahmen im Hypolimnion durch Freisetzung von Kohlendioxid als Folge des Abbaus organischer Substanz. Dadurch wird Calciumcarbonat teilweise wieder aufgelöst. Der Verlauf der Mengenänderungen an anorganischen Kohlenstoffverbindungen im Gnadensee und der Konzentrationsveränderungen des anorganischen Kohlenstoffs, des Calciums und der pH-Werte lässt einen regelmässigen Jahresgang erkennen (Abb. 38). Die Schwankungen waren im Seejahr 1981 etwas grösser als im vorausgegangenen Jahr. Kenndaten für anorganischen Kohlenstoff, Alkalinität, Calcium und pH-Wert sind in den Tabellen 40 - 43 aufgeführt.

## Eisen

Ähnlich wie in anderen eutrophen Seen geht auch im Gnadensee bei starker Abnahme oder völligem Verschwinden des Sauerstoffs aus dem Wasser Eisen aus Sediment und Schwebstoffen in Lösung und verteilt sich im Hypolimnion (Abb. 39). Wie die über mehrere Jahre reichende Ganglinie der Abbildung 34 zeigt, ist dies eine regelmässige Erscheinung im See. Die über dem Seegrund im Seejahr 1980 und 1981 beobachteten Konzentrationen waren allerdings wesentlich höher als je zuvor. Das ist wahrscheinlich eine Folge der Umstellung von Aluminium auf Eisen bei der Phosphatfällung in der Kläranlage Radolfzell. Kenndaten für Eisen im Gnadensee sind in Tabelle 44 enthalten.

## Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren

Zur Feststellung der im Gnadensee auftretenden Planktonbiomasse werden ebenfalls die bei der Erörterung der Verhältnisse im Obersee beschriebenen biologischen und chemischen Methoden verwendet. Abbildung 40 enthält die Ganglinien der mittleren Planktondichten und Konzentrationen in der Schicht von 0 - 20 m Tiefe. Die Ganglinien der Planktonbiomasse, des Chlorophylls und des partikulären Phosphors entsprechen sich in ihrem Verlauf weitgehend. Danach lag die höchste Planktonbiomasse im Jahresverlauf 1981 wie im Vorjahr im Sommer. Allerdings standen partikulärer Phosphor, Stickstoff und Chlorophyll nicht stets in einem festen Verhältnis zu einander. Die Werte für partikulären Phosphor und Chlorophyll zeigten gegenüber 1980 nur noch ein abgeschwächtes bzw. kein Maximum. Die Phytoplankton-Biomasse war 1981 mit dem Spitzenwert etwa so gross wie im Vorjahr. Die zeitweise hohen Konzentrationen des partikulären Phosphors über Grund stehen sicher nicht wie im Epilimnion mit Phytoplankton in Verbindung, sondern möglicherweise mit dem Auftreten von Bakterioplankton im Tiefenwasser (Abb. 41). Vor allem aber dürften Sorptionen des hier in hoher Konzentration vorliegenden Orthophosphats an Schwebstoffe eine Rolle spielen. Die Kenndaten von partikulärem Phosphor und Chlorophyll für das Seejahr 1981 sind in den Tabellen 45 und 46 enthalten.

## Gelöste organische Stoffe

Einen Hinweis auf die Menge gelöster organischer Stoffe im Wasser gibt z.B. die Bestimmung der UV-Extinktion bei 240 nm (Tab. 48).

## Quantitativ vorherrschende Ionen

Die Konzentrationen der vorherrschenden Ionen Calcium, Magnesium, Chlorid, Carbonat und Hydrogencarbonat (Alkalinität) im Wasser des Gnadensees sowie die davon abhängige elektrische Leitfähigkeit lagen in normalem Schwankungsbereich. Die Kenndaten sind in den Tabellen 41 - 42 und 48 - 50 enthalten.

## R H E I N S E E

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 infolge der stets wirksamen turbulenten Zirkulationserscheinungen geringer sind. 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 Nitratreduktion zu Ammonium und Rücklösungen von Eisen und Phosphorverbindungen zu erzielen, die allerdings weit weniger ausgeprägt als im Gnadensee sind.

Im einzelnen wurden die Konzentrationsverteilungen im Isoplethenbild für dieselben Parameter wie beim Gnadensee dargestellt und die zugehörigen Kenndaten für das Seejahr 1981 in Tabellenform aufgelistet. Ausserdem wurden auch hier wieder mehrjährige Ganglinien über Stoffinhalte im gesamten Wasservolumen und im Epilimnion sowie Ganglinien der Sauerstoffkonzentrationen an der Wasseroberfläche und in der Tiefe über dem Seegrund dargestellt. Es liegen folgende Darstellungen vor:

## Thermik

Temperaturen im Isoplethenbild (Abb. 42);  
Ganglinien Wärmeinhalt und Wassertemperaturen (Abb. 43);  
Kenndatenthermik (Tab. 51).

## Sauerstoff

Isoplethenbild (Abb. 44);  
Ganglinien Sauerstoffinhalt und Sauerstoffkonzentrationen  
(Abb. 45);  
Kenndaten Sauerstoff (Tab. 52).

## Phosphorverbindungen

Orthophosphat im Isoplethenbild (Abb. 46);  
Phosphor gelöst im Isoplethenbild (Abb. 47);  
Ganglinien der Mengen von Orthophosphat, gelöstem Phosphor  
und totalem Phosphor im Rheinsee (Abb. 48);  
Ganglinien Orthophosphat und hydrolysierbarer Phosphor im  
Epilimnion (Abb. 49);  
Orthophosphat in der Seetiefe über Grund (Abb. 50);  
Kenndaten von Orthophosphat, gelösten Phosphorverbindun-  
gen, hydrolysierbarem Phosphor und Total-Phosphor  
(gelöst + partikulär) (Tab. 53 - 56).

## Stickstoffverbindungen

Isoplethendarstellungen der Verteilung von Nitrat  
(Abb. 51), Ammonium (Abb. 52) und Nitrit (Abb. 53);  
Ganglinien des Stoffinhaltes von Ammonium, Nitrat und

gesamtem anorganischem Stickstoff im See (Abb. 48);  
Ganglinien für den Inhalt von Nitrat und Ammonium im  
Epilimnion (Abb. 49);  
Ganglinien der Konzentrationen von Nitrat und Ammonium  
in der Tiefe über dem Seegrund (Abb. 50);  
Kenndaten von Nitrat, Ammonium und Nitrit (Tab. 57 - 59).

## Silikat

Isoplethenbild über die Verteilung des Silikats (Abb. 54);  
Ganglinien der Silikatmengen im Epilimnion (Abb. 51);  
Ganglinien der Silikatkonzentrationen in der Tiefe über  
Grund (Abb. 50);  
Kenndaten des Silikats (Tab. 60).

## Anorganischer Kohlenstoff und Kalk-Kohlensäure- Gleichgewicht

Verteilung des anorganischen Kohlenstoffs im Isoplethen-  
bild (Abb. 55);  
Ganglinien des Stoffinhaltes an anorganischem Kohlen-  
stoff, Alkalinität, Calcium und des pH-Wertes in 0 m  
und 46 m Tiefe (Abb. 56);  
Kenndaten des anorganischen Kohlenstoffs, Calciums und  
pH (Tab. 61 - 64).

## Eisen

Verteilung des Eisens im Isoplethenbild (Abb. 57);  
Kenndaten für Eisen (Tab. 65).

## Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren

Ganglinien der Phytoplanktonbiomasse, des Chlorophyll-  
gehaltes und von partikulärem Phosphor (Abb. 58);

Verteilung von partikulärem Phosphor im Isoplethenbild  
(Abb. 59);

Kenndaten für Chlorophyll und partikulärem Phosphor  
(Tab. 66 und 67).

## Gelöste organische Stoffe

Kenndaten für organischen Kohlenstoff, UV-Extinktion  
bei 240 nm (Tab. 68).

## Quantitativ vorherrschende Ionen

Kenndaten für Calcium, Magnesium, Chlorid, Carbonat  
und Hydrogencarbonat (Alkalinität) und elektrische  
Leitfähigkeit (Tab. 62, 63, 69 - 71).

## Z E L L E R S E E

Das thermische und chemische Verhalten des Zeller Sees ähnelt stark dem des Gnadensees (vergl. Tab. 72). Auf eine ausführliche Veröffentlichung der Daten des Zeller Sees in Abbildungs- und Tabellenform wird daher hier verzichtet. Die Untersuchungsdaten liegen jedoch in demselben Umfang vor wie für den Gnadensee und den Rheinsee und sind somit für speziellere wissenschaftliche Auswertungen verfügbar.

VERGLEICH DES LIMNOLOGISCHEN  
ZUSTANDES AN VERSCHIEDENEN  
UNTERSUCHUNGSSTATIONEN DES  
UNTERSEES

Der Rheinsee, Gnadensee und Zeller See bilden morphologisch ziemlich deutlich von einander getrennte Becken. Wie aus der Zusammenstellung der Kenndaten der Tabelle 72 hervorgeht, bestanden im Seejahr 1981 in den thermischen und chemischen Verhältnissen zwischen Zeller See und Gnadensee nur geringe Unterschiede. Die Stoffumsetzungen im Gnadensee erschienen im Seejahr 1981 etwas intensiver. Im Rheinsee war im Tiefenwasser im Gegensatz zu 1980 stets Sauerstoff vorhanden.

Die Entwicklung des Phytoplanktons in den drei Seeteilen lag hinsichtlich der Biomasse in ähnlicher Grössenordnung. Der Verlauf der Planktonentwicklung unterlag jedoch jeweils einem eigenen Rhythmus (Abb. 60). Das in allen drei Seeteilen gemeinsam auftretende Maximum des Frühjahrsplanktons fiel in Rheinsee und Zeller See 1981 geringer aus. Die Jahresmaxima traten in allen drei Seeteilen im Sommer auf.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Trohpiezustand des Bodensee-Obersee hat sich auch im Seejahr 1981 gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich geändert. Die Biomassekonzentration war weiterhin hoch und lag im Schwankungsbereich der letzten Jahre. Der Orthophosphat-Phosphor im Epilimnion wurde bisweilen auf weniger als  $1 \text{ mg/m}^3$  aufgezehrt. Allerdings sind die Phosphorreserven im See noch so gross, dass sie bei entsprechenden Witterungsbedingungen eine weitere Steigerung der Biomasseproduktion verursachen könnten.

Durch die starke Phytoplanktonentwicklung kam es zu Sauerstoffübersättigungen im Epilimnion. Die Sauerstoffsituation des Sees war 1981 etwas günstiger als in den vorausgegangenen Jahren. Der im Jahresverlauf auftretende niedrigste Sauerstoffwert entsprach im Metalimnion ( $8,0 \text{ mg/l}$ ) etwa dem des Vorjahres. Im Hypolimnion ( $7,0 \text{ mg/l}$ ) lag er dagegen deutlich über dem des vorangegangenen Jahres.

Der Gesamtinhalt an Sauerstoff im Obersee war am Ende des Seejahres 1981 etwa gleich gross wie zu Beginn. Die Wiederbelüftung des Tiefenwassers im Winter 1981/82 war allerdings nicht ganz so intensiv wie 1980/81. Im März 1982 lagen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Seegrund zwischen  $8,6$  und  $9,6 \text{ mg/l}$ . Insgesamt kann die Sauerstoffsituation zu Beginn des Seejahres 1982 noch als günstig angesehen werden.

Die Nährstoffverhältnisse im Bodensee-Unterssee lagen im Kalenderjahr 1981 im Schwankungsbereich der vorausgegangenen Jahre. Die Phosphorinhalte waren

im Gnadensee im Jahre 1981 etwas geringer als 1980, im Rheinsee etwa gleich gross.

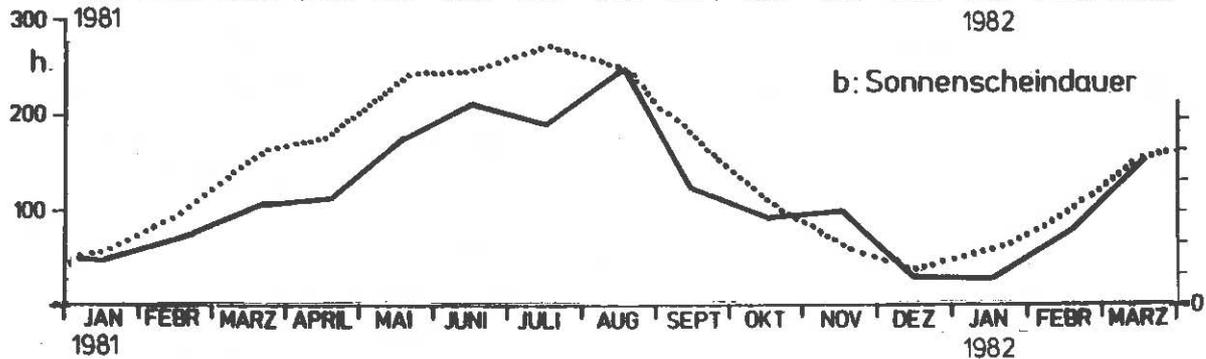
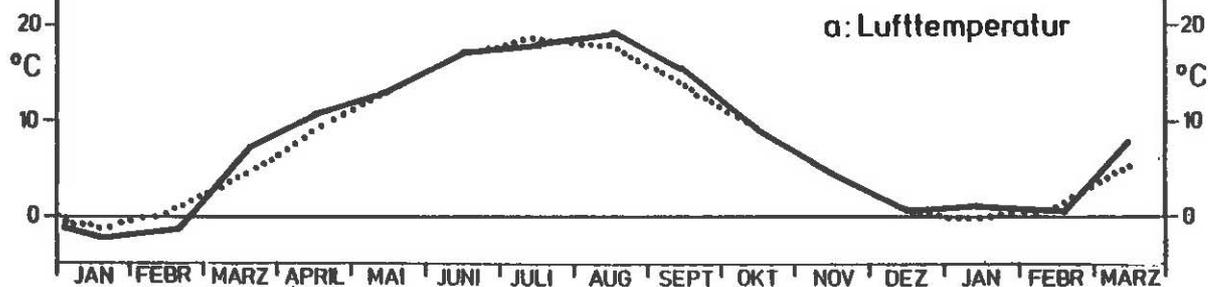
In allen drei Seeteilen war die Planktonproduktion 1981 weiterhin beträchtlich mit besonders hohen Planktondichten und entsprechenden Sauerstoffübersättigungen im Epilimnion im Sommer. Die Biomasse des Phytoplanktons war insgesamt gesehen im Untersee wiederum etwa ebenso gross wie im vorangegangenen Jahr.

1981 trat wieder über längere Zeit vollständiger Sauerstoffschwund im Tiefenwasser von Gnadensee und Zeller See auf, im Hypolimnion des Rheinsees dagegen nicht. Orthophosphat wurde im Epilimnion bis zur Konzentration von weniger als  $1 \text{ mg/m}^3$  aufgezehrt. Phosphorverbindungen aus dem Seeboden wurden in erheblichem Maße zu Zeiten niedriger Sauerstoffkonzentration freigesetzt, was zu Konzentrationsanreicherungen an gelöstem Phosphor im Hypolimnion führte.



Bodensee - Obersee

Abb.2



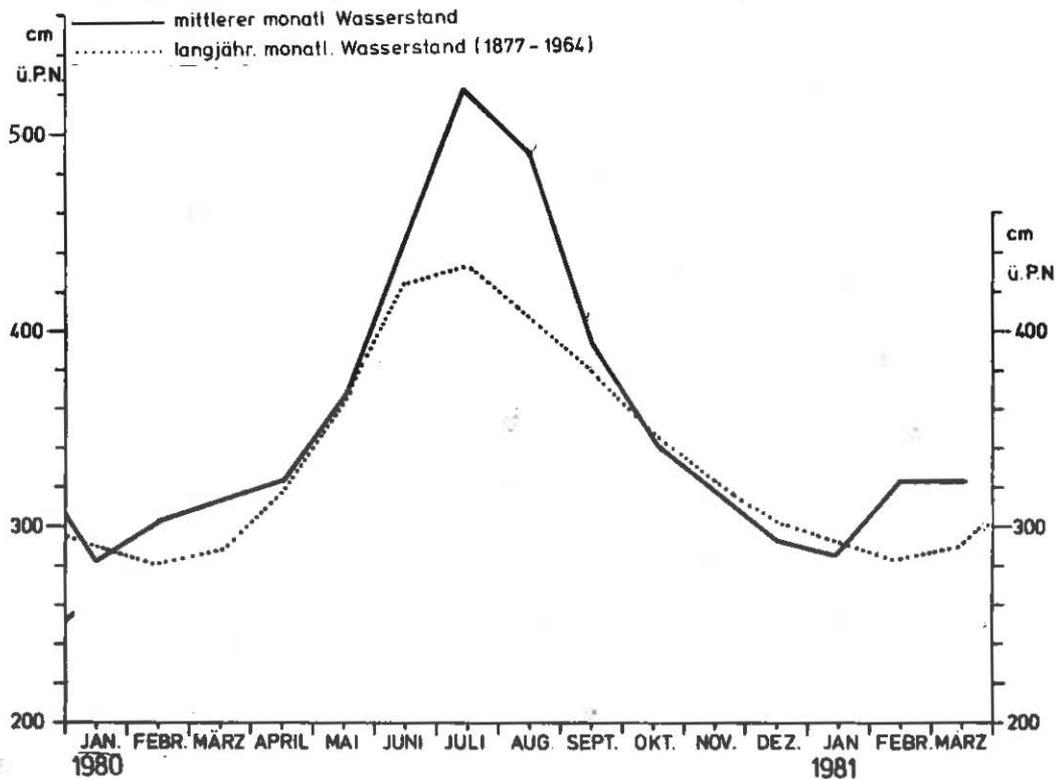
Monatliche Klimadaten der Wetterstation Friedrichshafen

- Monatsmitteltemperatur
- a: ..... langjährige Monatsmitteltemperatur (1931 - 1960)
- Monatliche Sonnenscheindauer in h
- b: ..... langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (1901 - 1950)

Bodensee - Obersee

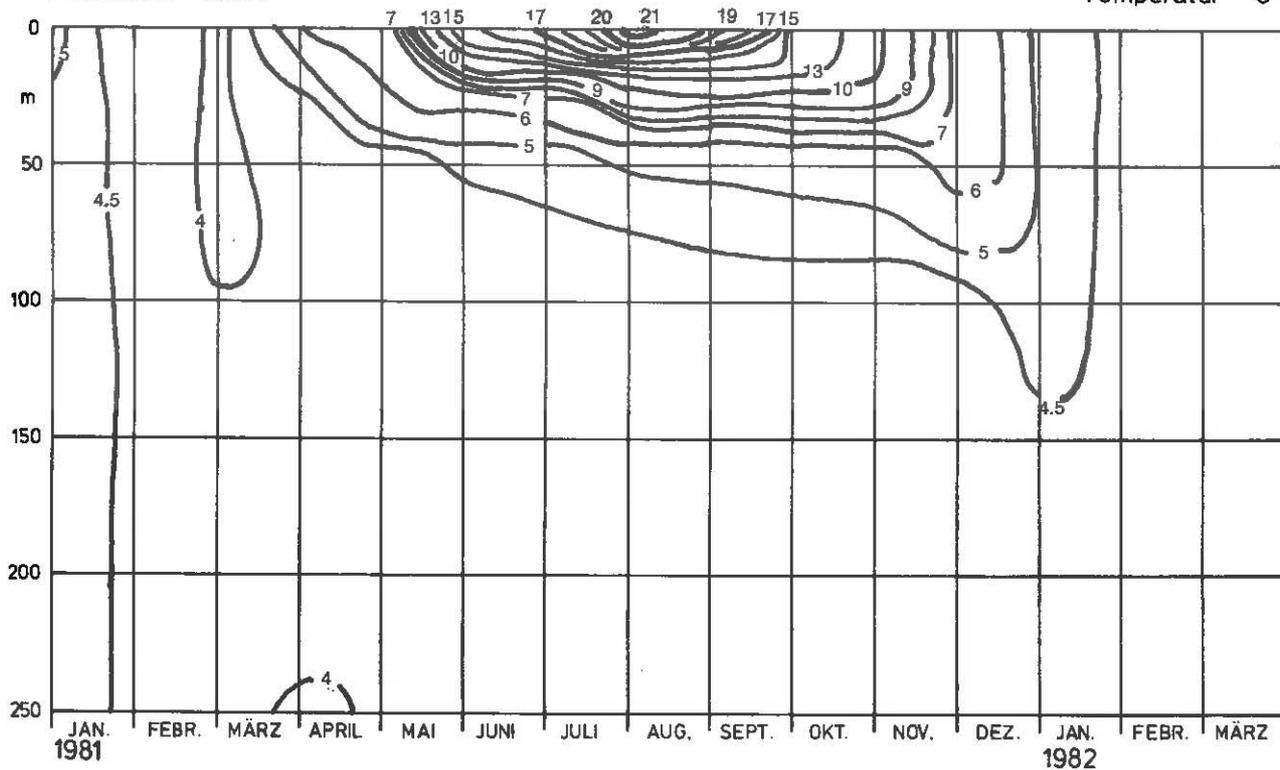
Abb.3

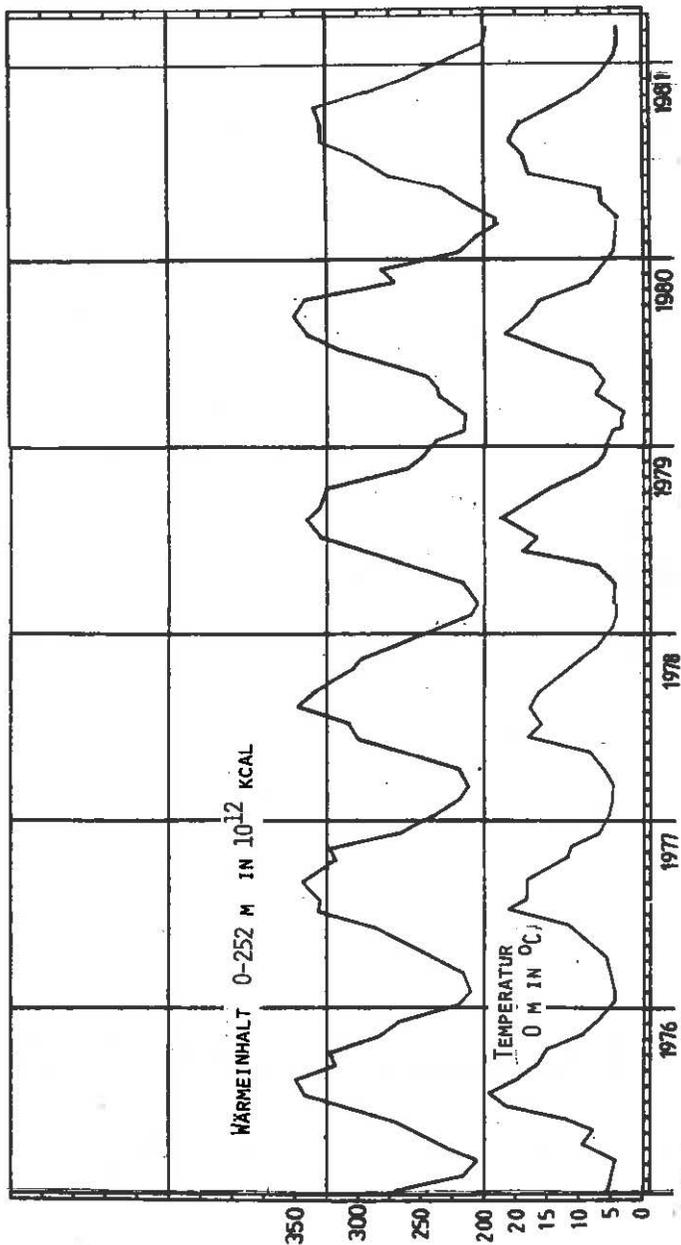
Wasserstand am Pegel Konstanz



Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.4  
Temperatur °C





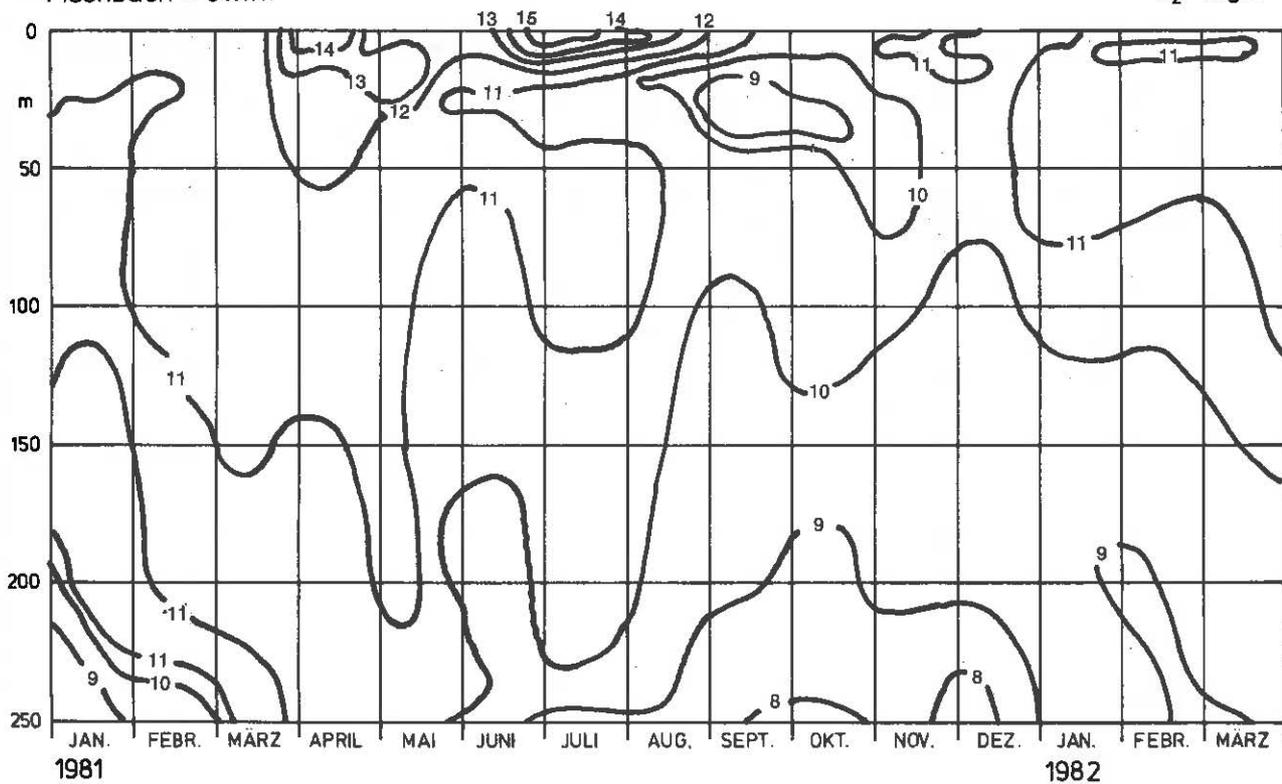
Bodensee - Obersee

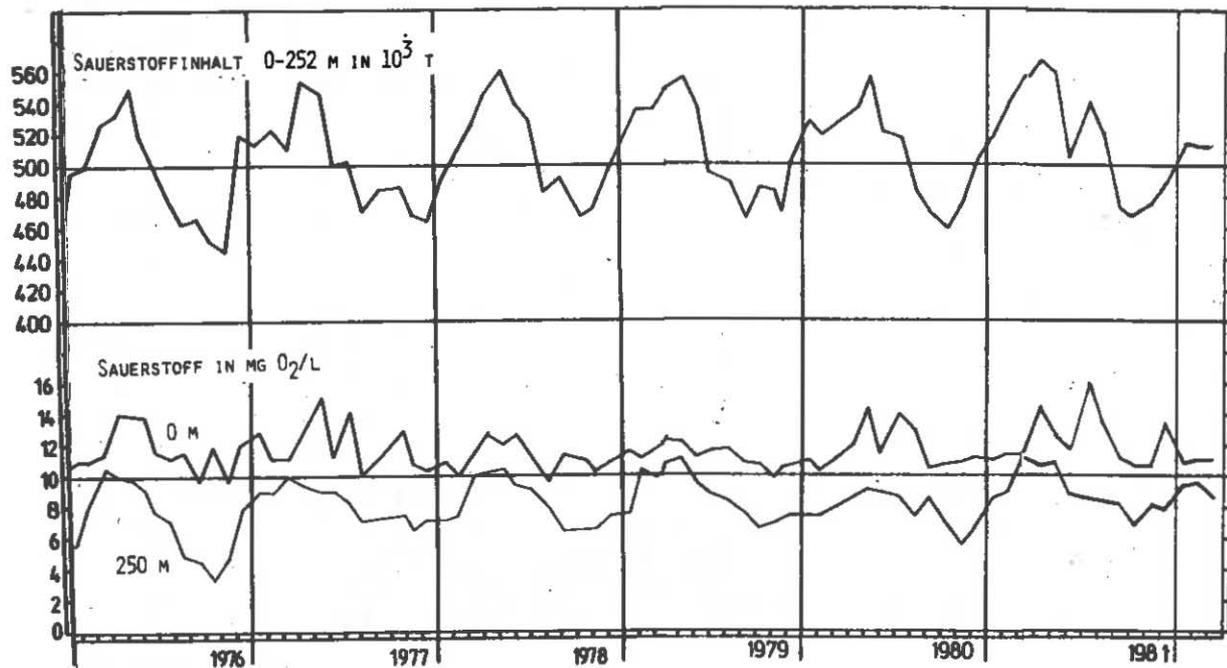
Thermik

Abb. 5

Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.6  
O<sub>2</sub> mg/l





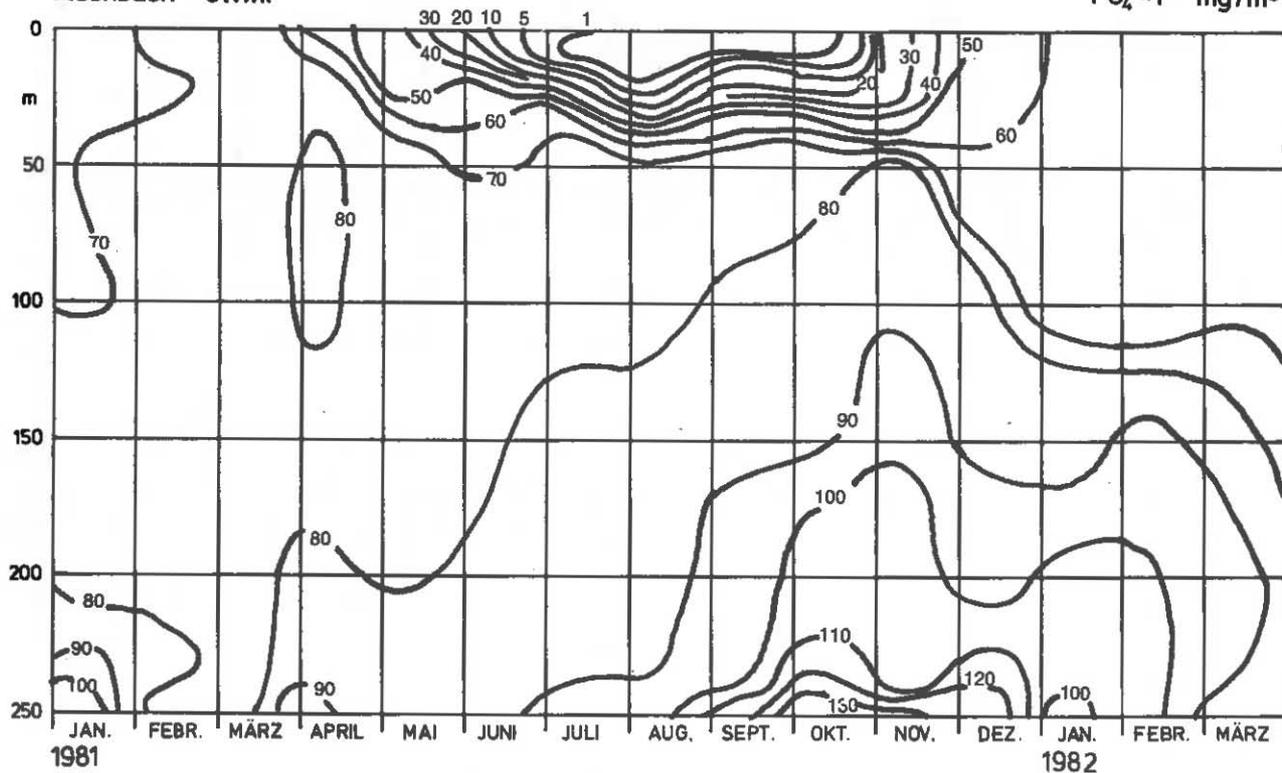
Bodensee - Obersee

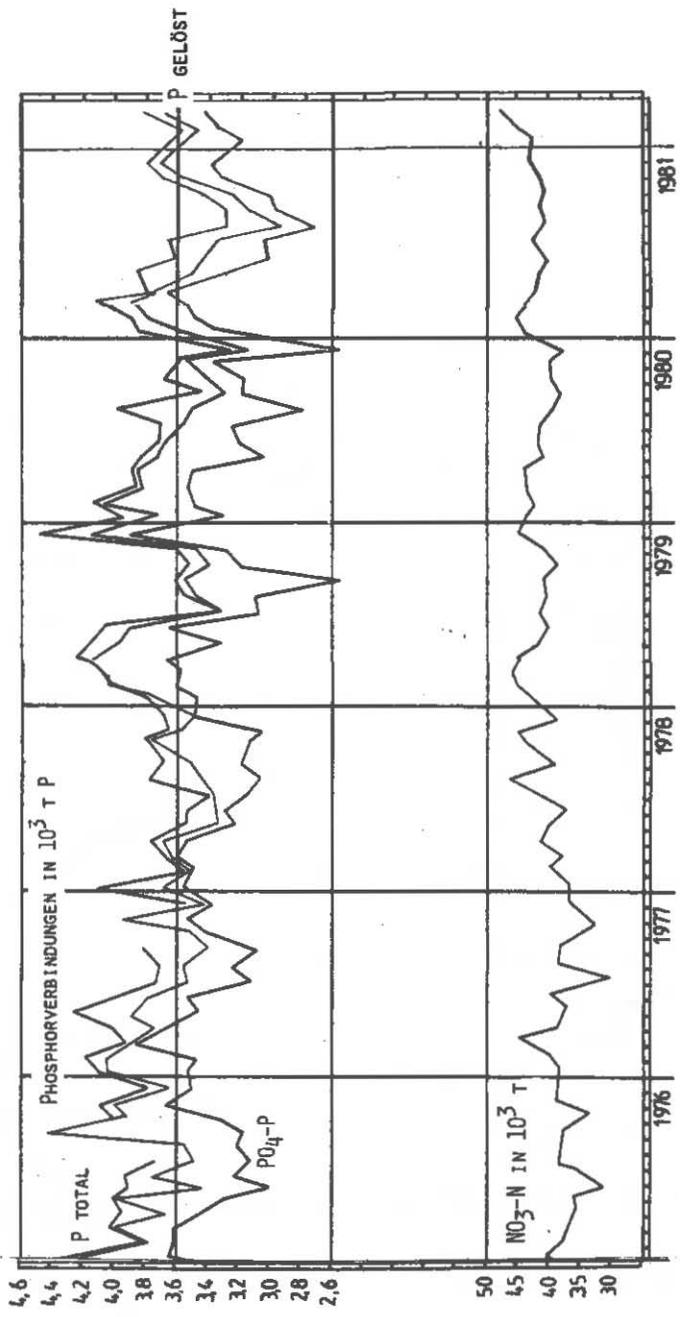
Sauerstoffinhalt 0 - 252 m und Sauerstoffkonzentration 0 und 250

Abb. 7

Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.8  
PO<sub>4</sub>-P mg/m<sup>3</sup>



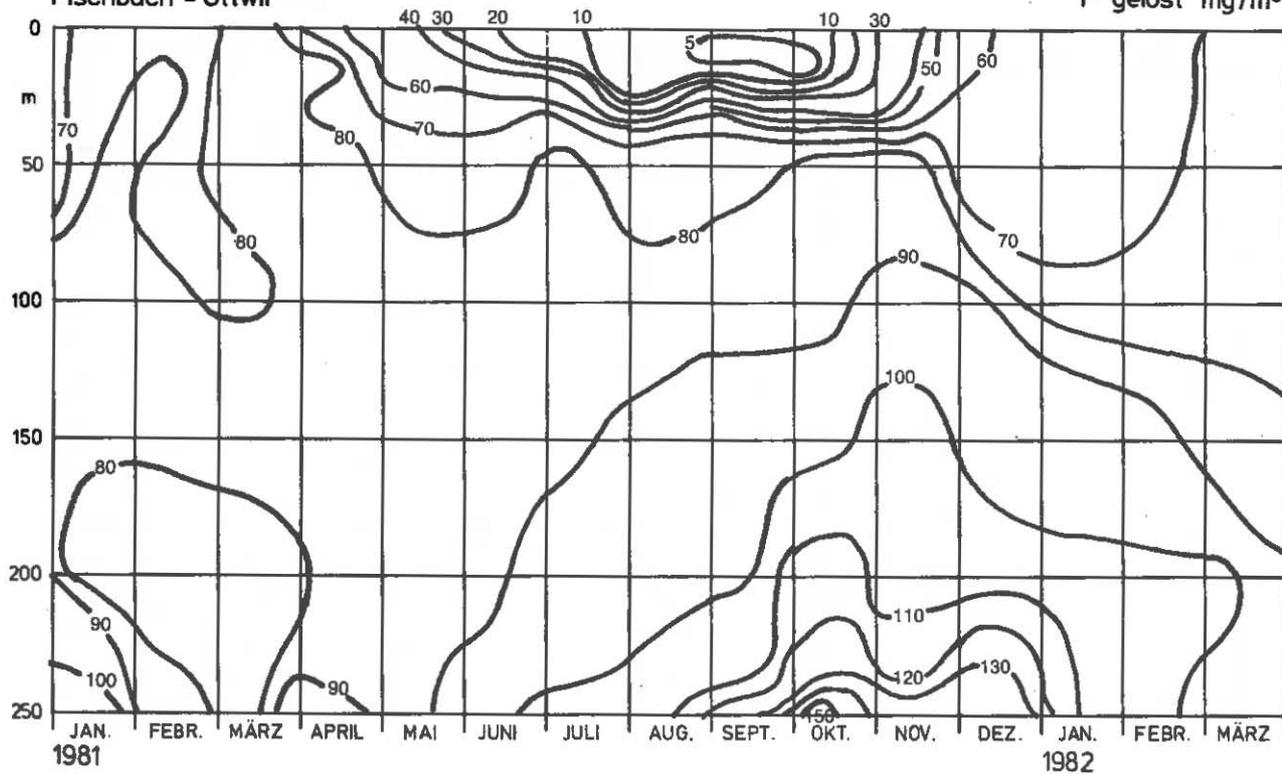


Bodensee - Obersee  
 Nährstoffinhalt 0 - 250 m  
 Abb.9

Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

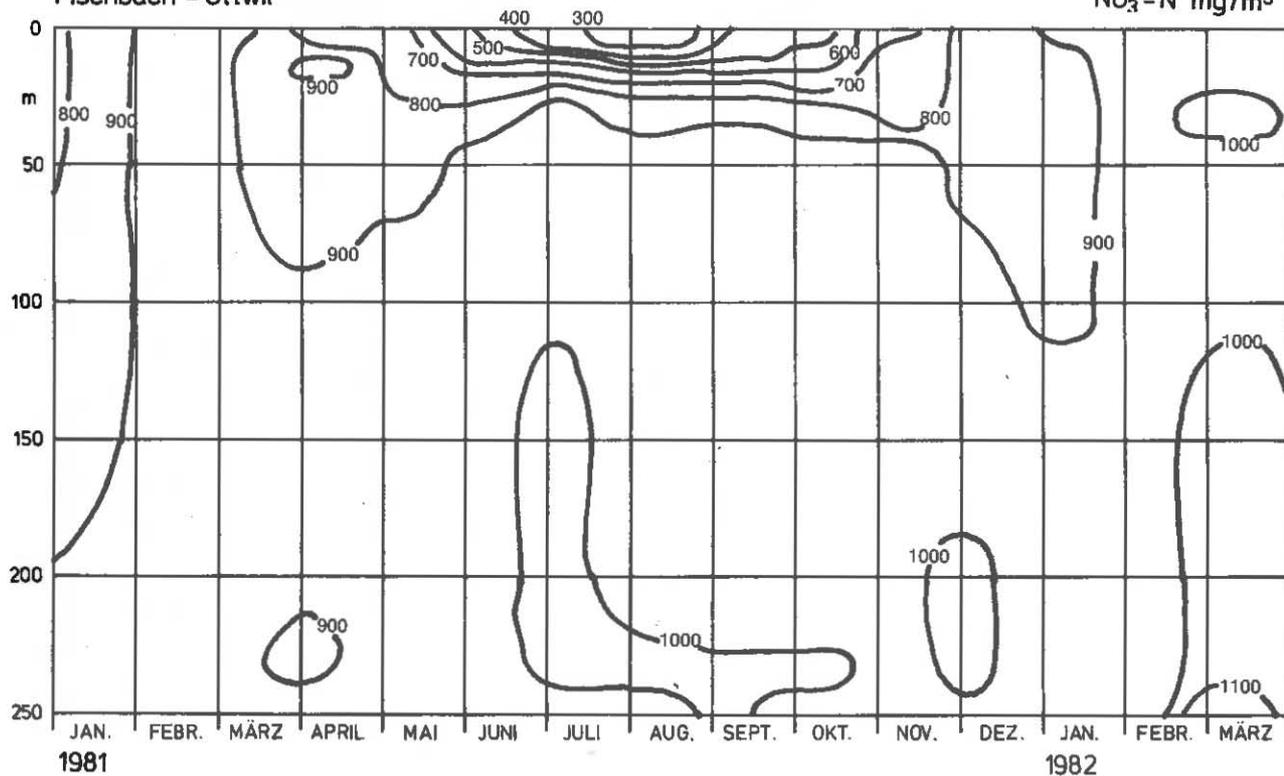
Abb.10

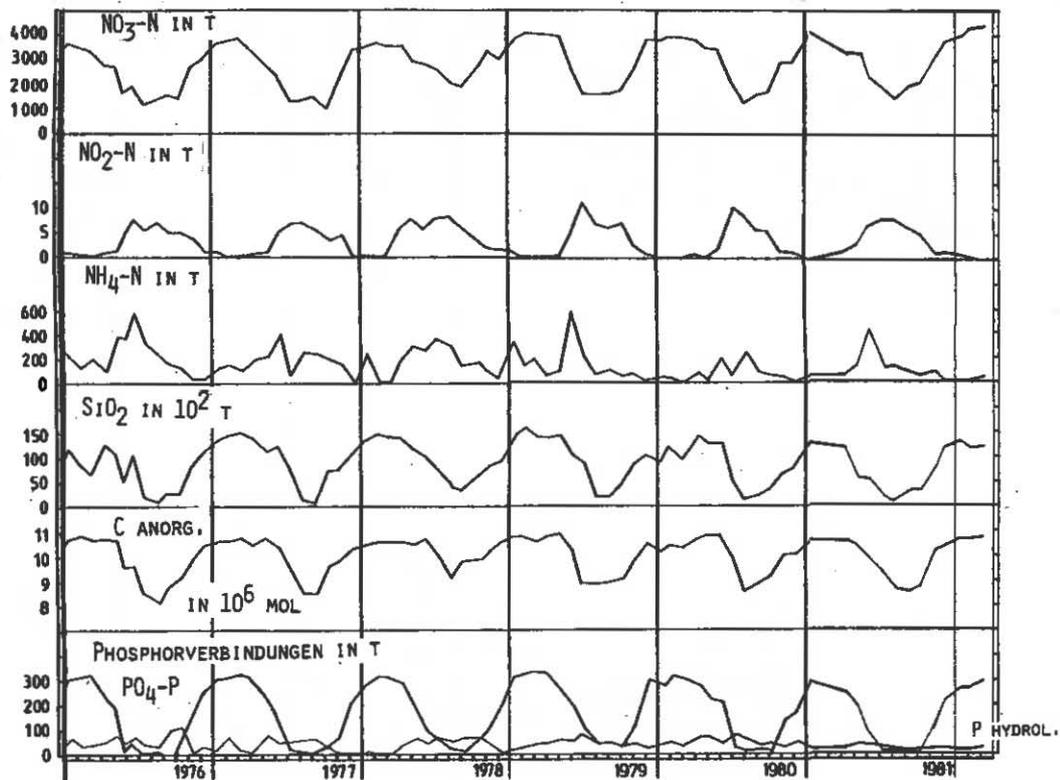
P gelöst mg/m<sup>3</sup>



Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.11  
NO<sub>2</sub>-N mg/m<sup>3</sup>



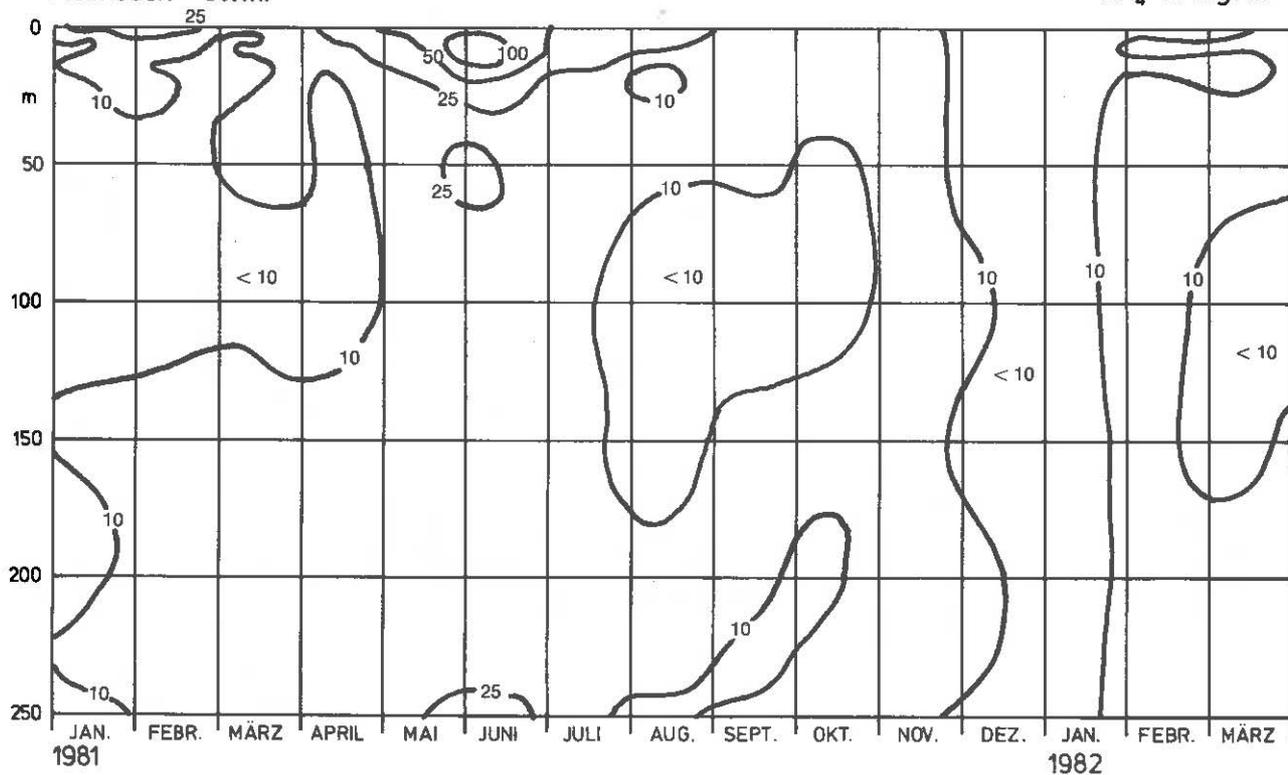


Nährstoffinhalt im Epilimnion 0 - 10 m

Abb.12

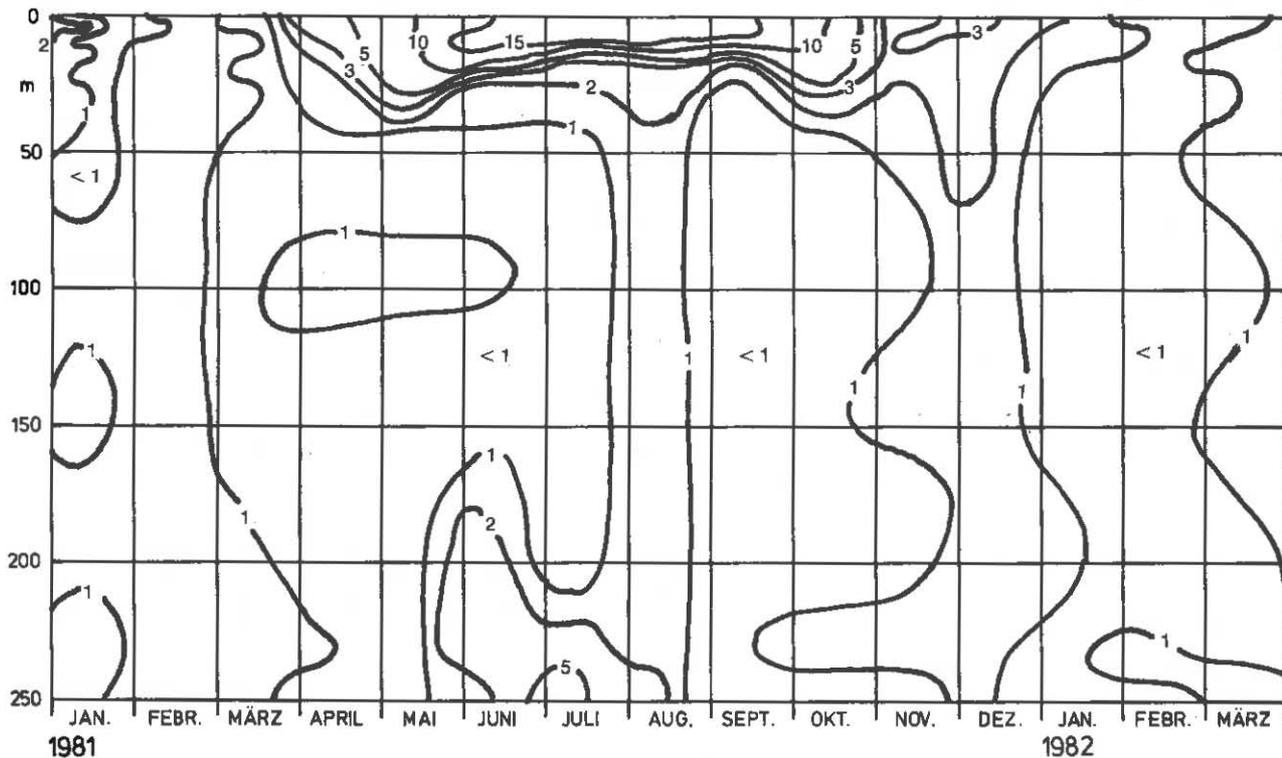
Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.13  
 $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/m<sup>3</sup>



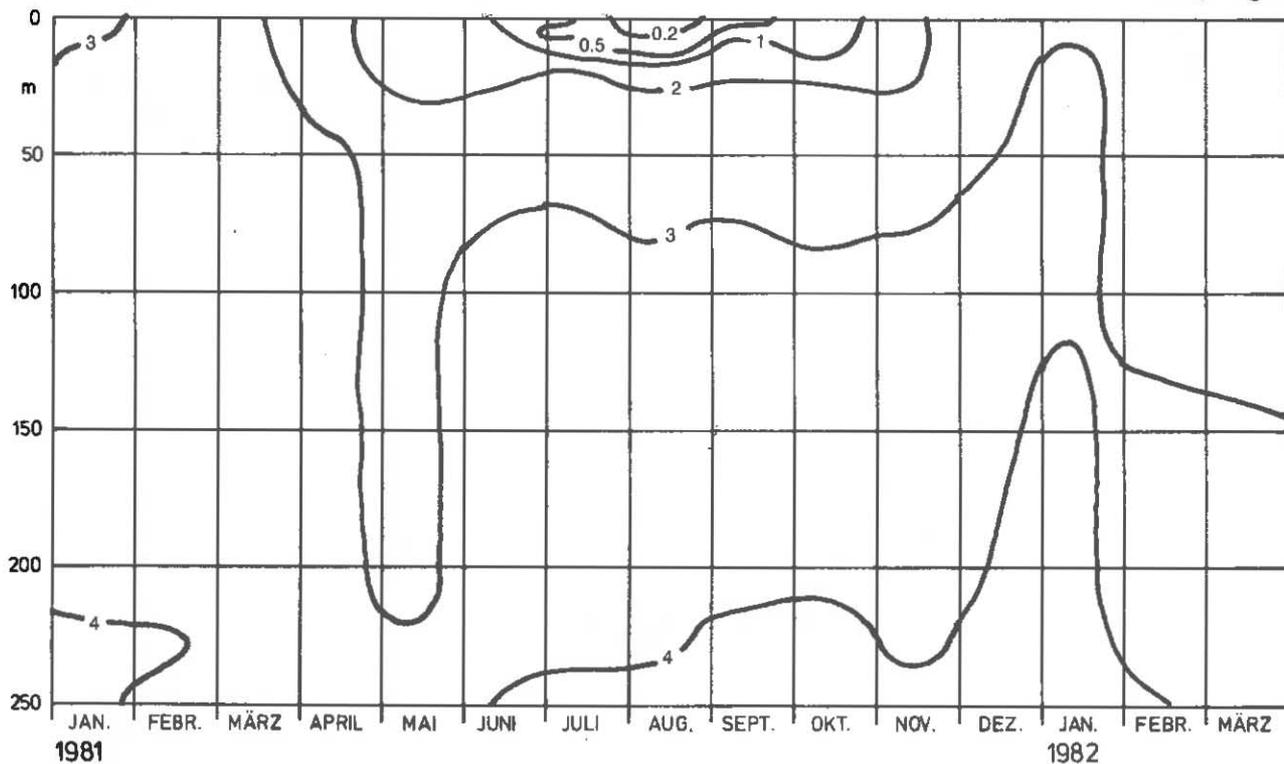
Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.14  
NO<sub>2</sub>-N mg/m<sup>3</sup>

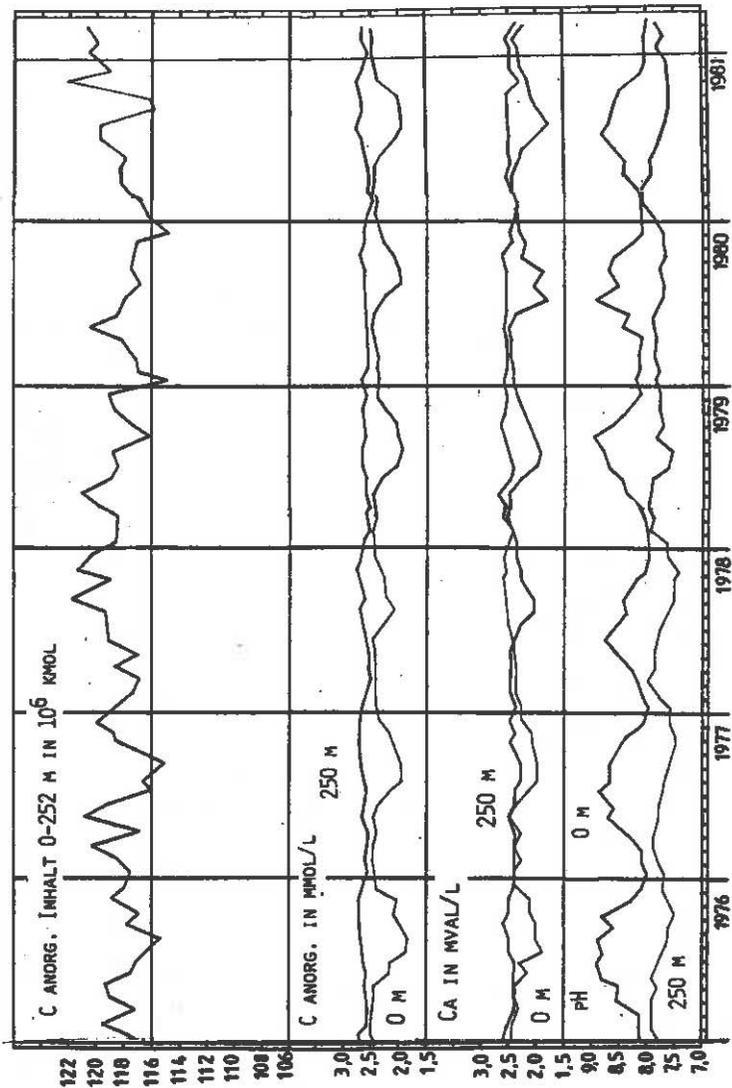


Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.15  
SiO<sub>2</sub> mg/l





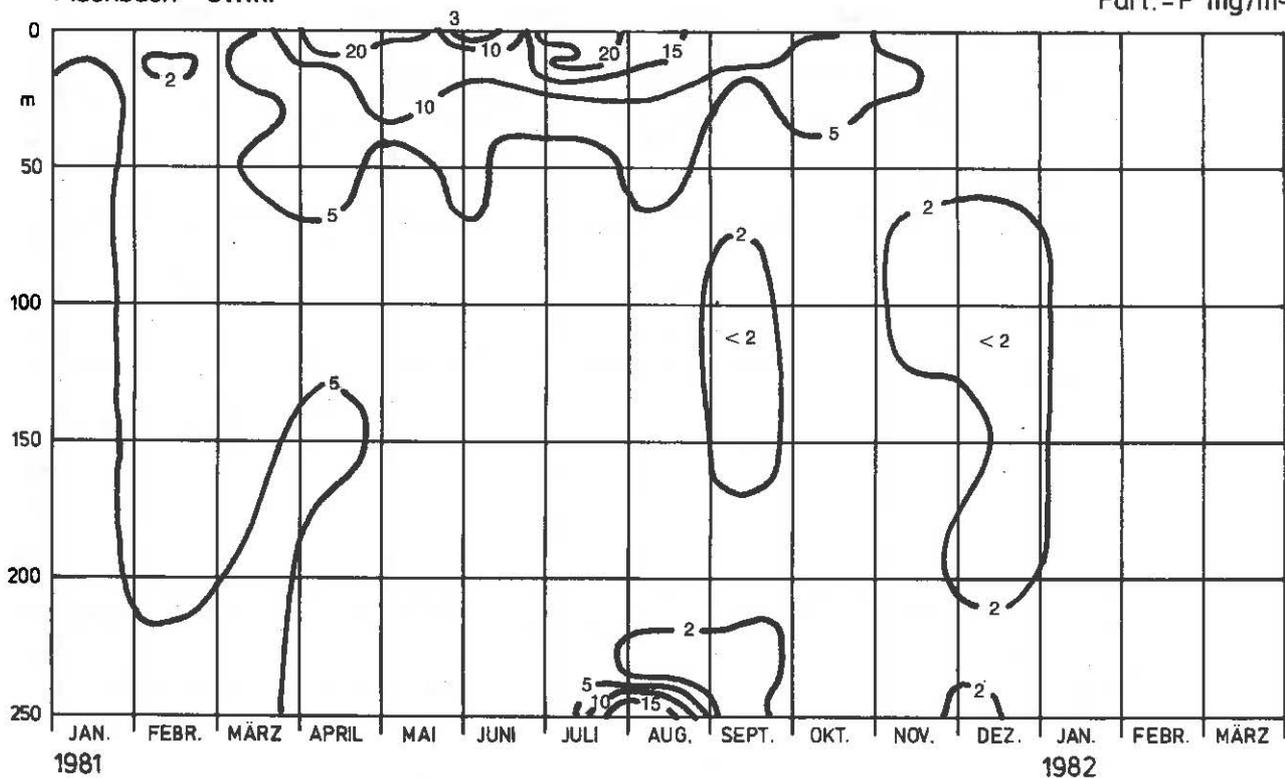


**Bodensee - Obersee**

C anorganisch Inhalt 0 - 252 m,  
Konzentrationen C anorganisch, Ca und pH

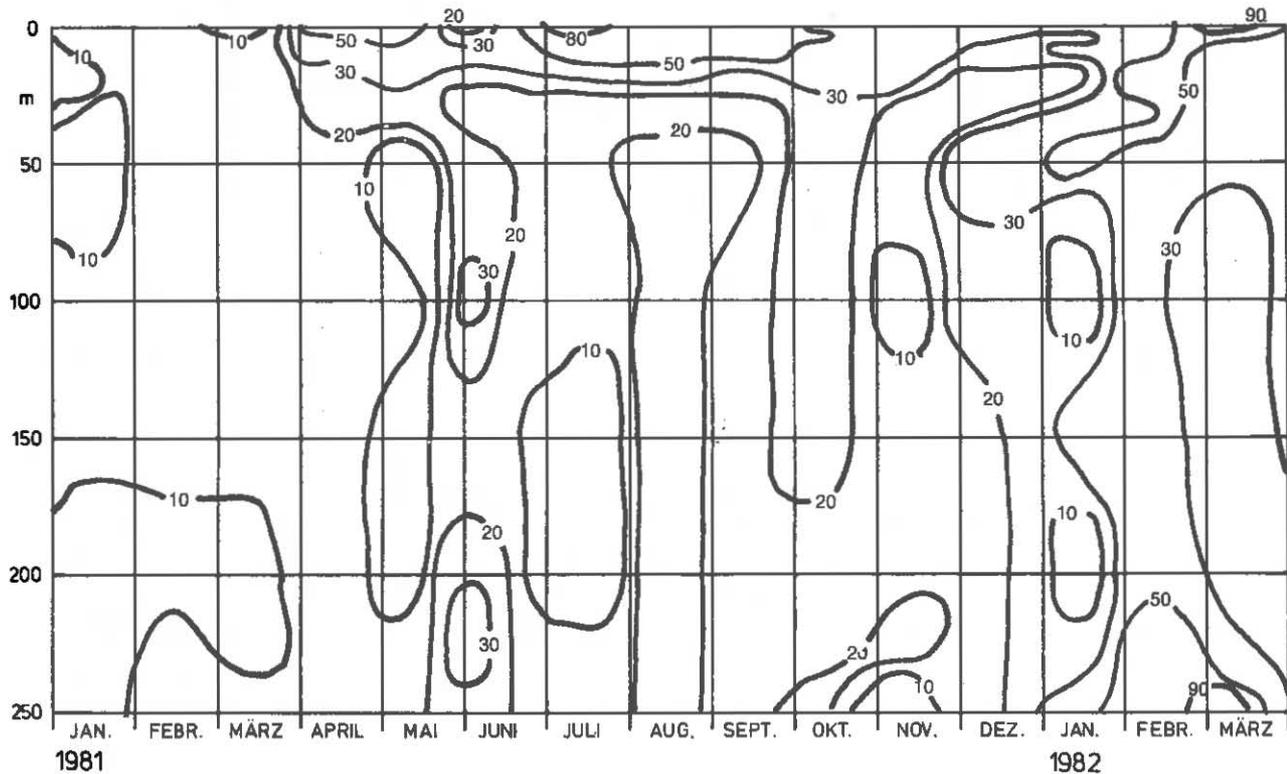
Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

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



Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

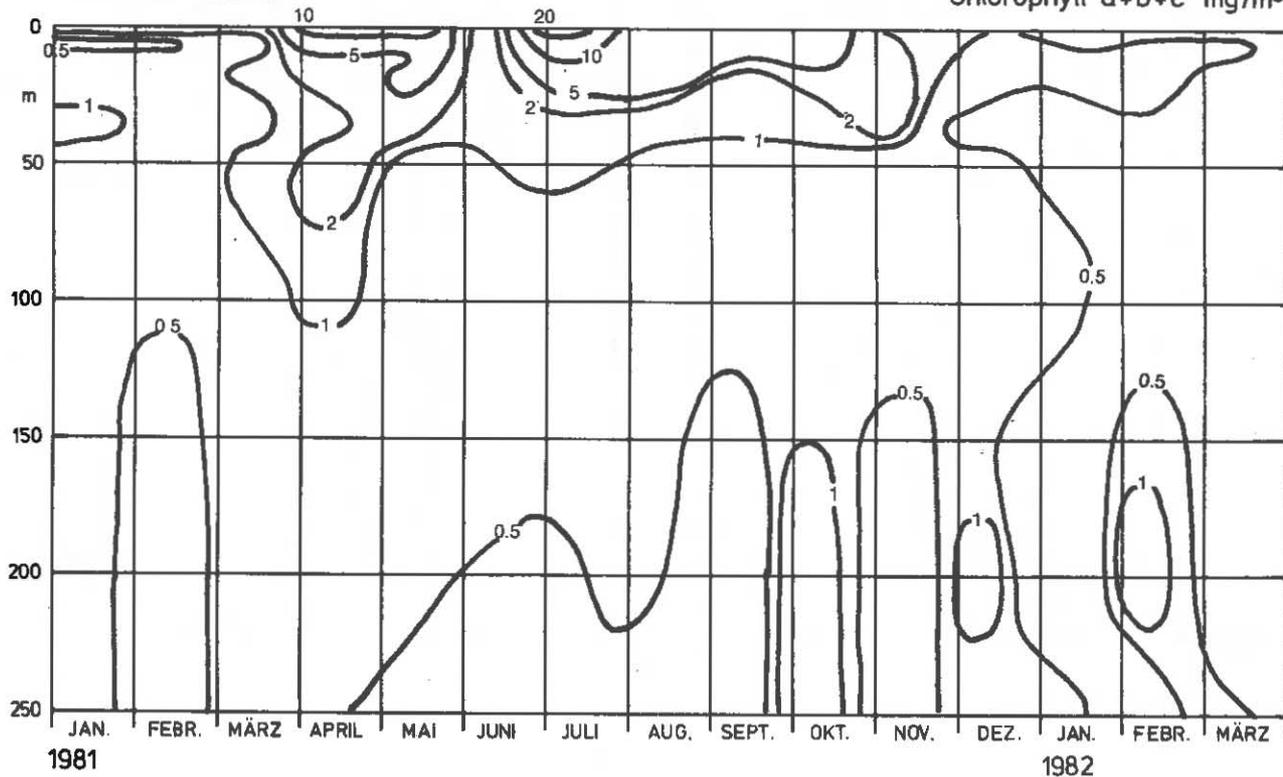
Abb.19  
Part.- N  $\text{mg}/\text{m}^3$

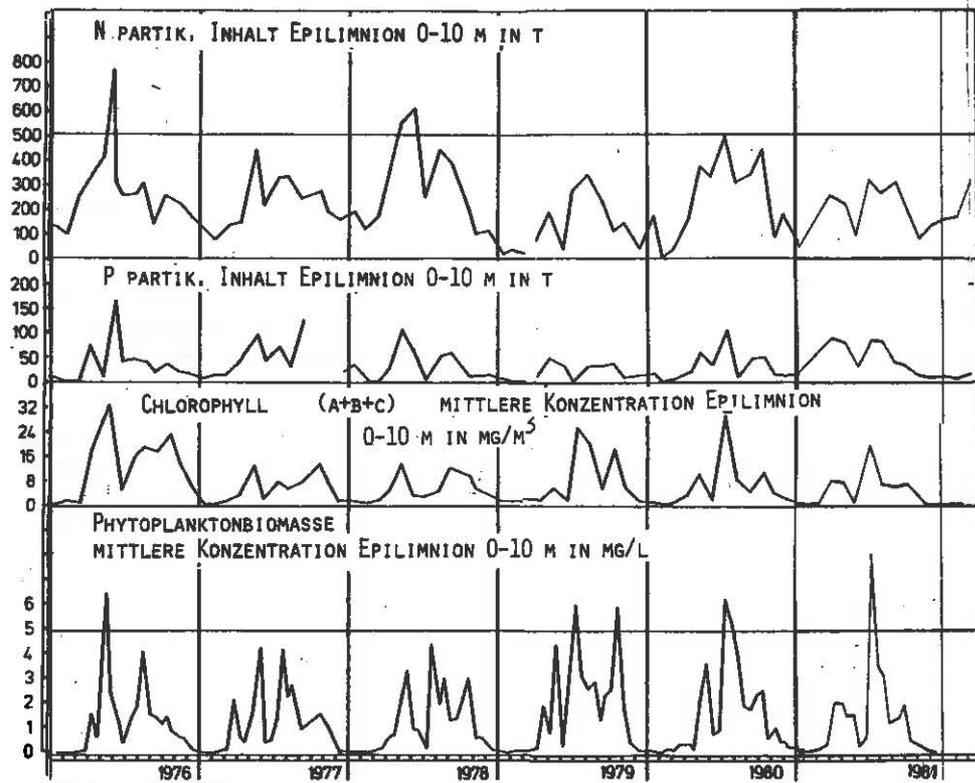


Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Abb.20

Chlorophyll a+b+c mg/m<sup>3</sup>

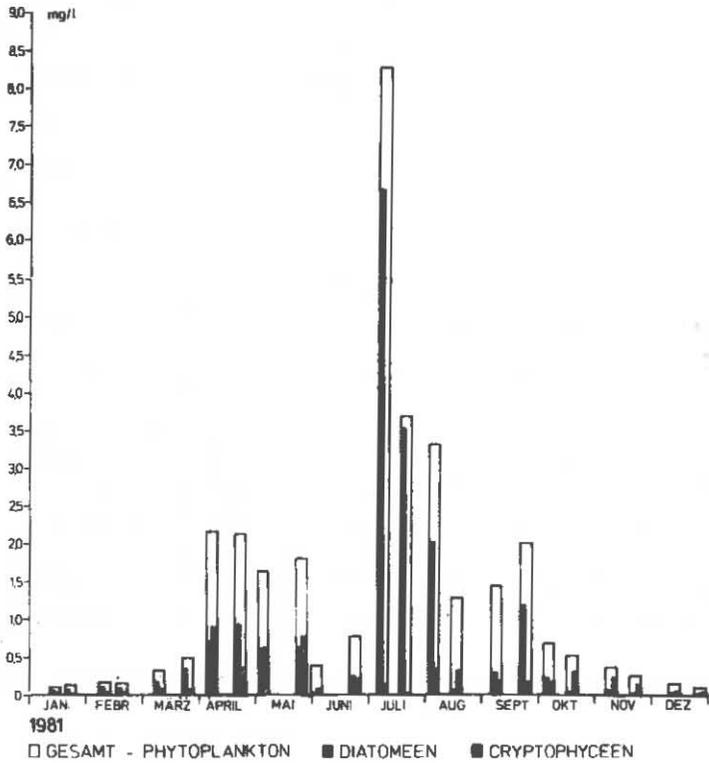
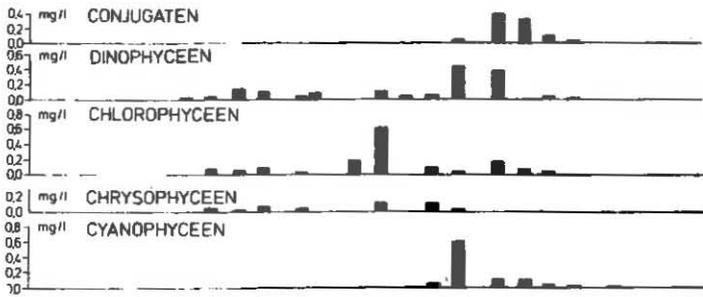




Bodensee - Obersee

Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren

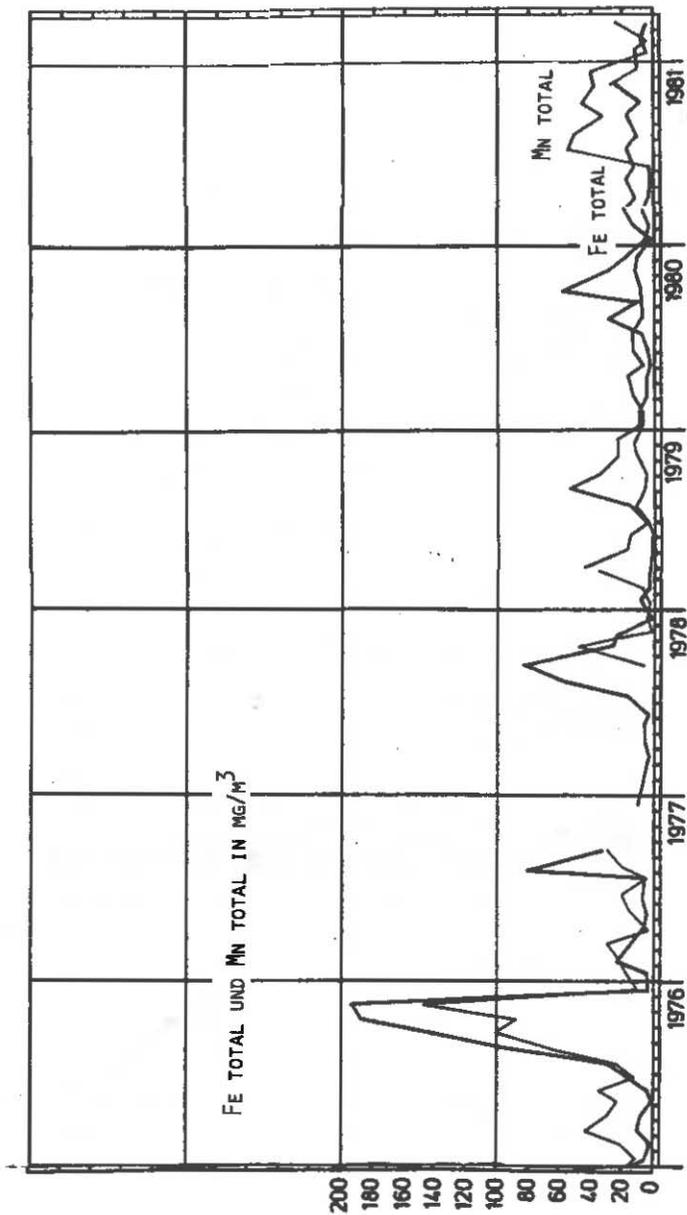
Abb.21



Bodensee - Obersee  
Fischbach - Uttwil

Phytoplankton - Biomasse

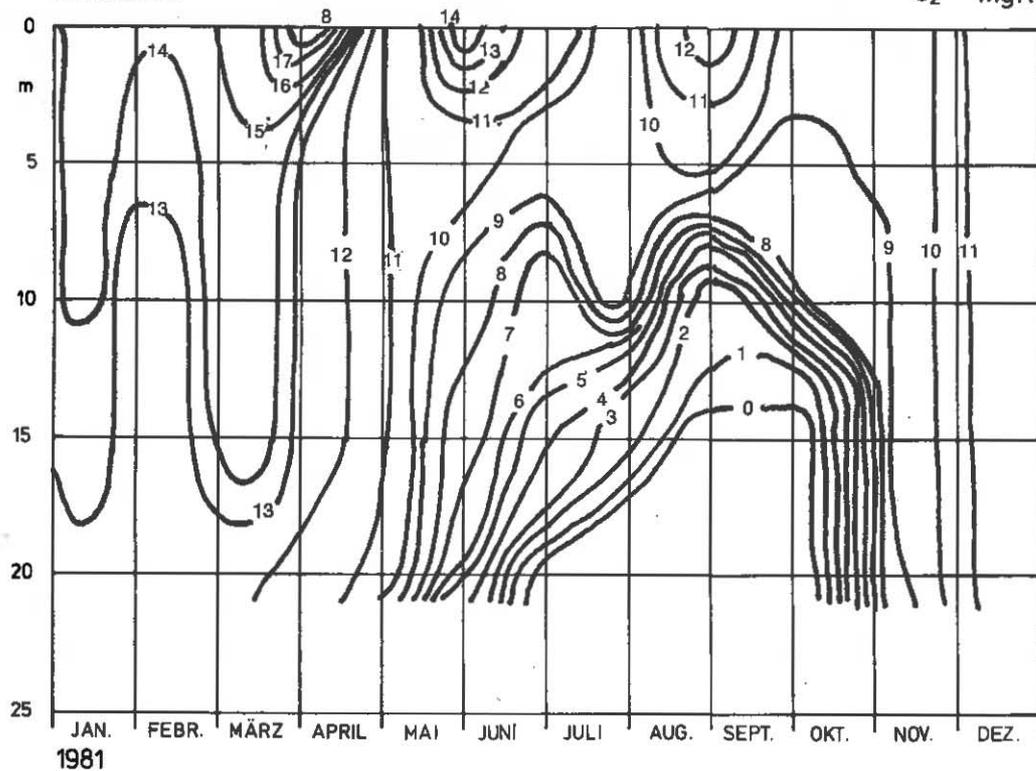
Abb.22

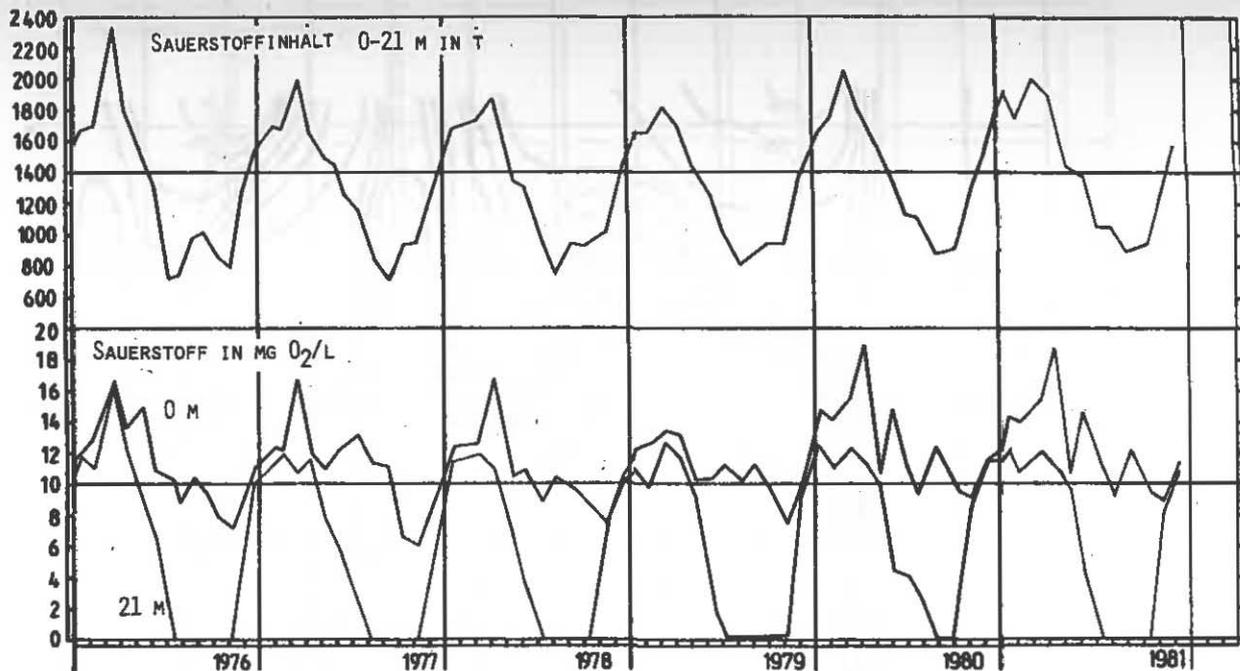


Bodensee - Obersee  
 Konzentrationen von Fe total und Mn total in 250 m

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.26  
O<sub>2</sub> mg/l





Bodensee - Untersee Gnadensee

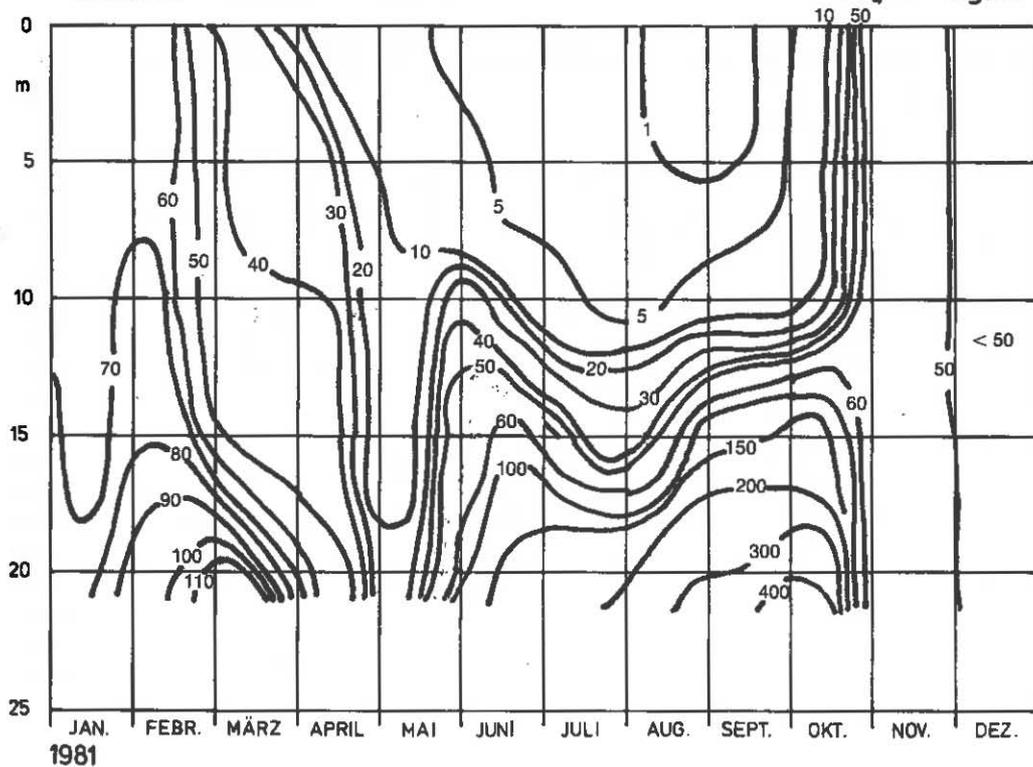
Sauerstoffinhalt 0 - 21 m  
und Sauerstoffkonzentrationen 0 und 21 m

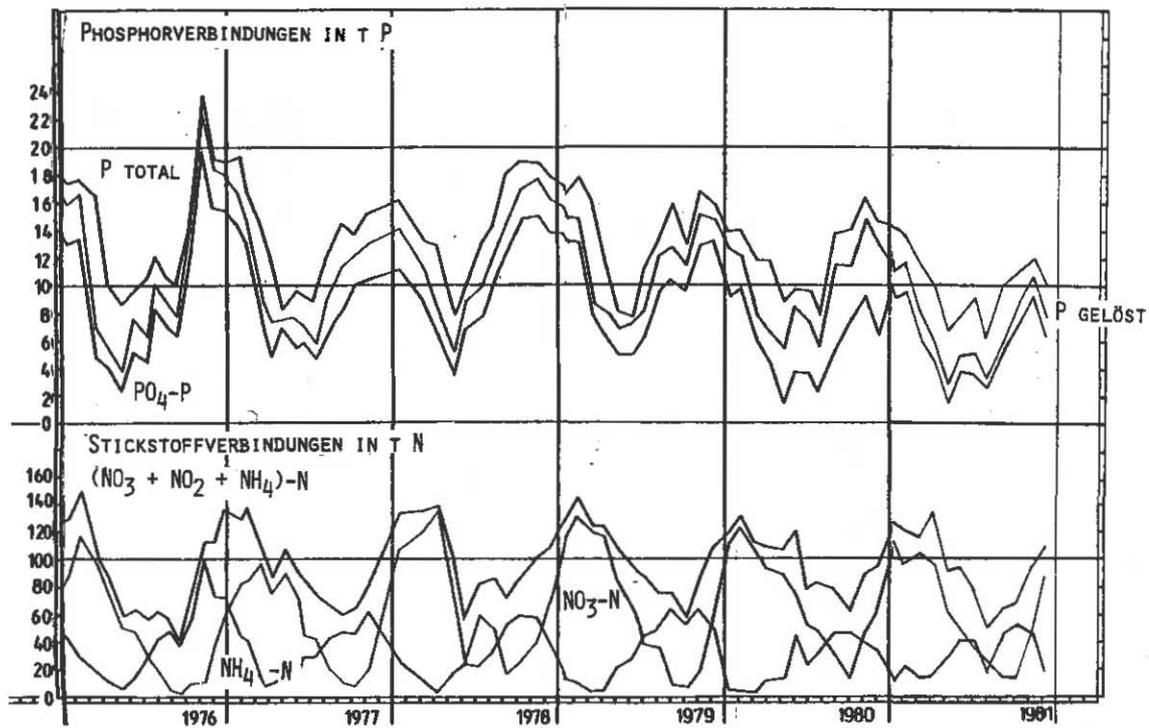
Abb.27

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.28

PO<sub>4</sub>-P mg/m<sup>3</sup>





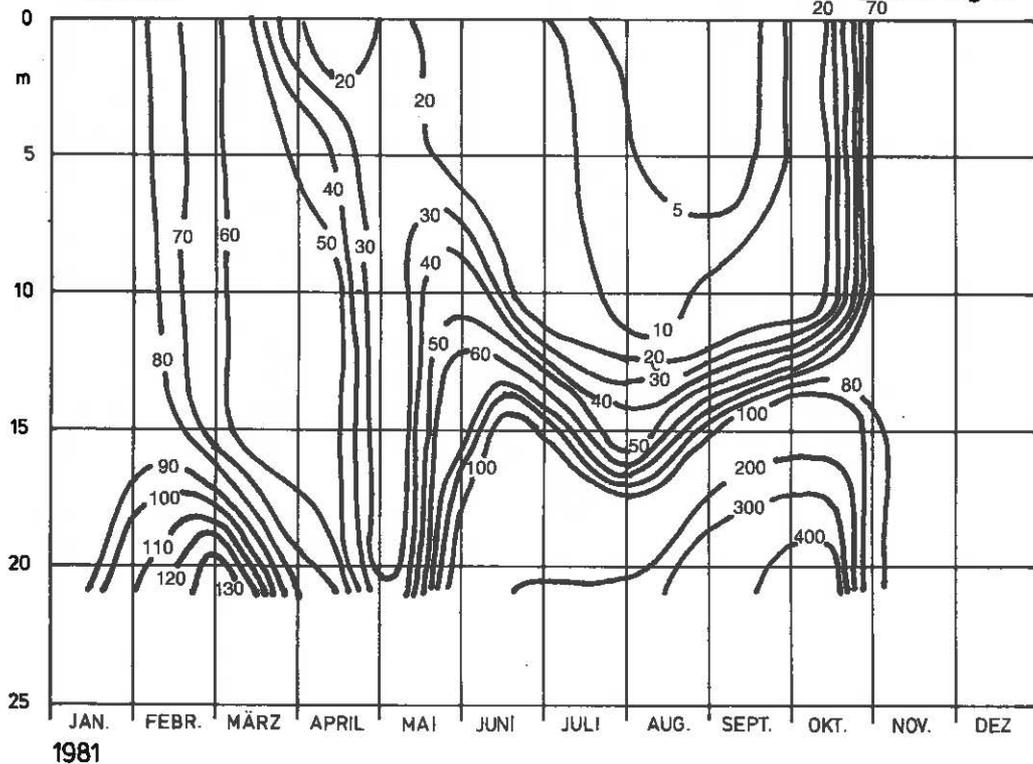
Bodensee - Untersee Gnadensee  
 Nährstoffinhalt 0 - 21 m

Abb.29

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.30

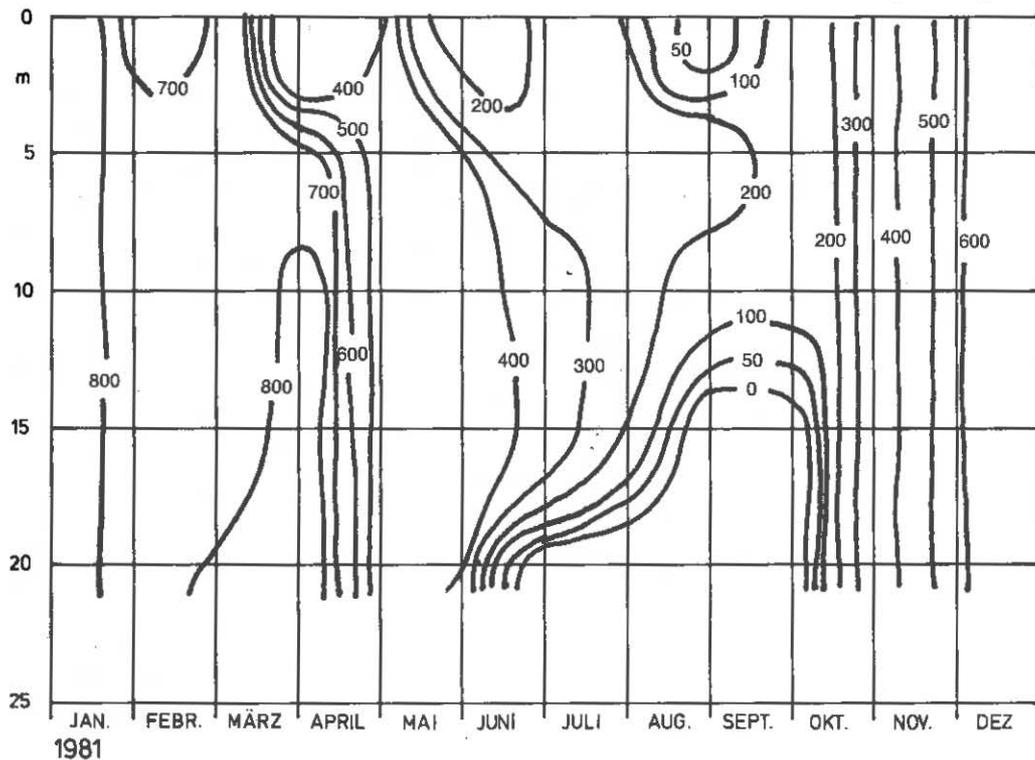
P gelöst  $\text{mg}/\text{m}^3$   
20 70



Bödensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.31

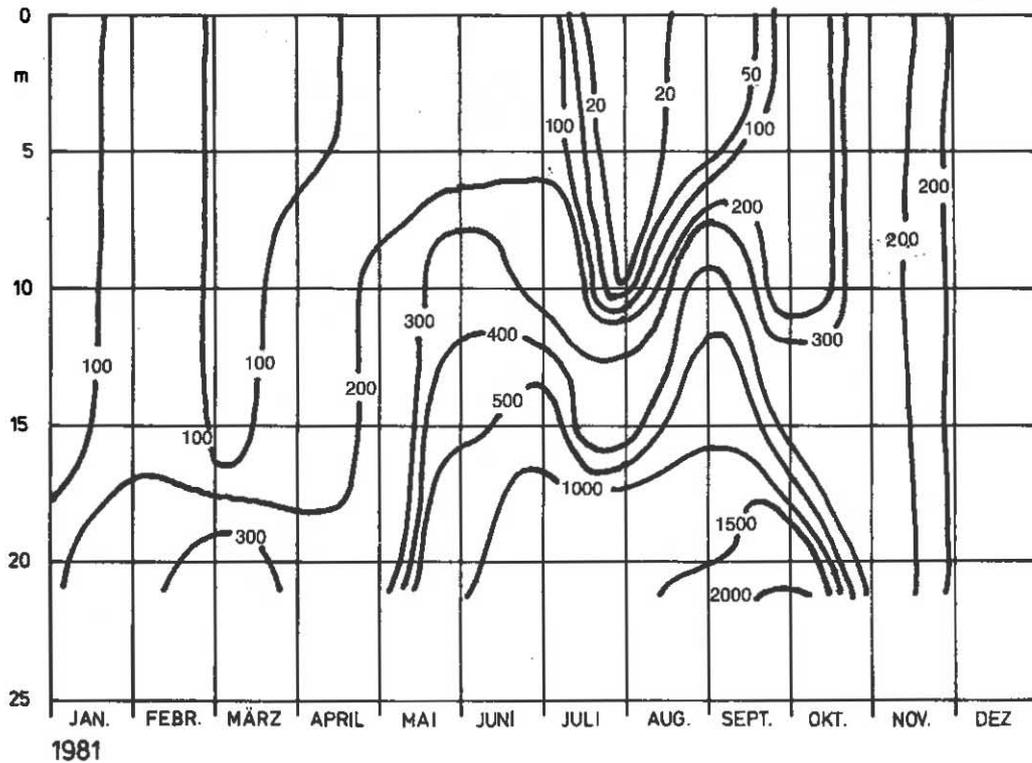
NO<sub>3</sub>-N mg/m<sup>3</sup>

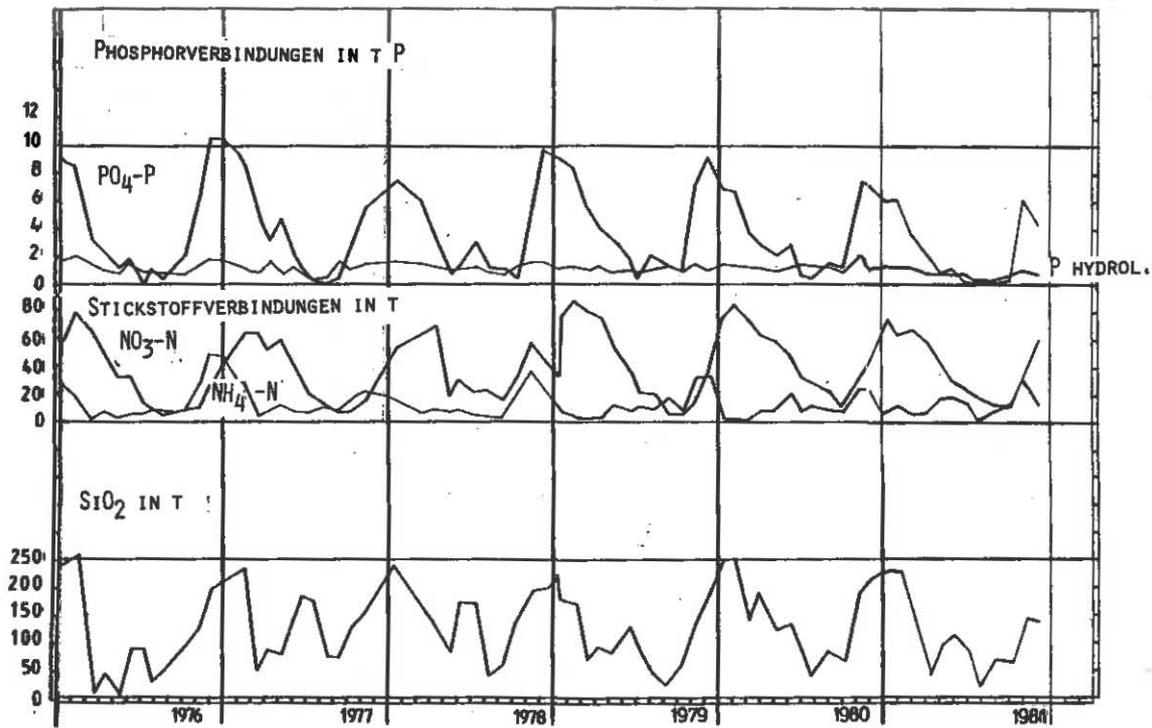


Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.32

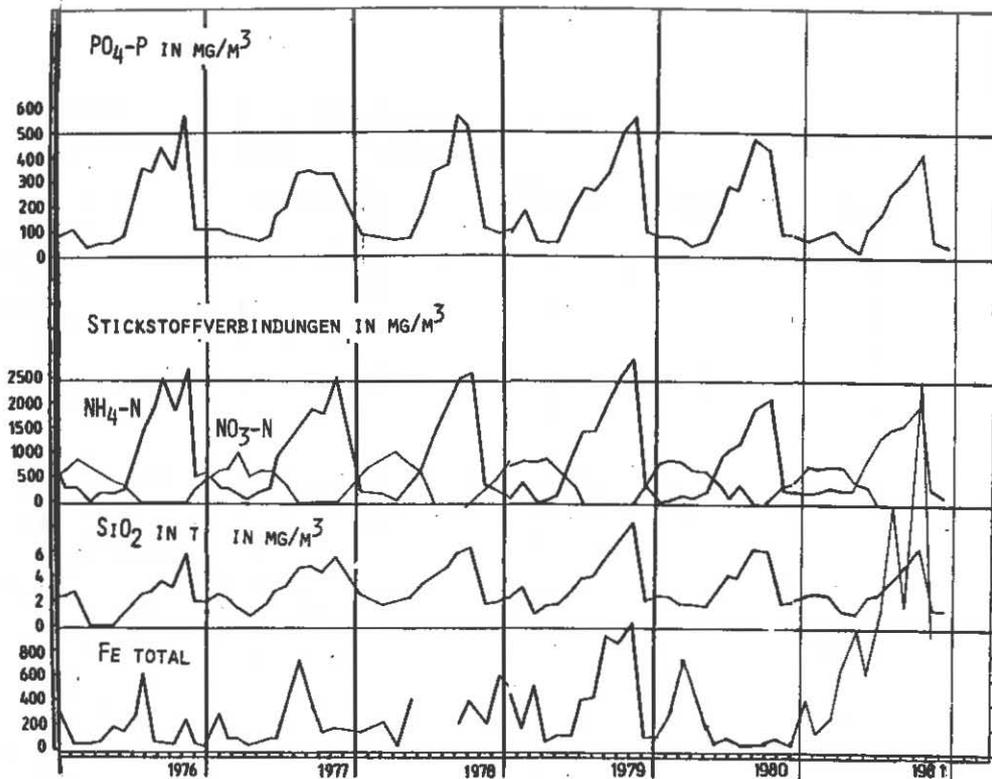
$\text{NH}_4\text{-N}$  mg/m<sup>3</sup>





Bodensee - Untersee Gnadensee  
 Nährstoffinhalt im Epilimnion 0 - 10 m

Abb.33



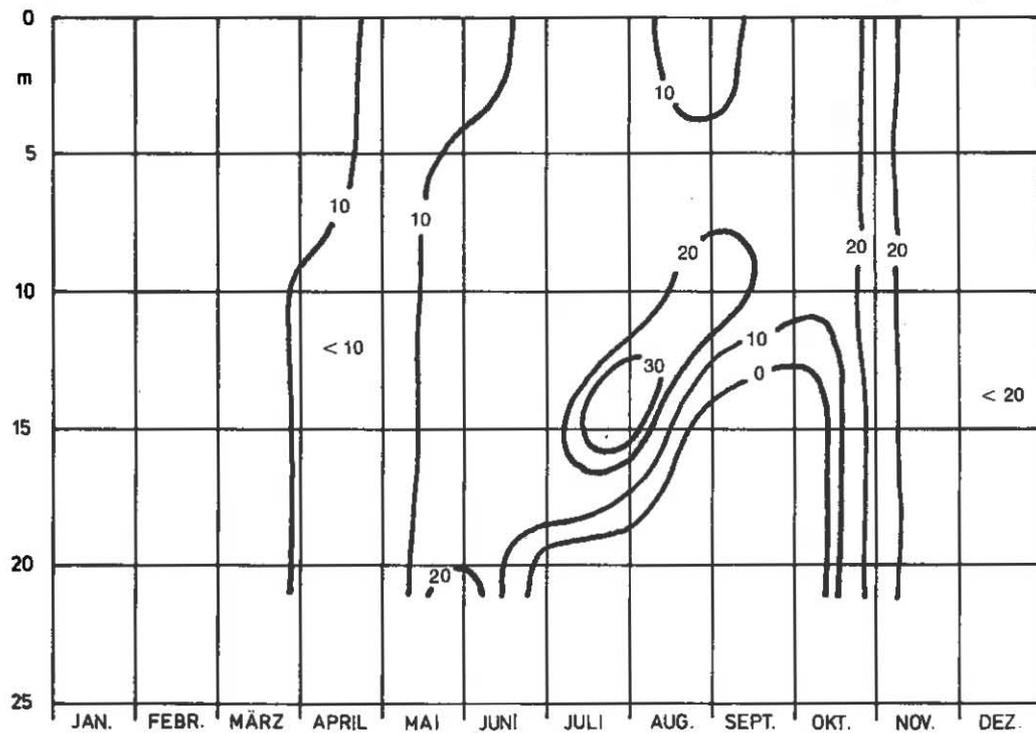
Bodensee - Untersee Gnadensee  
 Stoffkonzentrationen in 20 m Tiefe

Abb.34

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.35

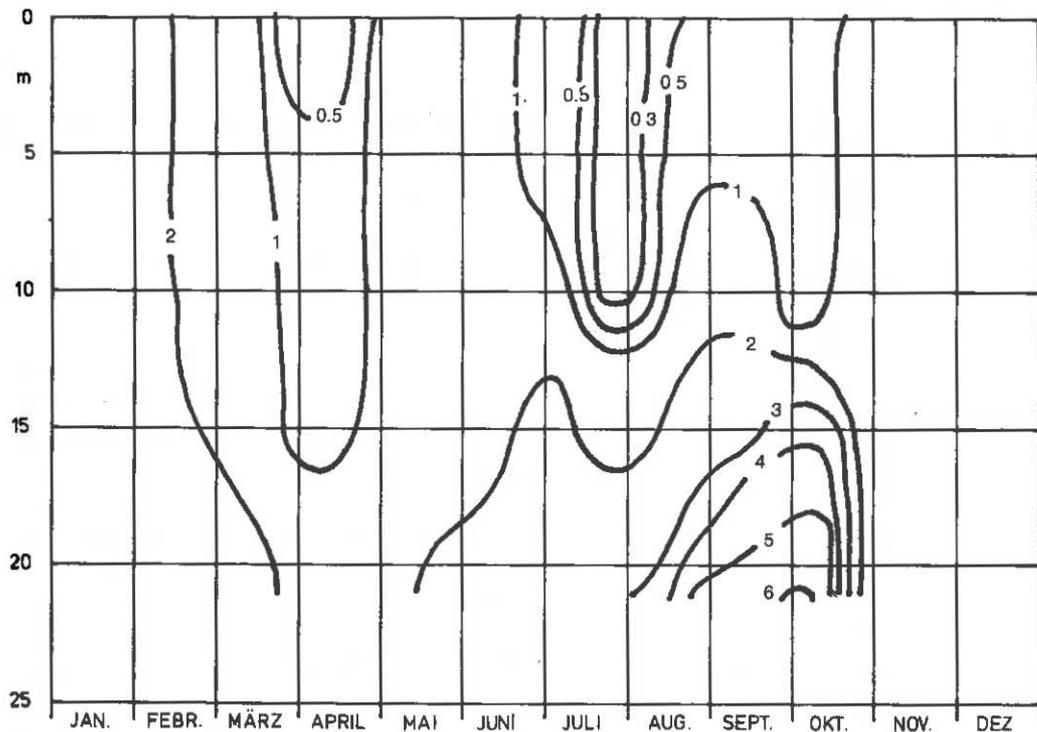
NO<sub>2</sub>-N mg/m<sup>3</sup>



1981

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

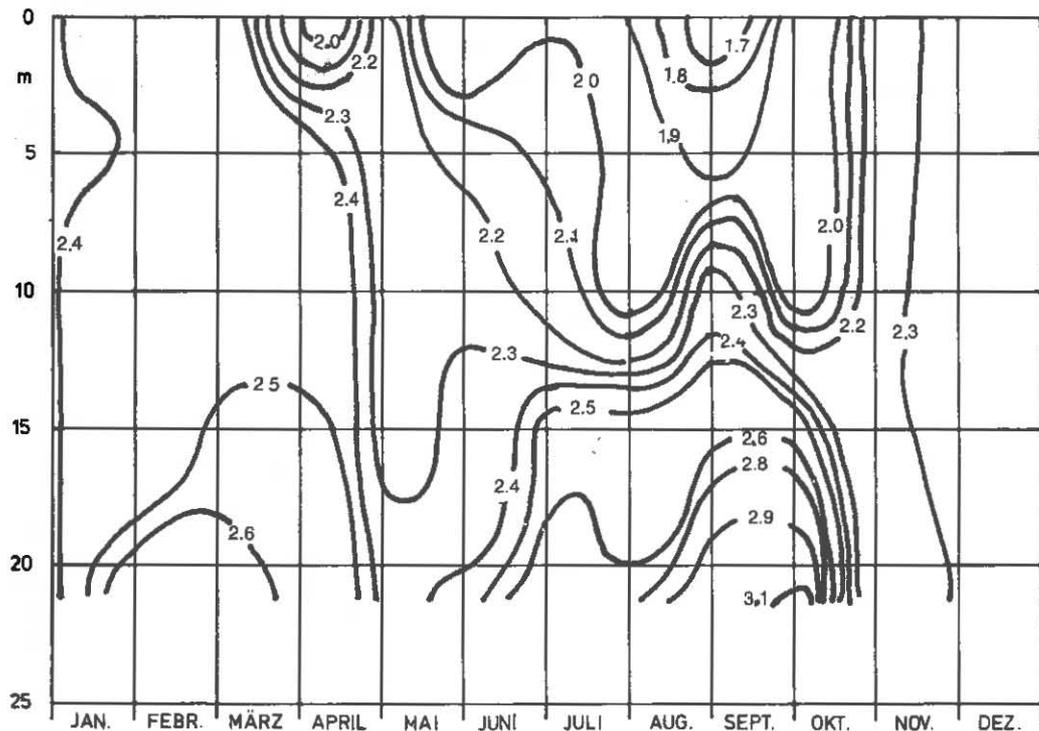
Abb.36  
SiO<sub>2</sub> mg/l



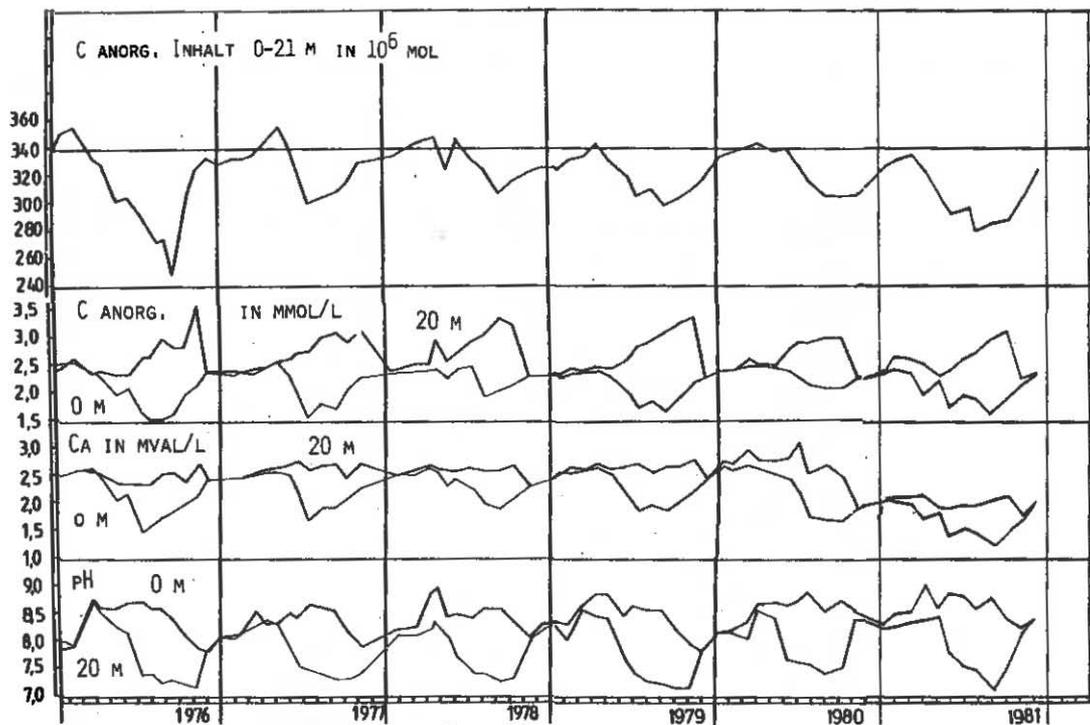
1981

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.37  
anorg. C mmol/l



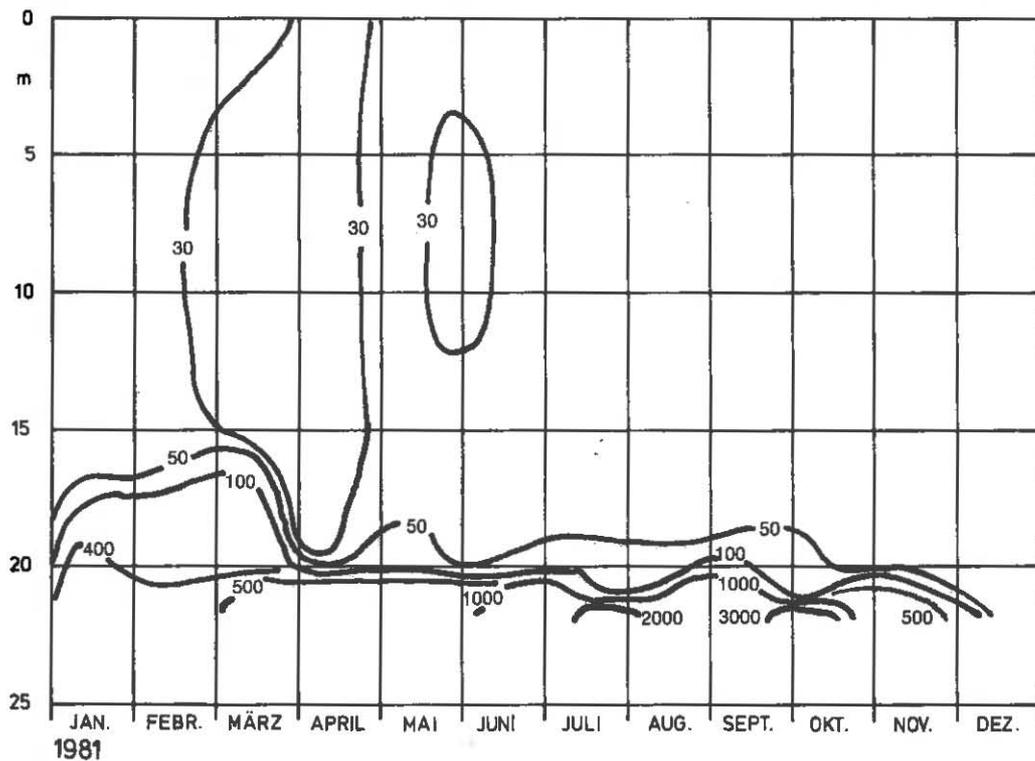
1981

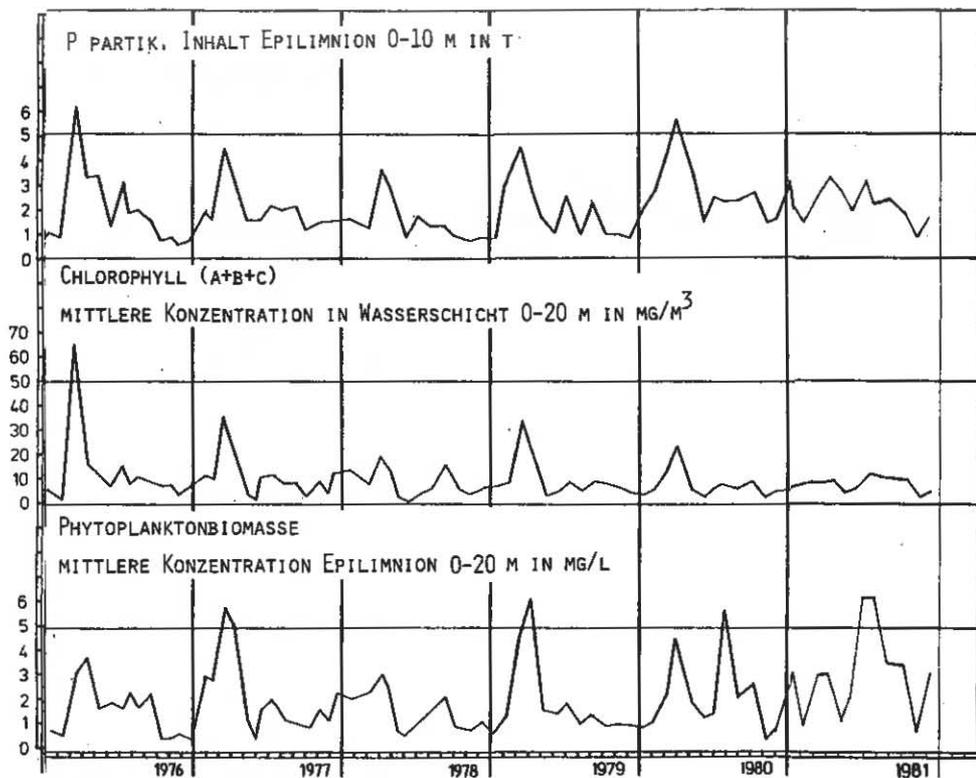


Bodensee - Untersee Gnadensee  
 C anorganisch Inhalt 0 - 21 m  
 Konzentrationen C anorganisch, Ca und pH

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.39  
Fe gelöst  $\text{mg}/\text{m}^3$



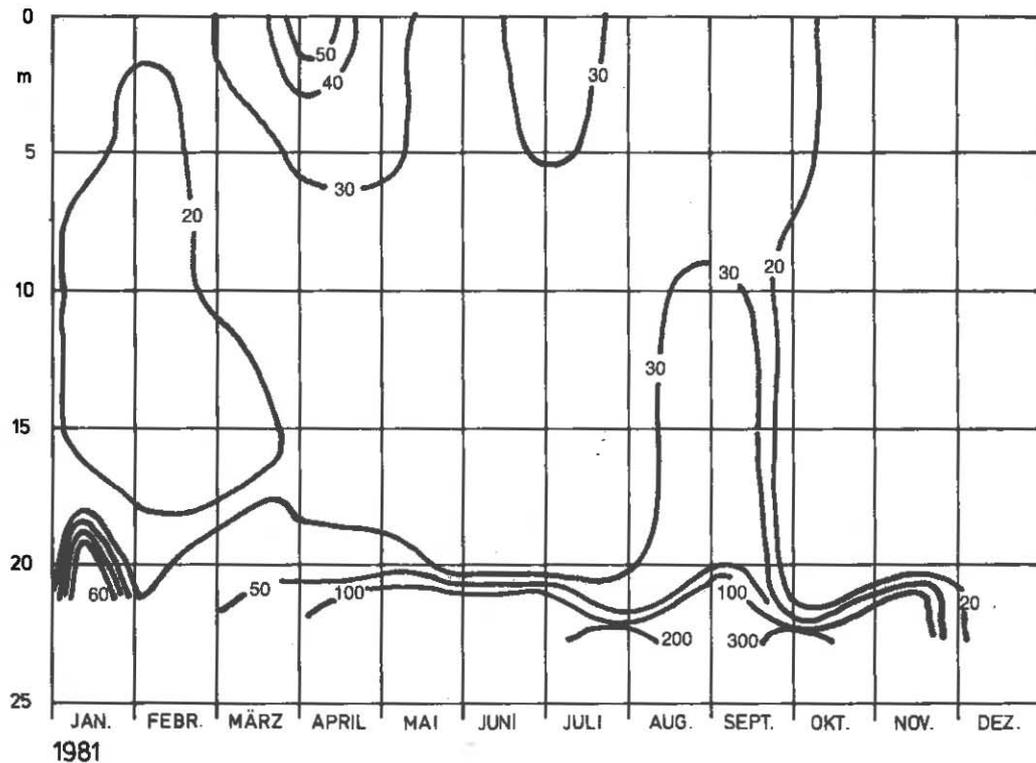


Bodensee - Untersee Gnadensee  
 Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren

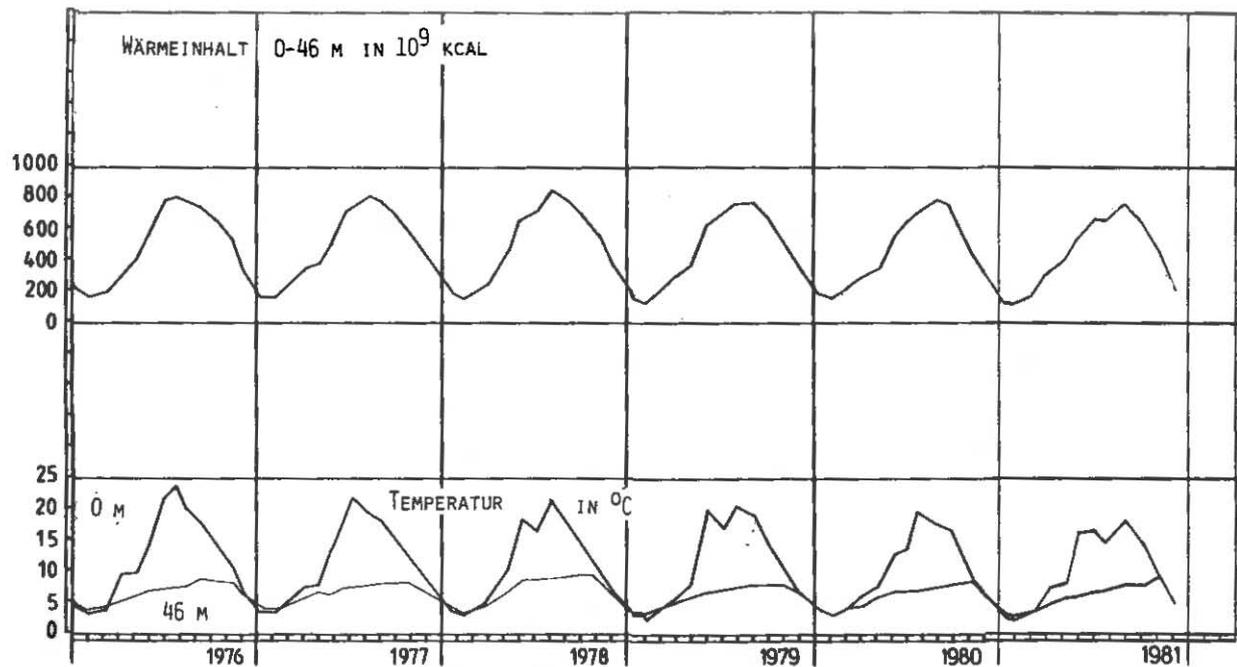
Abb.40

Bodensee - Untersee  
Gnadensee

Abb.41  
Part.-P mg/m<sup>3</sup>







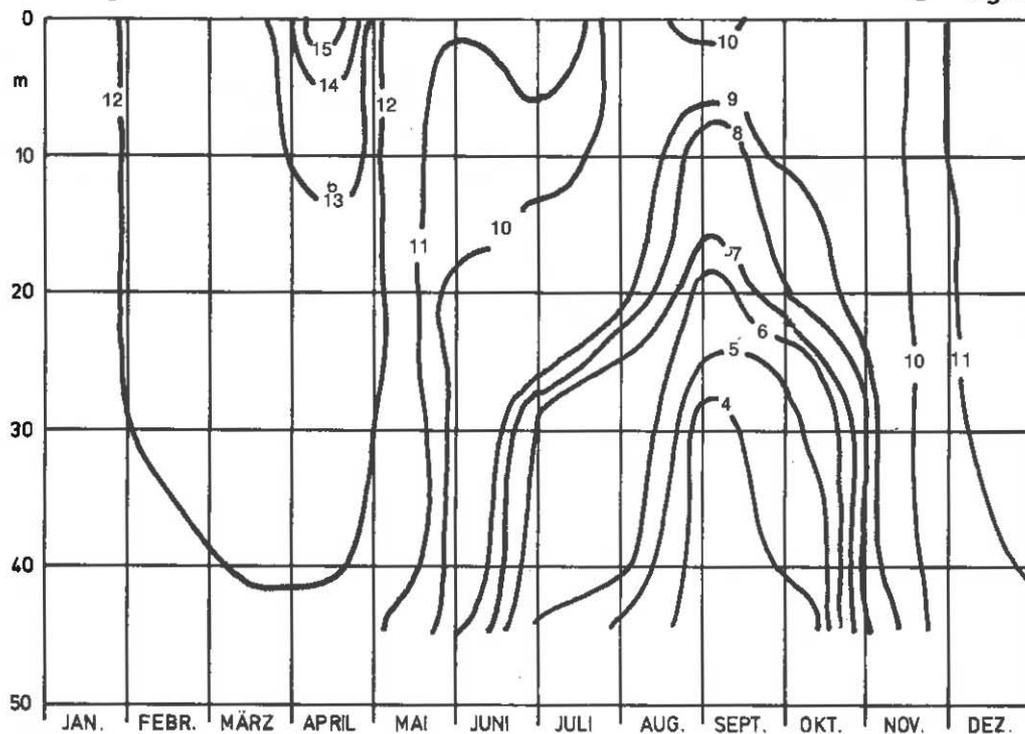
Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 Thermik

Abb. 43

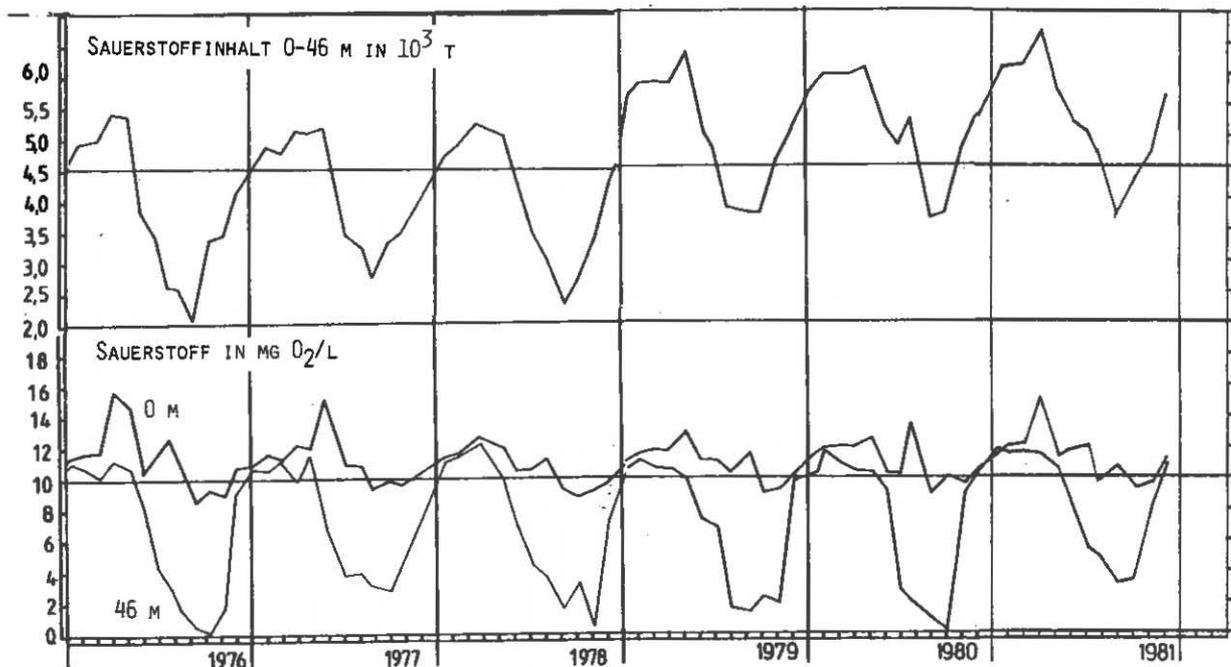
Bodensee - Untersee  
Berlingen

Abb. 44

O<sub>2</sub> mg/l



1981



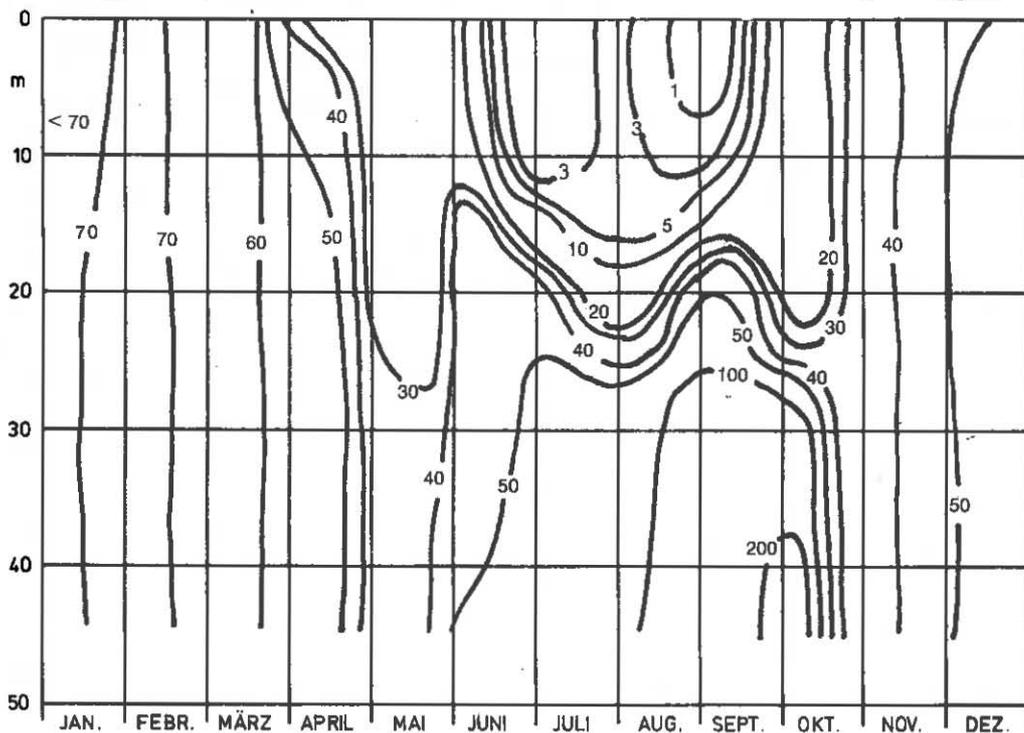
Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 Sauerstoffinhalt 0 - 46 m  
 und Sauerstoffkonzentrationen 0 und 46 m

Abb. 45

Bodensee - Untersee  
Berlingen

Abb. 46

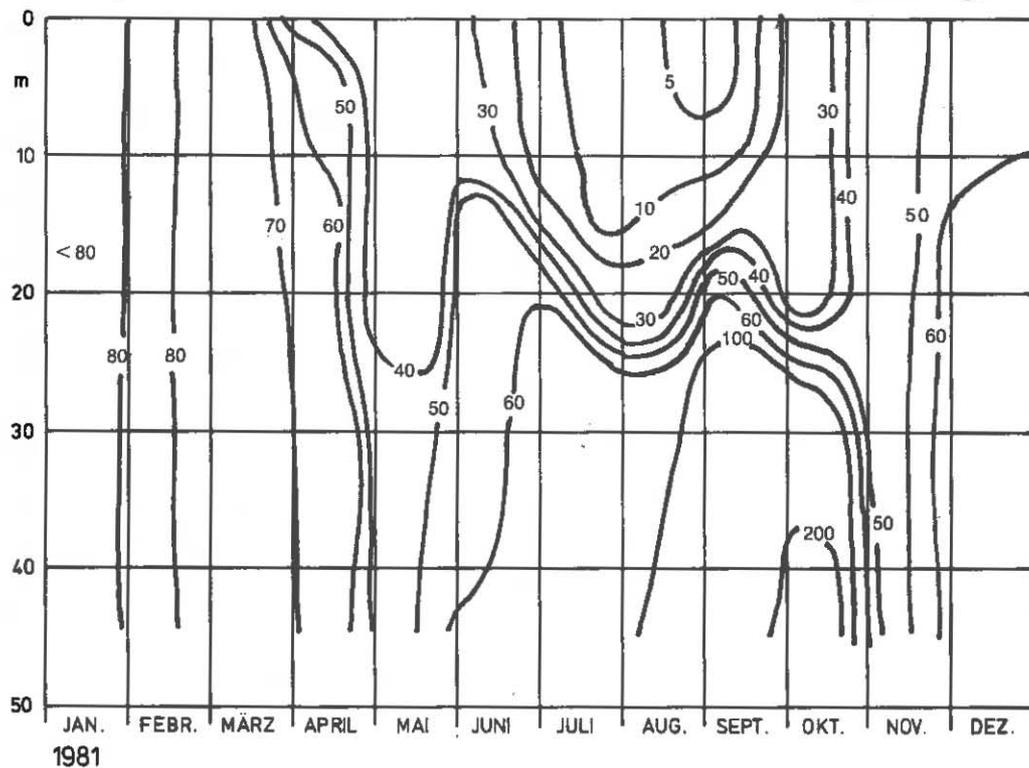
PO<sub>4</sub>-P mg/m<sup>3</sup>

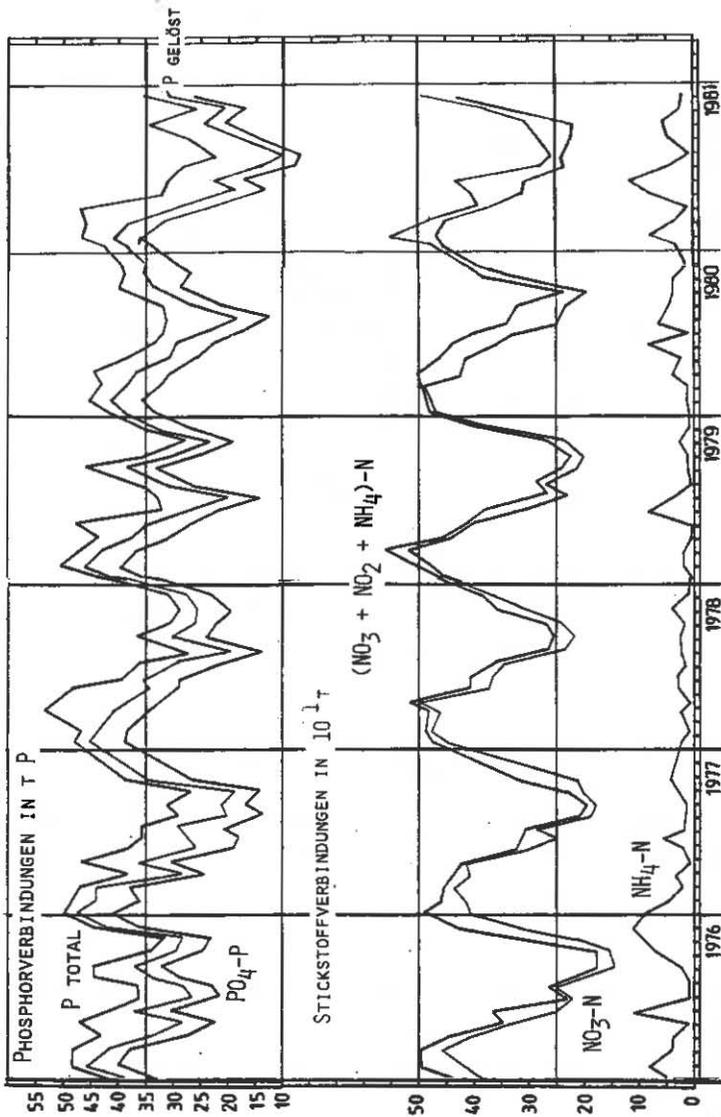


1981

Bodensee - Untersee  
Berlingen

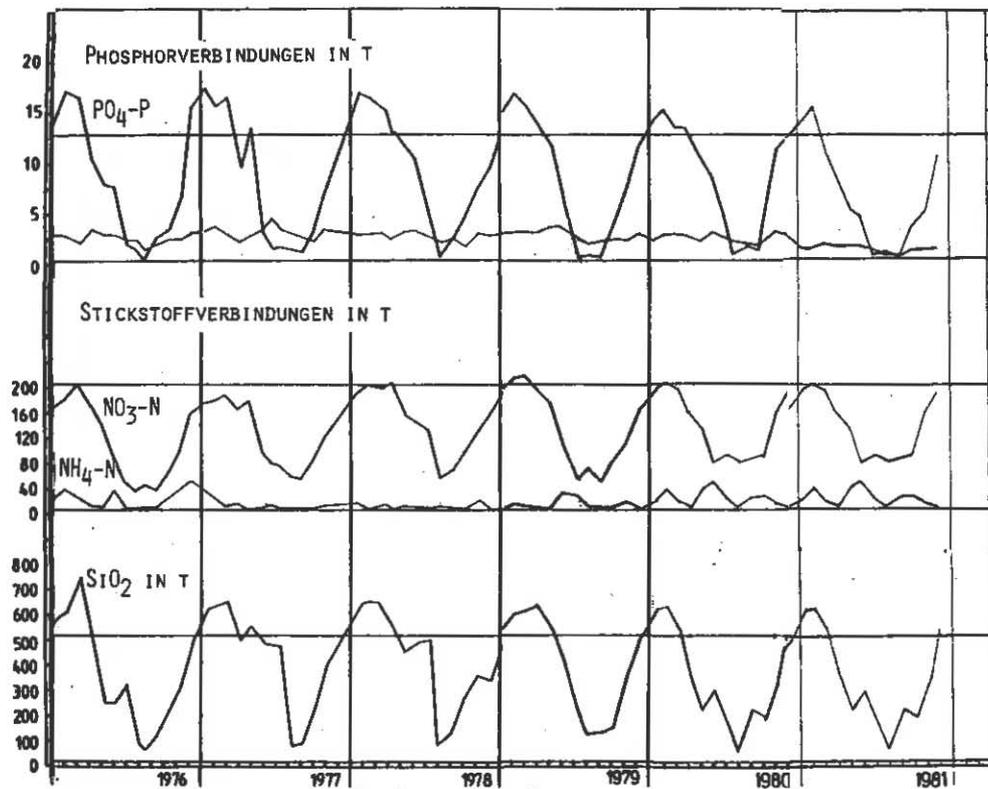
Abb. 47  
P gelöst  $\text{mg}/\text{m}^3$





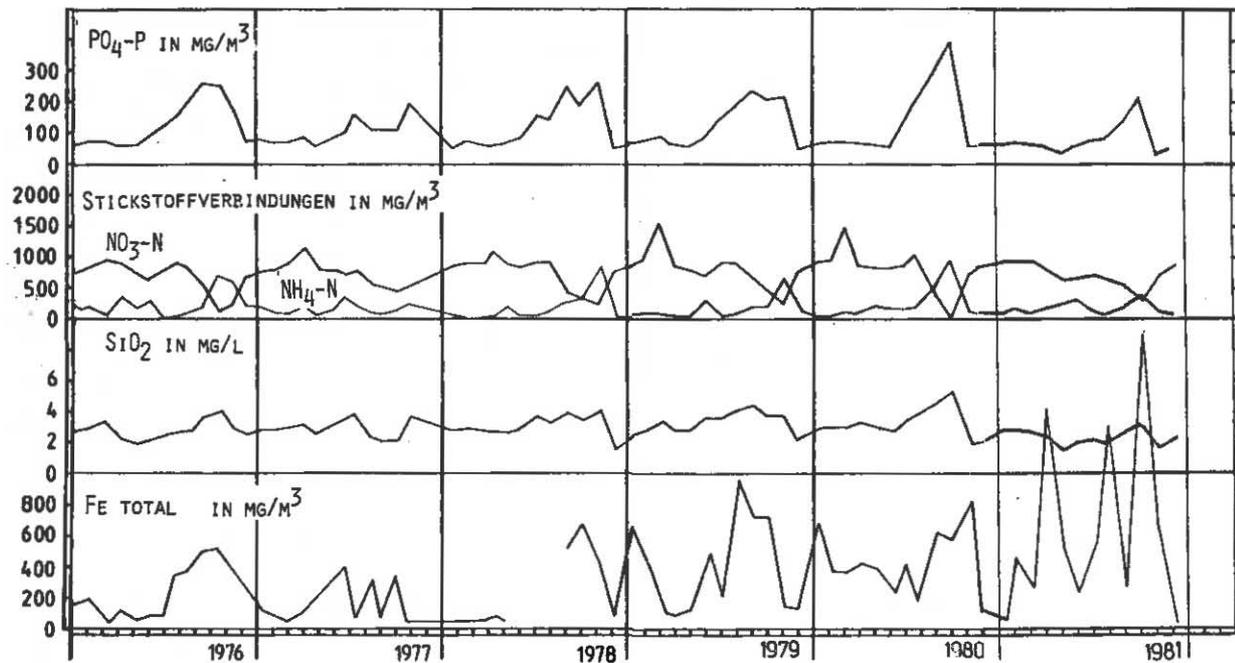
Eodensee - Untersee Rheensee Berlingen  
 Nährstoffinhalt 0 - 46 m

Abb. 48



Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 Nährstoffinhalt im Epilimnion 0 - 10 m

Abb. 49



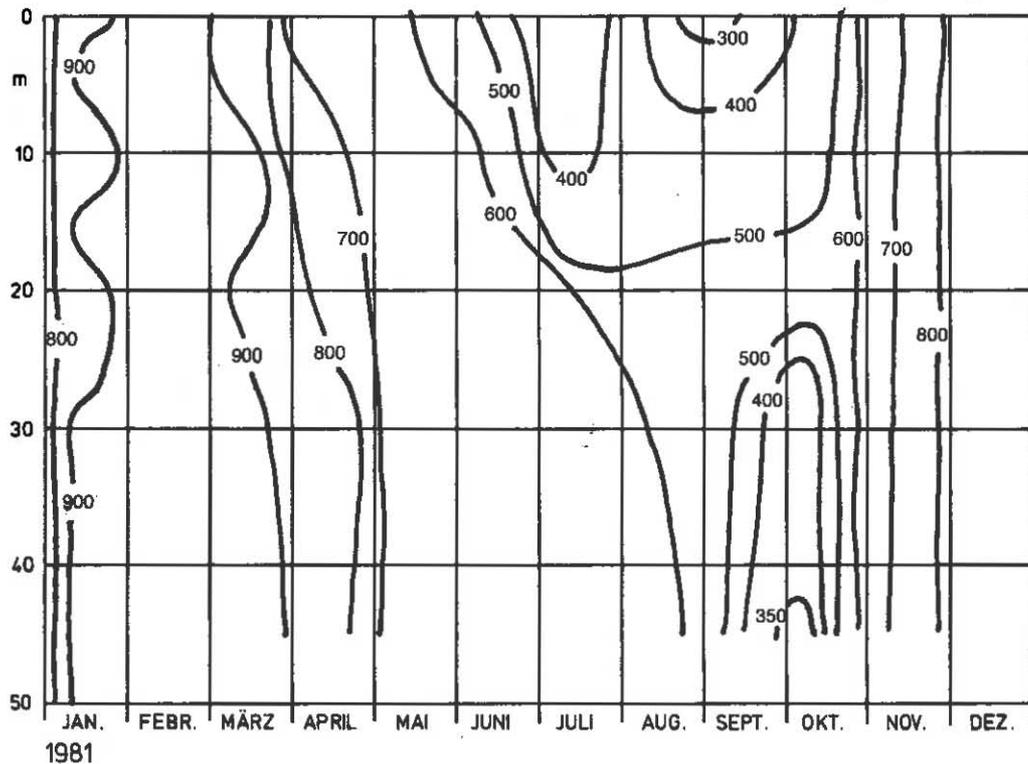
Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 Stoffkonzentrationen in 46 m

Abb. 50

Bodensee - Untersee  
Berlingen

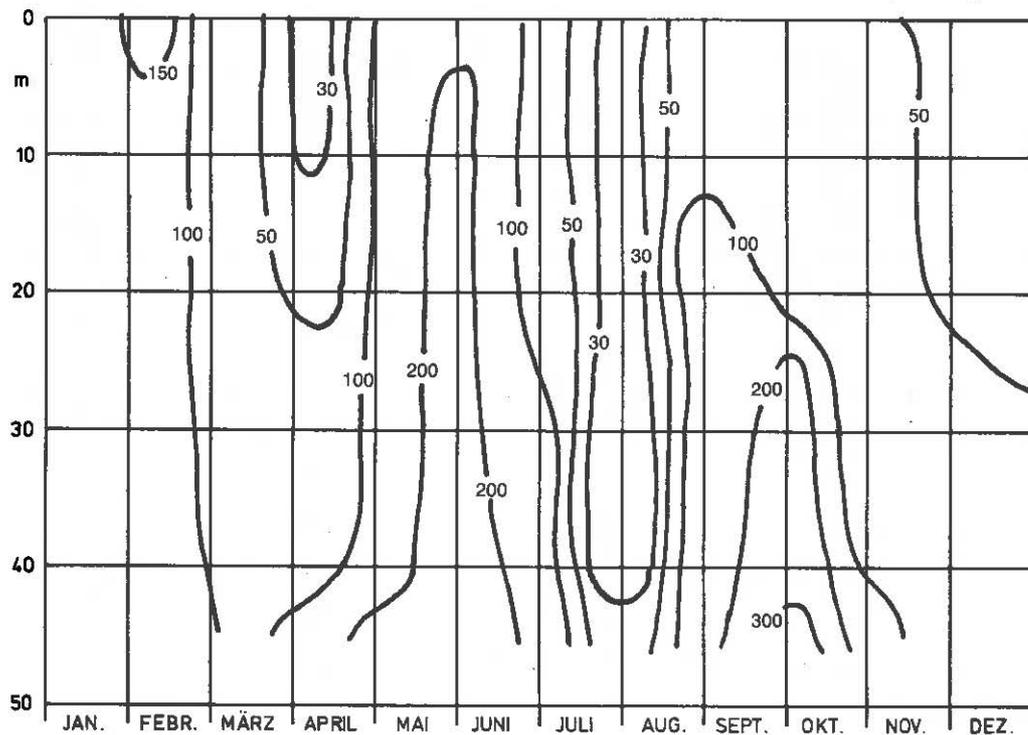
Abb. 51

NO<sub>3</sub>-N mg/m<sup>3</sup>



Bodensee - Untersee  
Berlingen

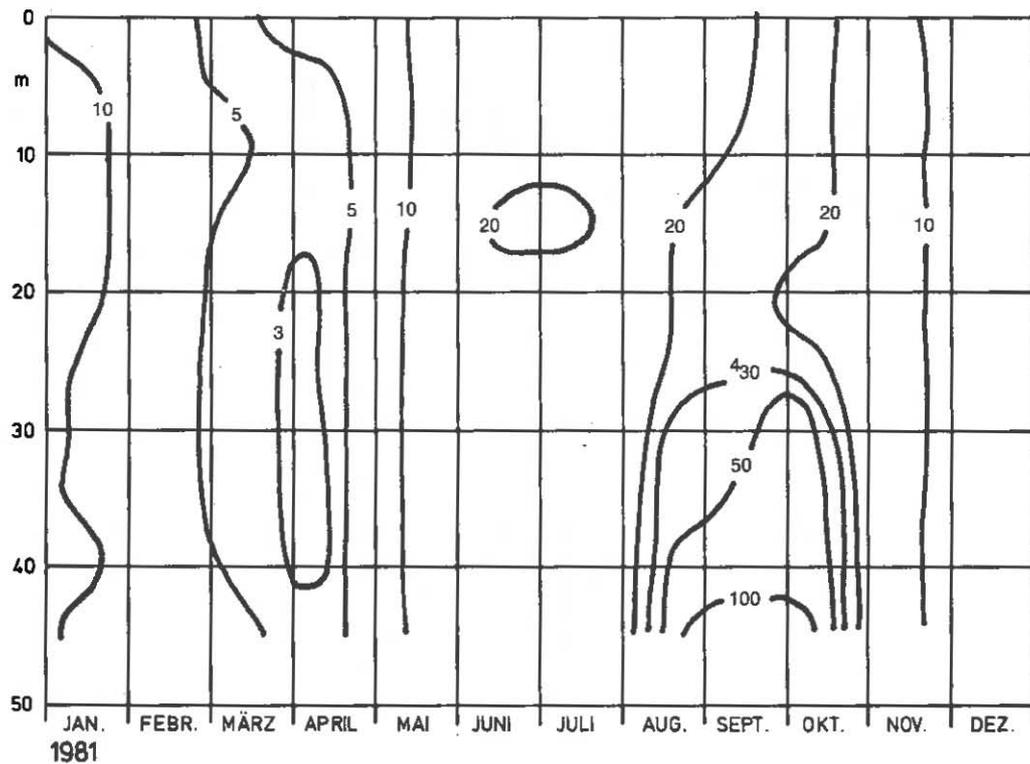
Abb. 52  
 $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/m<sup>3</sup>



1981

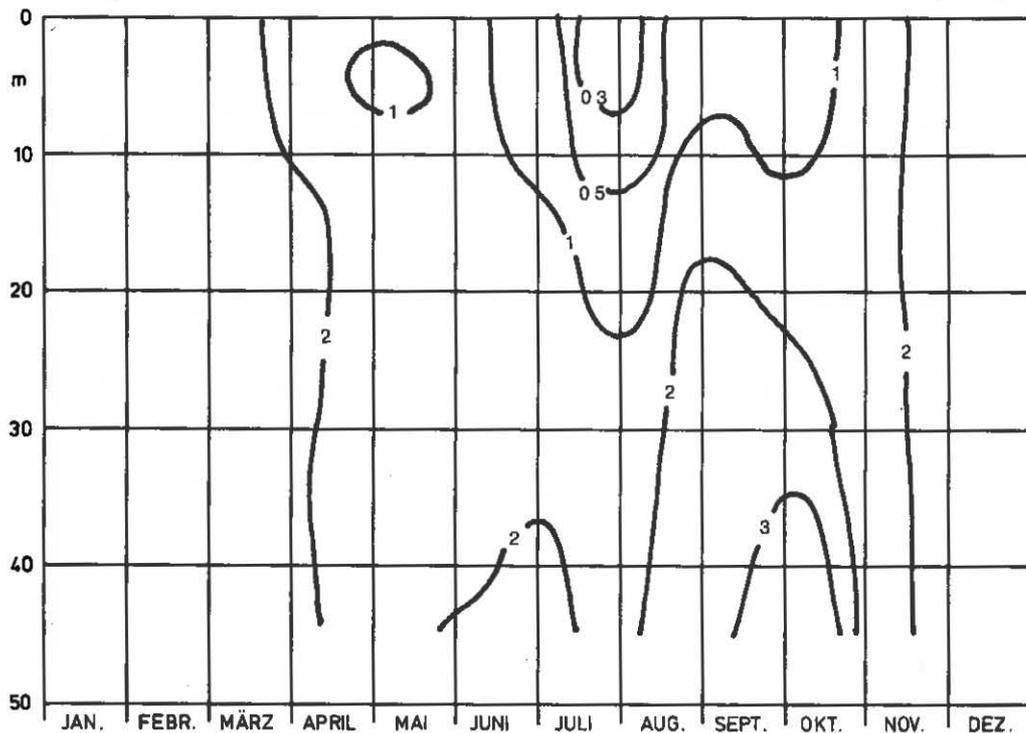
Bodensee - Untersee  
Berlingen

Abb. 53  
NO<sub>2</sub>-N mg/m<sup>3</sup>



Bodensee - Untersee  
Berlingen

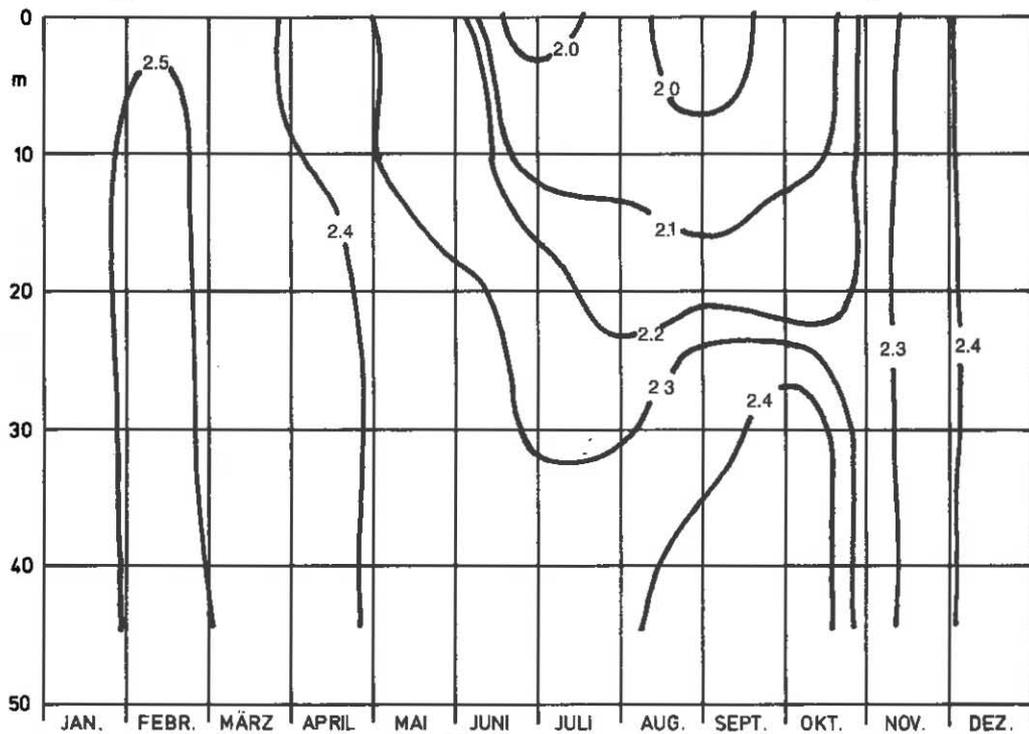
Abb. 54  
SiO<sub>2</sub> mg/l



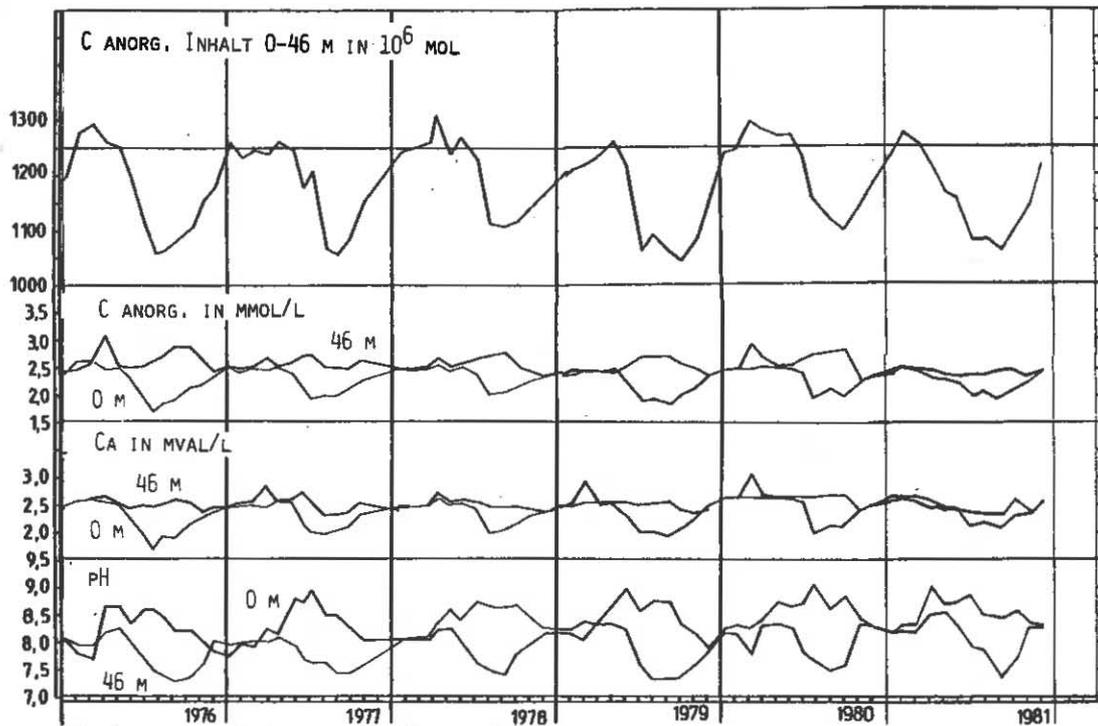
1981

Bodensee - Untersee  
Berlingen

Abb. 55  
anorg. C mmol/l



1981

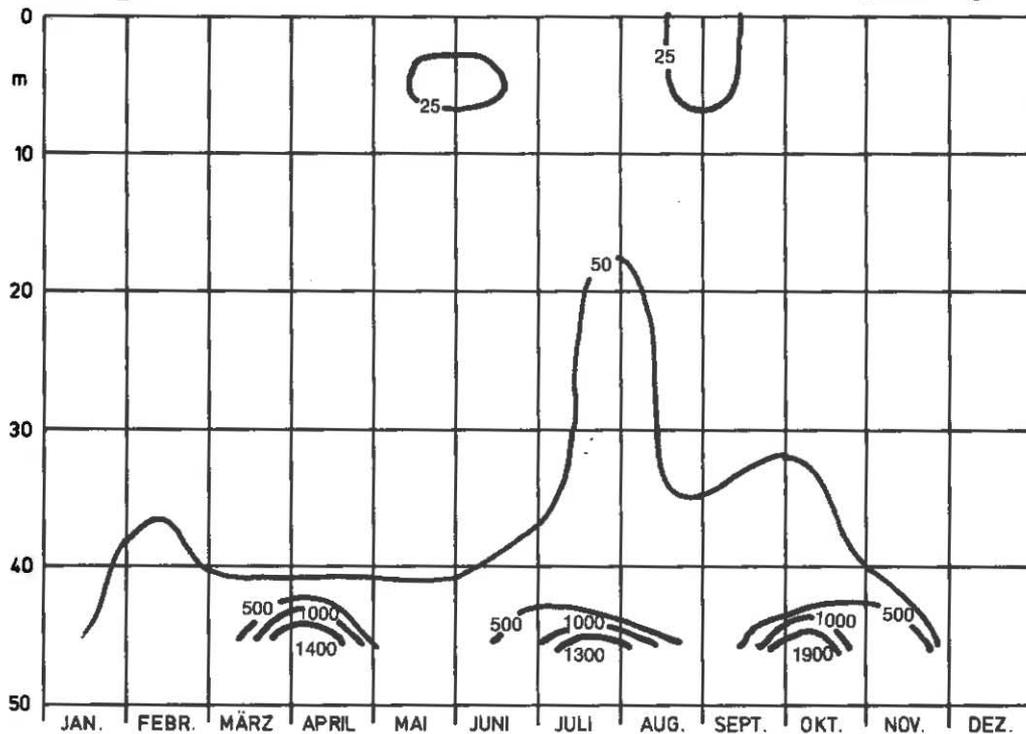


Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 C: anorganisch Inhalt 0 - 46 m,  
 Konzentrationen C anorganisch, Ca und pH

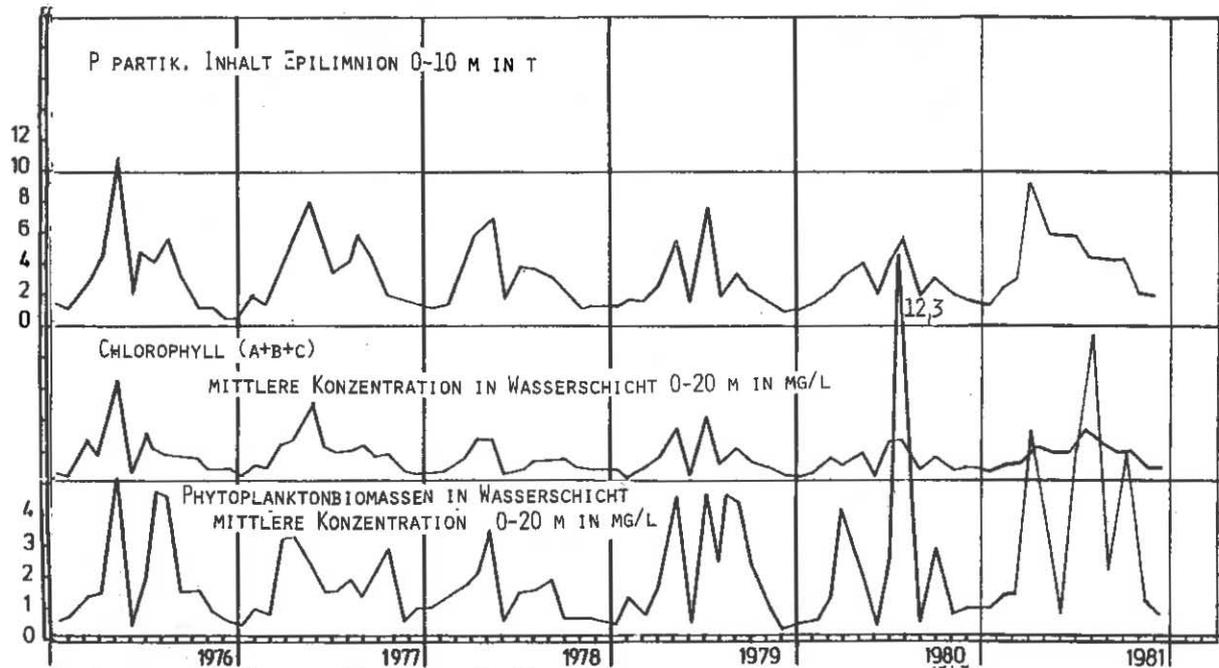
Abb.56

Bodensee - Untersee  
Berlingen

Abb.57  
Fe gelöst  $\text{mg}/\text{m}^3$



1981



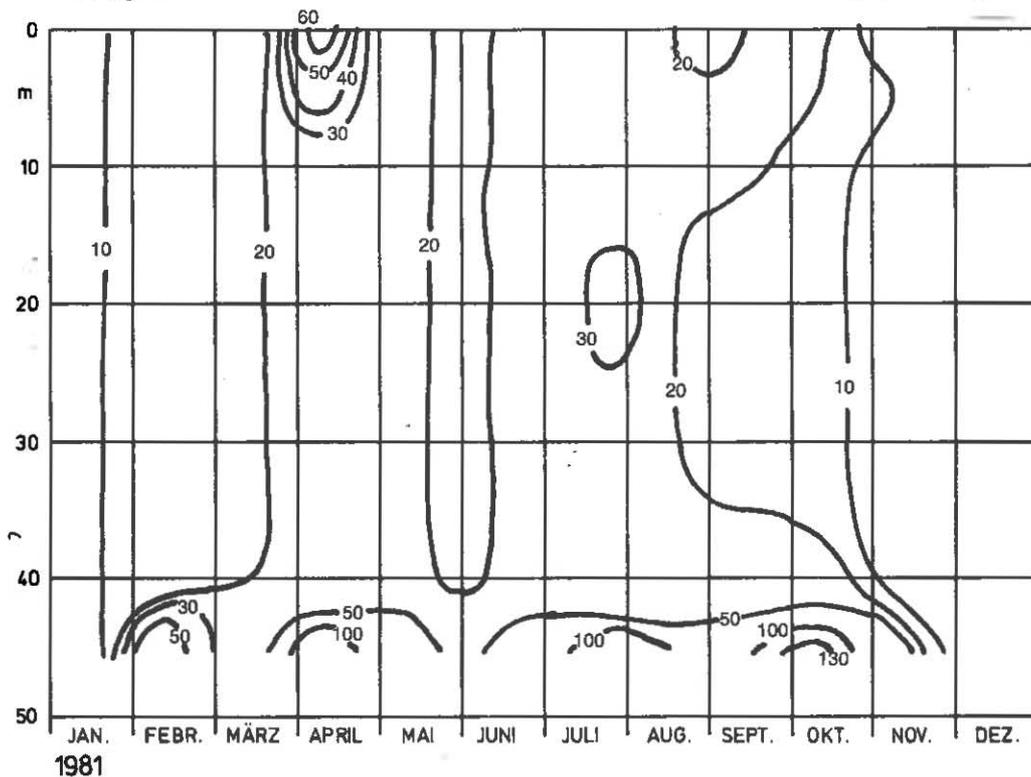
Bodensee - Untersee Rheinsee Berlingen  
 Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomasseindikatoren

Bodensee - Untersee

Abb.59

Berlingen

Part.-P  $\text{mg/m}^3$



# Untersee Chlorophyll

Abb.60

Mittlere Konzentration in der Schicht  
von 0-20 m Tiefe

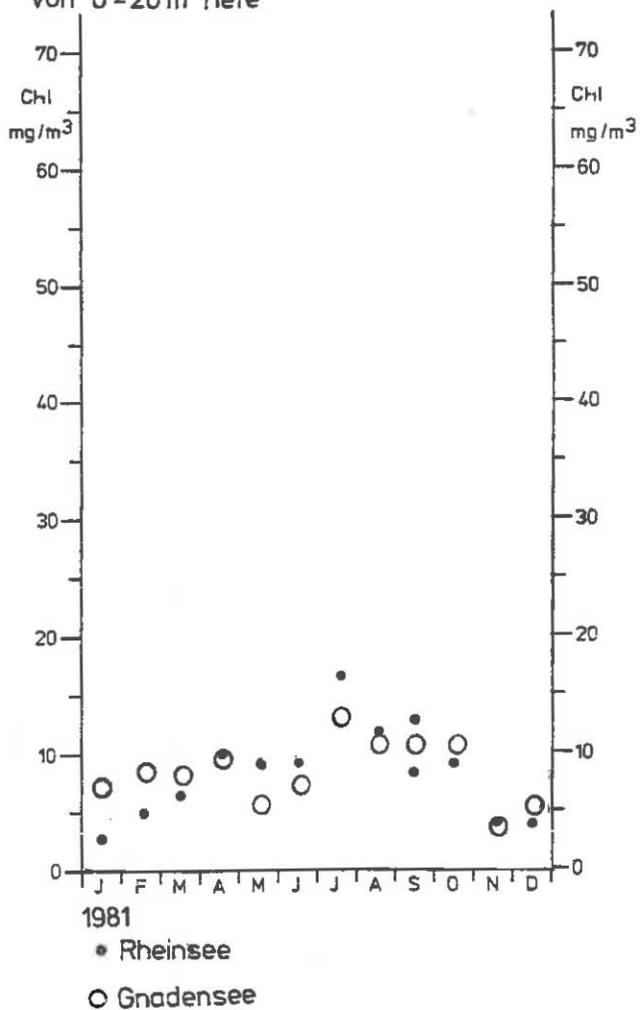


Tabelle 1 (1)

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:  
0-50 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.

Bregenzer Bucht: Für chemische Untersuchungen:  
0, 5, 10, 20, 30, 60 m.

Für Temperaturmessungen:  
0-60 m in 1 m Abstand.

Für Sauerstoffmessungen:  
0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 m.

Überlingen: 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.

<sup>+</sup> je nach Seewasserstand

Tabelle 1 (1) Fortsetzung

Rheinsee: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 44  
oder 45 oder 46<sup>+</sup> m.

<sup>+</sup> je nach Seewasserstand

Tabelle 1 (2)

Untersuchungstermine Januar 1980 bis März 1981  
 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-  
 Arbon (L), Bregenzer Bucht (B), Gnadensee (G), Zeller  
 See (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R).

OBERSEE-STATIONEN

UNTERSEE-STATIONEN

13. 1.1981	F	L		14. 1.1981	G	Z	R
14. 1.			B	2. 2.	G		
10. 2.	F	L		9. 2.		Z	R
11. 2.			B	9. 3.	G	Z	R
9. 3.	F	L		9. 4.	G	Z	R
12. 3.			B	4. 5.	G	Z	R
7. 4.	F	L		1. 6.	G	Z	R
8. 4.			B	1. 7.	G	Z	R
5. 5.	F	L		27. 7.	G	Z	R
12. 5.			B	31. 8.	G	Z	R
2. 6.	F	L		5.10.	G	Z	R
3. 6.			B	2.11.	G	Z	R
7. 7.	F			7.12.	G	Z	R
8. 7.			B	18. 1.1982	G	Z	R
4. 8.	F	L					
5. 8.			B				
9. 9.	F	L					
10. 9.			B				
6.10.	F	L					
7.10.			B				
10.11.	F	L					
11.11.			B				
2.12.	F	L					
3.12.			B				

Tabelle 1 (2) Fortsetzung

OBERSEE-STATIONEN

12. 1.1982	F	L	
13. 1.			B
2. 2.	F	L	
3. 2.			B
9. 3.	F	L	
10. 3.			B
6. 4.	F	L	
7. 4.			B

Tabelle 1 (3)

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

Temperatur	F	L	B	G	Z	R
Leitfähigkeit bei 20°C	F	L	B	G	Z	R
pH	F	L	B	G	Z	R
Sauerstoff	F	L	B	G	Z	R
freies CO <sub>2</sub>				G	Z	R
Alkalinität	F	L		G	Z	R
Gesamthärte	F	L	B	G	Z	R
Kalzium	F	L		G	Z	R
Silikat	F	L		G	Z	R
Orthophosphat	F	L	B	G	Z	R
Phosphor gelöst (im Filtrat nach Aufschluss)	F	L	B	G	Z	R
Phosphor total (im Rohwasser nach Aufschluss)	F	L	B	G	Z	R
Ammonium	F	L	B	G	Z	R
Nitrit	F	L	B	G	Z	R
Nitrat	F	L	B	G	Z	R
Kjeldahl-Stickstoff im Filtrat	F	L		G	Z	R
Kjeldahl-Stickstoff im Rohwasser	F	L				
partikulärer Stickstoff direkt	F	L				
Chlorophyll (a+b+c) nach Goltermann	F			G	Z	R
Phaeophytin nach Goltermann	F			G	Z	R
Chlorid	F	L	B	G	Z	R
Sulfat	F	L	B			
Eisen gelöst				G	Z	R

Tabelle 1 (3) Fortsetzung

Eisen total	F	L				
Mangan total	F	L				
Natrium	F	L				
Kalium	F	L				
Organischer Kohlenstoff (im Filtrat)				G	Z	R
Organischer Kohlenstoff total (im Rohwasser)				G	Z	R
KMNO <sub>4</sub> -Verbrauch	F	L	B			
Chemischer Sauerstoff- bedarf (Bichromat)				G	Z	R
Extinktion bei 240 nm	F	L	B	G	Z	R
Berechnete Inhaltsstoffe:						
pH korrigiert auf aktuelle Temperatur	F	L	B	G	Z	R
Sauerstoffsättigung in %	F	L	B	G	Z	R
Anorganischer Kohlenstoff	F	L		G	Z	R
Magnesium (aus Gesamthärte und Kalzium)	F	L		G	Z	R
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +CO <sub>2</sub>	F	L		G	Z	R
Hydrogenkarbonat	F	L		G	Z	R
Karbonat	F	L		G	Z	R
Gleichgewichtskohlensäure	F	L		G	Z	R
Calcitsättigung	F	L		G	Z	R
ausgefällender Kalk (nach Jacobson/Langmuir)	F	L		G	Z	R
Phosphor partikulär (P-TOT - P-FIL)	F	L	B	G	Z	R
Phosphor hydrolyisierbar (P-FIL - PO <sub>4</sub> -P)	F	L	B	G	Z	R
Organischer Stickstoff gelöst (N-KJF - NH <sub>4</sub> -N)	F	L		G	Z	R
Gesamtstickstoff	F	L				
Summe der Kationen	F	L				

Tabelle 2

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Zeitpunkt

Wärmeinhalt in  $10^{12}$  kcal

See total

Beginn Seejahr	210	7.4.81
Ende Seejahr	209	6.4.82
Maximum	333	Oktober
Minimum	189	März 82

Wärmebilanz in  $10^{12}$  kcal

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	1
vom 7.4.-6.10.81	+123
vom 6.10.81-6.4.82	-134

Messwerte in  $^{\circ}\text{C}$ 

"0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	21,2	August
Minimum	4,2	Februar, März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	4,1	Juli, April 82
Minimum	3,9	April 81

Tabelle 3

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981		Zeitpunkt
Sauerstoff		
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ t		
See total		
Beginn Seejahr	568	7.4.81
Ende Seejahr	550	6.4.82
Maximum	568	April 81
Minimum	463	September
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	61	April 81
Minimum	45	Oktober
Hypolimnion (200-252,5 m)		
Maximum	16,0	Mai
Minimum	12,2	Dezember
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^3$ t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-18	
vom 15.4.-7.10.80	-105	
vom 7.10.80-7.4.81	+87	
<u>Messwerte</u> in mg $O_2$ /l		
"0" m		
Maximum	15,9	Juli
	(180%S)	
Minimum	10,6	Oktober, November
Metalimnion (20 m)		
Minimum	8,0	September
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	15,9	Juli
Minimum	9,1	September
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	10,9	Mai
Minimum	7,0	Oktober

Tabelle 4

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
Orthophosphat

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t

## See total

Beginn Seejahr	3680	7.4.81
Ende Seejahr	3400	6.4.82
Maximum	3680	April 81
Minimum	2730	August

## Epilimnion (0-10 m)

Maximum	300	März 82
Minimum	6	September

Stoffbilanz total in t

## Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	-280
vom 7.4.-6.10.81	-950
vom 6.10.81-6.4.82	670

Messwerte in mg PO<sub>4</sub>-P/m<sup>3</sup>

## "0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	68	März, April 82
Minimum	1	August-Oktober

## Epilimnion (0-10 m)

Maximum	69	März, April 82
Minimum	1	August-Oktober

## in Seebodennähe (250 m)

Maximum	139	Oktober
Minimum	81	Mai

Tabelle 5

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
Phosphor gelöst

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t		
See total		
Beginn Seejahr	3760	7.4.81
Ende Seejahr	3670	6.4.82
Maximum	3780	April 81
Minimum	3000	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	327	April 82
Minimum	24	September
Hypolimnion (200-252,5 m)		
Maximum	178	Oktober
Minimum	124	April 81
<u>Stoffbilanz total</u> in t		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-110	
vom 7.4.-6.10.	-780	
vom 6.10.81-6.4.82	+670	
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"O" m		
Maximum	74	April 82
Minimum	5	Oktober
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	76	April 82
Minimum	4	September
in Seebodennähe /250 m)		
Maximum	150	Oktober
Minimum	89	Mai

Tabelle 6

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Phosphor hydrolysierbar

Zeitpunkt

Stoffinhalt in tSee total

Maximum	360	Juni
Minimum	200	September

Messwerte in mg P/m<sup>3</sup>

"0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	12	Juni
Minimum	3	Februar, März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	11	August, Oktober
Minimum	2	Februar 82

Tabelle 7

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Phosphor total (gelöst + partikulär)

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t

## See total

Beginn Seejahr	4100	7.4.81
Ende Seejahr	3820	6.4.82
Maximum	4100	April 81
Minimum	3310	August

Stoffbilanz total in t

## Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	-280	
---------------------	------	--

Messwerte in mg P/m<sup>3</sup>

## "O" m

Maximum	84	April 81
Minimum	15	September, Oktober

## Epilimnion (0-10 m)

Maximum	88	April 81
Minimum	14	September

## in Seebodennähe (250 m)

Maximum	154	Oktober
Minimum	92	Mai

Tabelle 8

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
Nitrat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ t N		
See total		
Beginn Seejahr	42,5	7.4.81
Ende Seejahr	45,9	6.4.82
Maximum	48,0	März 82
Minimum	40,5	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	4,3	März 82
Minimum	1,3	August
Hypolimnion (200-252,5 m)		
Maximum	1,6	März 82
Minimum	1,3	April 81
<u>Stoffbilanz total</u> in t N		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+3400	
<u>Messwerte</u> in $\text{mg NO}_3\text{-N/m}^3$		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	990	März 82
Minimum	230	August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	1100	März 82
Minimum	920	Januar 82

Tabelle 9

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Ammonium

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t  $\text{NH}_4\text{-N}$ 

See total

Beginn Seejahr	190	7.4.81
Ende Seejahr	360	6.4.82
Maximum	1670	Juni
Minimum	190	April 81

Messwerte in mg  $\text{NH}_4\text{-N/m}^3$ 

"0" m und Epilimnion (0-10

Maximum	90	Juni
Minimum	10	Dezember 81- März 82

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	110	Juni
Minimum	10	Dezember-März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	40	Juni
Minimum	10	August, Dezember Januar, April 82

Tabelle 10

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Nitrit

Zeitpunkt

Messwerte in mg  $\text{NO}_2\text{-N/m}^3$ 

"0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	19	Juli
Minimum	0	Februar, März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	7	Juli
Minimum	0	April, Mai September-November Januar, Februar 82

Tabelle 11

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Gelöstes Silikat

Zeitpunkt

Stoffinhalt in  $10^3$  t  $\text{SiO}_2$ 

See total

Beginn Seejahr	144	7.4.81
Ende Seejahr	165	6.4.82
Maximum	168	Januar 82
Minimum	116	August

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	14,5	April 82
Minimum	0,5	August

Stoffbilanz total in  $10^3$  t  $\text{SiO}_2$ 

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	-21	
---------------------	-----	--

Messwerte in mg  $\text{SiO}_2$ /l

"0" m

Maximum	3,4	Januar 82
Minimum	0,1	August

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	3,3	Januar 82
Minimum	0,1	August

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	4,7	Oktober
Minimum	3,1	Mai

Tabelle 12

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Anorganischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^6$ kmol		
See total		
Beginn Seejahr	118	7.4.81
Ende Seejahr	121	6.4.82
Maximum	121	April 82
Minimum	116	September
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	10,9	April
Minimum	8,6	September
Hypolimnion (200-252,5 m)		
Maximum	3,9	August
Minimum	3,7	April 81
<u>Stoffbilanz</u> total in $10^6$ kmol		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+3	
<u>Messwerte</u> in mmol C/l		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,51	April 82
Minimum	1,92	August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	2,71	November
Minimum	2,51	Januar 82

Tabelle 13

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)		Seejahr 1981
Calcium		
		Zeitpunkt
Stoffinhalt in $10^6$ kval		
See total		
Beginn Seejahr	120	7.4.81
Ende Seejahr	120	6.4.82
Maximum	120	April 81 u.82
Minimum	108	März 82
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	11	April 81 u.82
Minimum	8	August
Hypolimnion (200-252,5 m)		
Maximum	3,8	April 81
Minimum	3,4	März 82
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^6$ kval		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	0	
<u>Messwerte</u> in mval Ca/l		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,49	April 81
Minimum	1,79	August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	2,60	April 82
Minimum	2,27	November

Tabelle 14

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

pH

Zeitpunkt

Messwerte in pH-Einheiten

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	8,87	Juli
Minimum	8,01	März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	7,96	April 81
Minimum	7,61	September

Tabelle 15

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Phosphor partikulär

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t P

See total

Maximum	348	Mai
Minimum	86	Dezember

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	90	April 81
Minimum	10	März 82

Messwerte in mg P/m<sup>3</sup>

"O" m

Maximum	22	April, Mai, Juli
Minimum	2	Dezember 81-März 82

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	24	April 81
Minimum	2	Dezember 81-März 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	15	August
Minimum	1	September, Dezember

Tabelle 16

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Stickstoff partikulär (direkt bestimmt)

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t N

See total

Maximum	2030	April 82
Minimum	470	November

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	320	März 82
Minimum	76	November

Messwerte in mg N/m<sup>3</sup>

"0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	90	März 82
Minimum	10	Juni, November

Tabelle 17

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Chlorophyll (a+b+c)

Zeitpunkt

Messwerte in mg Chlorophyll (a+b+c)/m<sup>3</sup>

"0" m

Maximum	25,9	Juli
Minimum	0,15	Januar, Februar 82

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	17,6	Juli
Minimum	0,6	Januar 82

Tabelle 18

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Magnesium

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ kвал Mg		
See total		
Beginn Seejahr	305	7.4.81
Ende Seejahr	298	6.4.82
Maximum	411	März 82
Minimum	298	April 82
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^3$ kвал Mg		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-7	
<u>Messwerte</u> in mвал Mg/l		
"0" m		
Maximum	0,87	März 82
Minimum	0,47	August 81
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	0,88	März 82
Minimum	0,47	August
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	0,93	November
Minimum	0,62	April 82

Tabelle 19

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Natrium

Zeitpunkt

Stoffinhalt in  $10^3$  t Na

See total

Beginn Seejahr	205	7.4.81
Ende Seejahr	207	6.4.82
Maximum	207	April 82
Minimum	192	Juli

Stoffbilanz total in  $10^3$  t Na

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr +2

Messwerte in mg Na/l

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	4,5	April 81
Minimum	3,6	Juli

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	4,9	Juli
Minimum	4,3	Dezember 81, Januar 82

Tabelle 20

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Kalium

Zeitpunkt

Stoffinhalt in  $10^3$  t K

See total

Beginn Seejahr	66	7.4.81
Ende Seejahr	66	6.4.82
Maximum	66	April 81 u.82
Minimum	60	Oktober

Stoffbilanz total in  $10^3$  t K

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	0
---------------------	---

Messwerte in mg K/l

"O" und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	1,4	April 81 u.82
Minimum	1,1	Oktober

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	1,6	Februar 82
Minimum	1,3	Januar 82

Tabelle 21

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)  
Chlorid

Seejahr 1981

Zeitpunkt

Stoffinhalt in  $10^3$  t Cl

See total

Beginn Seejahr	244	7.4.81
Ende Seejahr	240	6.4.82
Maximum	245	Mai
Minimum	221	Februar 82

Stoffbilanz total in  $10^3$  t Cl

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr -4

Messwerte in mg Cl/l

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	5,2	Juni
Minimum	3,8	Dezember

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	5,9	April 81, Juli
Minimum	4,4	Februar 82

Tabelle 22

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Sulfat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ t $SO_4$		
See total		
Beginn Seejahr	1620	7.4.81
Ende Seejahr	1580	6.4.82
Maximum	1680	Juli
Minimum	1580	April 82
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^3$ t $SO_4$		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-40	
<u>Messwerte</u> in mg $SO_4/l$		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	33,6	Mai, Juni
Minimum	29,0	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	35,5	August
Minimum	29,0	Dezember, Februar u. März 82
in Seebodennähe (250 m)		
Maximum	37,0	Mai
Minimum	34,1	August

Tabelle 23

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Alkalinität

Zeitpunkt

Stoffinhalt in  $10^6$  kval

See total

Beginn Seejahr	117	7.4.81
Ende Seejahr	119	6.4.82

Stoffbilanz total in  $10^6$  kval

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	+2	
---------------------	----	--

Messwerte in mval/l

"O" m und Epilimnion (0-10m)

Maximum	2,48	April 82
Minimum	1,96	August

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	2,66	August
Minimum	2,44	Januar 82

Tabelle 24

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Elektrische Leitfähigkeit

Zeitpunkt

Messwerte in Mikrosiemens  $\text{cm}^{-1}$  bei  $20^\circ \text{C}$ 

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	293	Februar 82
Minimum	215	August

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	323	Juni
Minimum	310	Januar 82

Tabelle 25

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Eisen total

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t Fe

See total

Maximum	880	Januar 82
Minimum	350	September

Messwerte in mg Fe/m<sup>3</sup>

"O" m

Maximum	22	Januar 82
Minimum	8	August

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	32	Oktober
Minimum	8	August

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	26	November
Minimum	3	Februar 82

Tabelle 26

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981

Mangan total

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t Mn

See total

Maximum	1380	August
Minimum	51	Mai

Messwerte in mg Mn/m<sup>3</sup>

"O" m

Maximum	2	April, Juni Januar 82
Minimum	1	August

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	3	Juli
Minimum	1	August

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	55	Juli
Minimum	2	Mai

Tabelle 27

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 Chemischer Sauerstoffbedarf ( $\text{KMnO}_4$ )

Zeitpunkt

Messwerte in mg  $\text{KMnO}_4$ /l

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	14,7	Juli
Minimum	4,1	April 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	13,7	Juli
Minimum	2,6	April 82

Tabelle 28

SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) Seejahr 1981  
 UV-Licht-Extinktion bei 240 nm  
 (ab Februar 1982 bei 260 nm)

Zeitpunkt

Messwerte in Extinktionswerten

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	0,255	November 81
Minimum	0,166	Februar 82

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	0,257	November 81
Minimum	0,164	Februar 82

in Seebodennähe (250 m)

Maximum	0,266	September
Minimum	0,164	Februar 82

Tabelle 29

Vergleich von Messwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Obersee Seejahr 1981 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L), Bregenzer Bucht (B)

Messwerte in "O" m	F	L	B
Temperatur in °C			
Maximum	21,4	20,8	21,8
Minimum	4,2	4,4	2,8
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l			
Maximum	15,8	14,8	14,9
Minimum	10,6	10,1	9,6
Leitfähigkeit 20° in µS cm <sup>-1</sup>			
Maximum	293	291	295
Minimum	215	226	223
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,87	8,80	8,00
Minimum	8,01	8,01	6,80
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>			
Maximum	68	67	60
Minimum	1	1	1
Phosphor gelöst in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	74	74	66
Minimum	5	8	7
Phosphor total in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	84	91	103
Minimum	15	17	22
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	990	940	970
Minimum	230	300	200
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	90	110	10
Minimum	10	10	10
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum	22	35	--
Minimum	8	5	--
Kohlenstoff anorganisch in mmol C/l			
Maximum	2,51	2,49	--
Minimum	1,92	1,98	--

\*Datenreihe unvollständig

Tabelle 30

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Thermik

		Zeitpunkt
<u>Wärmeinhalt</u> in $10^9$ kcal		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	195	14.1.81
Ende Seejahr	183	18.1.82
Maximum	2274	August
Minimum	183	Januar 82
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	1700	August
Minimum	85	Januar 82
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^9$ kcal		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-12	
vom 14.1.-31.8.81	+2160	
vom 31.8.81-18.1.82	-2090	
<u>Messwerte</u> in $^{\circ}\text{C}$		
"O" m		
Maximum	19,8	August
Minimum	0,1	Januar 82
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	9,8	November
Minimum	2,2	Januar 81

Tabelle 31

SEEKENNDATEN

## Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

## Sauerstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinahlit in t O<sub>2</sub></u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	1921	14.1.81
Ende Seejahr	1725	18.1.82
Maximum	1921	Januar 81
Minimum	894	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	1400	März
Minimum	814	Oktober
<u>Stoffbilanz total in t O<sub>2</sub></u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-196	
vom 14.1.-31.8.81	-1027	
vom 31.8.81-18.1.82	+830	
<u>Messwerte in mg O<sub>2</sub>/l</u>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	18,8	April
	(172‰S)	
Minimum	9,0	November
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	14,2	Januar 82
Minimum	0,0	Juli-Oktober

Tabelle 32

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Orthophosphat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t PO <sub>4</sub> -P		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	9,1	14.1.81
Ende Seejahr	6,9	18.1.82
Maximum	9,7	Februar
Minimum	2,4	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	6,3	Februar
Minimum	0,1	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t PO <sub>4</sub> -P		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-2,2	
<u>Messwerte</u> in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	67	Februar
Minimum	1	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	412	Oktober
Minimum	23	Mai

Tabelle 33

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Phosphor gelöst

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t P		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	11,1	14.1.81
Ende Seejahr	8,9	18.1.82
Maximum	11,6	Februar
Minimum	3,2	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	7,6	Februar
Minimum	0,3	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t P		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-2,2	
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	81	Februar
Minimum	2	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	448	Oktober
Minimum	34	Mai

Tabelle 34

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981  
 Phosphor hydrolysierbar

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t P</u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	2,0	14.1.81
Ende Seejahr	1,9	18.1.82
Maximum	2,1	März
Minimum	0,8	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	1,4	März
Minimum	0,25	August
<u>Stoffbilanz total in t P</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-0,1	
<u>Messwerte in mg P/m<sup>3</sup></u>		
"0" m und Epilimnion (0-1= m)		
Maximum	16	Januar 81
Minimum	2	August
in Seebodennähe		
Maximum	36	Oktober
Minimum	11	Mai.Dezember

Tabelle 35

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981  
 Phosphor total (gelöst und partikulär)

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in P</u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	14,1	14.1.81
Ende Seejahr	10,3	18.1.82
Maximum	10,3	Januar 82
Minimum	6,3	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	9,5	Januar 81
Minimum	2,7	Juli
<u>Stoffbilanz total in t P</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-3,8	
<u>Messwerte in mg P/m<sup>3</sup></u>		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	107	Januar 81
Minimum	26	August

Tabelle 36

SEEKENNDATEN

## Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

## Nitrat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t NO <sub>3</sub> -N		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	112	14.1.81
Ende Seejahr	129	18.1.82
Maximum	129	Januar 82
Minimum	15	Oktober
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	85	Januar 82
Minimum	13	Oktober
<u>Stoffbilanz total</u> in t NO <sub>3</sub> -N		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+17	
<u>Messwerte</u> in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>		
"0" m		
Maximum	900	Januar 82
Minimum	40	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	950	Januar 82
Minimum	40	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	1080	Januar 82
Minimum	0	Juli-Oktober

Tabelle 37

SEEKENNDATEN

## Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

## Ammonium

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t $\text{NH}_4\text{-N}$		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	13	14.1.81
Ende Seejahr	14	18.1.82
Maximum	53	Oktober
Minimum	13	Januar 81
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	30	November
Minimum	1	Juli
<u>Stoffbilanz total</u> in t $\text{NH}_4\text{-N}$		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+1	
<u>Messwerte</u> in mg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^3$		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	320	November
Minimum	10	Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	2020	Oktober
Minimum	10	Januar 82

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Nitrit

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mg NO <sub>2</sub> -N/m <sup>3</sup>		
"0" m		
Maximum	20	November
Minimum	7	Juni, August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	21	November
Minimum	7	Juni, August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	26	Juni
Minimum	0	Juli-Oktober

Tabelle 39

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981  
 Gelöstes Silikat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t SiO<sub>2</sub></u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	343	14.1.81
Ende Seejahr	270	18.1.82
Maximum	270	Januar 82
Minimum	82	April
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	230	Januar 81
Minimum	44	April
<u>Stoffbilanz total in t SiO<sub>2</sub></u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-77	
<u>Messwerte in mg SiO<sub>2</sub>/l</u>		
"0" m		
Maximum	2,4	Januar 81
Minimum	0,2	Februar Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,6	Januar 81
Minimum	0,2	Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	6,5	Oktober
Minimum	1,3	Mai

Tabelle 40

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Anorganischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ kmol C		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	329	14.1.81
Ende Seejahr	349	18.1.82
Maximum	339	März
Minimum	175	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	227	März
Minimum	175	August
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^3$ kmol C		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+20	
<u>Messwerte</u> in mmol C/l		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,49	Januar 82
Minimum	1,64	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,58	Januar 82
Minimum	1,64	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	3,11	Oktober
Minimum	2,27	November

Tabelle 41

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Alkalinität

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mval/l		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,50	Februar
Minimum	1,70	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	2,88	Oktober
Minimum	2,26	November

Tabelle 42

SEEKENNDATEN

## Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

## Calcium

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ kвал Ca		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	354	14.1.81
Ende Seejahr	368	18.1.82
Maximum	368	Januar 82
Minimum	279	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	242	Januar 82
Minimum	179	August
<u>Stoffbilanz total</u> in $10^3$ kвал Ca		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+14	
<u>Messwerte</u> in mвал Ca/l		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,68	Januar 82
Minimum	1,72	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,70	Januar 82
Minimum	1,72	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	2,64	April
Minimum	2,28	November

Tabelle 43

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

pH

Zeitpunkt

Messwerte in pH-Einheiten

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	8,88	Juni
Minimum	8,25	November

in Seeobdennähe (21 m)

Maximum	8,45	Dezember
Minimum	7,16	August

Tabelle 44

## SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Eisen total

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t Fe</u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	8,3	14.1.81
Ende Seejahr	6,6	18.1.82
Maximum	8,3	Januar 81
Minimum	4,2	April
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	4,0	Juli
Minimum	2,4	April
<u>Stoffbilanz total in t Fe</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-1,7	
<u>Messwerte in mg Fe/m<sup>3</sup></u>		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	48	Juli
Minimum	28	April
Epilimnion (=10 m)		
Maximum	51	August
Minimum	25	MärzApril, Juni
in Seebodennähe		
Maximum	3000	Oktober
Minimum	176	Februar

Tabelle 45

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Phosphor partikulär

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t P		
Gnadensee total		
Maximum	4,4	April
Minimum	1,3	November
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"0" m		
Maximum	52	April
Minimum	10	November
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	52	April
Minimum	9	November
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	327	Oktober
Minimum	16	Dezember

Tabelle 46

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Chlorophyll (a+b+c)

		Zeitpunkt
Messwerte in mg Chlorophyll (a+b+c)/m <sup>3</sup>		
Mittelwert Wasserschicht 0-20 m		
Maximum	12,9	Juli
Minimum	3,6	November

Tabelle 47

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

UV-Licht-Extinktion bei 240 nm

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in Extinktionswerten		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	0,570	März
Minimum	0,440	Juli, August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	1,010	Oktober
Minimum	0,510	November

Tabelle 48

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Magnesium

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mval Mg/l		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	0,96	Mai
Minimum	0,52	April
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	0,74	März
Minimum	0,52	Januar 81

Tabelle 49

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Chlorid

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t Cl</u>		
Gnadensee total		
Beginn Seejahr	956	14.1.81
Ende Seejahr	1122	18.1.82
Maximum	1221	April
Minimum	849	Juli
<u>Stoffbilanz total in t Cl</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+166	
<u>Messwerte in mg Cl/l</u>		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	9,7	Februar
Minimum	5,9	Juli
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	10,2	Oktober
Minimum	6,5	November

Tabelle 50

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Gnadensee) Seejahr 1981

Elektrische Leitfähigkeit

		Zeitpunkt
<u>Messwerte in MikroSiemens cm<sup>-1</sup> bei 20° C</u>		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	280	Januar 82
Minimum	212	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	286	Januar 82
Minimum	212	August
in Seebodennähe (21 m)		
Maximum	294	Oktober
Minimum	253	November

## Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

## Thermik

		Zeitpunkt
<u>Wärmeinhalt in 10<sup>9</sup> kcal</u>		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	1290	14.1.81
Ende Seejahr	1071	18.1.82
Maximum	7600	August
Minimum	1070	Januar 82
<u>Wärmebilanz total in 10<sup>9</sup> kcal</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-220	
vom 9.1.-11.9.80	+6310	
vom 11.9.80-14.1.81	-6530	
<u>Messwerte in °C</u>		
"0" m		
Maximum	18,6	August
Minimum	0,9	Januar 82
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	9,0	November
Minimum	2,4	Februar

Tabelle 52

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Sauerstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t O<sub>2</sub></u>		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	6010	14.1.81
Ende Seejahr	6070	18.1.82
Maximum	6700	April
Minimum	3750	August
<u>Stoffbilanz total in t O<sub>2</sub></u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+60	
vom 14.1.-31.8.81	-2260	
vom 31.8.81-18.1.82	+2320	
<u>Messwerte in mg O<sub>2</sub>/l</u>		
"0" m		
Maximum	15,1 (131‰S)	April
Minimum	9,4	Oktober
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	15,1	April
Minimum	7,6	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	11,8	Januar 81
Minimum	3,1	August

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Orthophosphat

Zeitpunkt

Stoffinhalt in t P

Rheinsee total

Beginn Seejahr	33,5	14.1.81
Ende Seejahr	28,3	18.1.82
Maximum	35,9	Februar
Minimum	7,3	Juli

Epilimnion (0-10 m)

Maximum	15,2	Februar
Minimum	0,1	August

Stoffbilanz total in t P

Veränderungen

Anfang-Ende Seejahr	-5,2	
---------------------	------	--

Messwerte in mg PO<sub>4</sub>-P/m<sup>3</sup>

"0" m und Epilimnion (0-10 m)

Maximum	70	Februar
Minimum	1	August

in Seebodennähe (46 m)

Maximum	209	Oktober
Minimum	32	Mai

Tabelle 54

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Phosphor gelöst

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t P		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	39	14.1.81
Ende Seejahr	37	18.1.82
Maximum	41	Februar
Minimum	10	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	17,5	Februar
Minimum	0,8	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t P		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-2	
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"O" m uns Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	81	Februar
Minimum	3	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	226	Oktober
Minimum	42	November

Tabelle 55

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Phosphor hydrolysierbar

Messwerte in mg P/m<sup>3</sup>

"O" m und Epilimnion (0-10 m)

		Zeitpunkt
Maximum	15	April
Minimum	3	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	17	Oktober
Minimum	9	Januar 81, Juni

Tabelle 56

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Phosphor total (gelöst + partikulär)

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t P		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	43,0	14.1.81
Ende Seejahr	41,5	18.1.82
Maximum	47,1	Februar
Minimum	22,7	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	20,1	April
Minimum	5,0	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t P		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-1,5	
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	99	April
Minimum	22	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	422	Oktober
Minimum	70	Dezember

Tabelle 57

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Nitrat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t NO <sub>3</sub> -N		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	455	14.1.81
Ende Seejahr	516	18.1.82
Maximum	516	Januar 82
Minimum	224	Oktober
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	201	Februar
Minimum	75	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t NO <sub>3</sub> -N		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+61	
<u>Messwerte</u> in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	930	Februar
Minimum	340	Juli
in Seebodennähe		
Maximum	1160	Januar 82
Minimum	340	Oktober

Tabelle 58

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Ammonium

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t $\text{NH}_4\text{-N}$		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	38	14.1.81
Ende Seejahr	5,1	18.2.82
Maximum	115	Juni
Minimum	5,1	Januar 82
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	45	Juni
Minimum	4,3	Juli
 <u>Stoffbilanz total</u> in t $\text{NH}_4\text{-N}$		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-33	
<u>Messwerte</u> in mg $\text{NH}_4\text{-N/m}^3$		
"0" m		
Maximum	130	Juni
Minimum	10	Januar 82
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	220	Juni
Minimum	30	Juli
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	300	Oktober
Minimum	30	Juli

Tabelle 59

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Nitrit

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mg NO <sub>2</sub> -N/m <sup>3</sup>		
"0" m		
Maximum	27	Oktober
Minimum	4	März
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	28	Oktober
Minimum	4	März
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	105	August
Minimum	3	April

Tabelle 60

SEEKENNDATEN

## Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

## Gelöstes Silikat

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t SiO <sub>2</sub>		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	1410	14.1.81
Ende Seejahr	1310	18.1.82
Maximum	1440	Februar
Minimum	300	Juli
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	610	Februar
Minimum	50	Juli
<u>Stoffbilanz total</u> in t SiO <sub>2</sub>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-100	
<u>Messwerte</u> in mg SiO <sub>2</sub> /l		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,8	Januar 81
Minimum	0,2	Februar
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	3,2	Oktober
Minimum	1,4	Mai

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Anorganischer Kohlenstoff

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in <math>10^3</math> kmol C</u>		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	1240	14.1.81
Ende Seejahr	1290	18.1.82
Maximum	1290	Januar 82
Minimum	1070	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	540	Februar
Minimum	440	Juli
<u>Stoffbilanz total in <math>10^3</math> kmol C</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+50	
<u>Messwerte in mmol C/l</u>		
"0" m		
Maximum	2,50	Januar 82
Minimum	1,92	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,52	Januar 82
Minimum	1,99	Juli
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	2,62	Januar 82
Minimum	2,28	November

Tabelle 62

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Alkalinität

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mval/l		
"0" m		
Maximum	2,52	Januar 82
Minimum	1,94	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,53	Januar 82
Minimum	1,94	August
in Seebodennähe (46 m)	2,69	Januar 82
Maximum	2,69	Januar 82
Minimum	2,24	August

Tabelle 63

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Calcium

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in $10^3$ kвал Ca		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	1330	14.1.81
Ende Seejahr	1350	18.1.82
Maximum	1350	Januar 82
Minimum	1080	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	570	Januar 81 u.82
Minimum	440	August
<u>Messwerte</u> in mвал Ca/l		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	2,64	Januar 81
Minimum	2,04	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	2,78	Januar 82
Minimum	2,30	August

Tabelle 64

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

pH

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in pH-Einheiten		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	9,02	April
Minimum	8,21	Januar 81
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	8,50	Mai
Minimum	7,34	August

## Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Eisen gelöst

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t Fe		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	21	14.1.81
Ende Seejahr	17	18.1.82
Maximum	25	Juli
Minimum	14	Juni
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	8	Januar 81
Minimum	4	August
<u>Stoffbilanz total</u> in t Fe		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	-4	
<u>Messwerte</u> in mg Fe/m <sup>3</sup>		
"0" m		
Maximum	37	Januar 81
Minimum	17	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	40	Januar 81, Juli
Minimum	17	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	1900	Oktober
Minimum	40	Dezember

Tabelle 66

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Phosphor partikulär

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt</u> in t P		
Rheinsee total		
Maximum	16,5	April
Minimum	4,2	Januar 81
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	9,3	Juli
Minimum	1,7	Januar 81
<u>Messwerte</u> in mg P/m <sup>3</sup>		
"0" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	62	April
Minimum	8	Januar 81
in Seebodenähe		
Maximum	196	Oktober
Minimum	8	Januar 81, Dezember

Tabelle 67

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Chlorophyll (a+b+c)

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mg Chlorophyll (a+b+c)/m <sup>3</sup>		
Mittelwert Wasserschicht 0-20 m		
Maximum	16,6	Juli
Minimum	2,7	Januar 81

Tabelle 68

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

UV-Licht-Extinktion bei 240 nm

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in Extinktionswerten		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	0,580	März
Minimum	0,410	Februar
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	0,580	Oktober
Minimum	0,430	Februar

Tabelle 69

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Magnesium

		Zeitpunkt
<u>Messwerte</u> in mval Mg/l		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	0,68	Juli
Minimum	0,52	Januar 81
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	0,70	Juni, Juli
Minimum	0,56	Januar 81

Tabelle 70

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Chlorid

		Zeitpunkt
<u>Stoffinhalt in t Cl</u>		
Rheinsee total		
Beginn Seejahr	2900	14.1.81
Ende Seejahr	3450	18.1.82
Maximum	3450	Januar 82
Minimum	2650	November
<u>Stoffbilanz total in t Cl</u>		
Veränderungen		
Anfang-Ende Seejahr	+550	
<u>Messwerte in mg Cl/l</u>		
"O" m und Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	6,6	Januar 82
Minimum	5,2	November
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	8,3	Januar 82
Minimum	5,2	November

Tabelle 71

SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Berlingen) Seejahr 1981

Elektrische Leitfähigkeit

		Zeitpunkt
<u>Messwerte in Mikrosiemens cm<sup>-1</sup> bei 20° C</u>		
"O" m		
Maximum	274	Januar 82
Minimum	225	August
Epilimnion (0-10 m)		
Maximum	276	Januar 82
Minimum	225	August
in Seebodennähe (46 m)		
Maximum	288	Januar 82
Minimum	249	Oktober

Tabelle 72

Vergleich von Messwerten der verschiedenen Teile  
des Bodensee-Untersees Seejahr 1981  
Gnadensee (G), Zeller See (Z), Rheinsee Station  
Berlingen (R)

Messwerte "O" m	G	Z	R
Temperatur in °C			
Maximum	19,8	19,4	18,6
Minimum	0,8	1,5	2,2
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l			
Maximum	18,8	18,2	15,1
Minimum	9,0	9,0	7,6
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,88	9,05	9,02
Minimum	8,25	8,32	8,21
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>			
Maximum	67	80	70
Minimum	1	1	1
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	810	1130	930
Minimum	40	70	340
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	320	280	190
Minimum	10	10	20
Eisen gelöst in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum	48	51	37
Minimum	28	28	17
Phosphor partikulär in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	52	62	62
Minimum	10	11	8

Tabelle 72 Fortsetzung

<u>Messwerte in Seebodennähe</u>	G	Z	R
Temperatur in °C			
Maximum	9,8	9,6	9,0
Minimum	2,2	2,6	2,4
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l			
Maximum	12,4	12,6	11,8
Minimum	0,0	0,0	3,1
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,45	8,45	8,50
Minimum	7,16	7,25	7,34
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>			
Maximum	412	646	209
Minimum	23	48	32
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	830	1670	940
Minimum	0	0	340
Eisen gelöst in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum	3000	2200	1900
Minimum	176	391	40
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	2020	1600	300
Minimum	160	100	30

## Auskünfte

Baden-Württemberg: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten

Postfach

D-7000 Stuttgart 1

Bayern: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Abhofach

D-8000 München 1

Österreich: Amt der Vorarlberger Landesregierung

Landhaus

A-6901 Bregenz

Schweiz: Bundesamt für Umweltschutz

Mombijoustr. 8

CH-3003 Bern



