Internationale Gewässerschutzkommission

für den

Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 18

Jahresbericht Januar 1990 bis März 1991

– Freiwasser –

ISSN 1011-1271

ISSN 1011-1271 Jber.Int.Gewässerschutzkomm. Bodensee: Limnol.Zust.Bodensee,
18 (1992)

Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 18

Jahresbericht Januar 1990 bis März 1991
– Freiwasser –

Bearbeiter: H. Müller

– 1992 –

V O R W O R T

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 1990/91. Die allgemeinen Grundlagen und limnologischen Zusammenhänge, die zum Verständnis dieses Berichtes notwendig sind, wurden im Bericht Nr. 9: Limnologischer Zustand des Bodensees - Grundlagen (Stand 1984) dargestellt.

Am Bericht haben mitgearbeitet:

Dr. Heinrich Bührer, Dübendorf
Dr. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf
Dr. Ulrich Einsle, Konstanz
Dipl. phil. nat. Urs Engler, St. Gallen
Dr. Hans Güde, Langenargen
Dr. Eckart Hollan, Langenargen
Dr. Reiner Kümmerlin, Langenargen
Dr. Helmut Müller, Langenargen (Koordination)
Dr. Henno Roßknecht, Langenargen
Dr. Benno Wagner, Bregenz

Die Grundlage für den Bericht bildet das Untersuchungsprogramm der Kommission, an dessen Durchführung die folgenden Institute 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

Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau, Frauenfeld:
Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus und des Phytoplanktons im Untersee-Rheinsee.

Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Langenargen:
Terminfahrten und Messungen, Untersuchungen des Chemismus, des Phyto- und Zooplanktons im Obersee und Untersee-Zellersee, bakteriologische Untersuchungen.

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

INHALT

	Seite	Abb.	Tab.
Einleitung	5	1	1
Zustandsbeschreibung für das Seejahr 1991/92 (Obersee und Untersee)	6		
Langfristige Entwicklung von			
Phosphor (Obersee)		2A	
Stickstoff (Obersee)		2C	
Chlorid (Obersee)		2C	
Sauerstoff (Obersee)		2B	
Phytoplankton (Obersee)		3	
Zooplankton (Obersee)		4	
Phytoplankton (Untersee: Zellersee)		5	
Obersee:			
Abbildungen und Tabellen			
Witterung		6	
Wasserstände		7	
Thermik		8, 9	2
Sauerstoff		10, 11	2
Orthophosphat		12, 15, 23	2
Andere Phosphorverbindungen		13, 14, 15, 23, 24	2
Nährstoffinhalt		15, 23	2
Nitrat		16, 23	2
Nitrit		17, 23	2
Ammonium		18, 23	2
Stickstoff partikulär		19, 24	2
Silikat		20, 23	
Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht		21, 22, 23	2
Eisen und Mangan		25	2
Gelöste organische Stoffe			2
Weitere Stoffdaten			2
Phytoplankton		26 - 28	2
Zooplankton		29 - 31	
Bakterienplankton		32	

Untersee:	**Zellersee**		**Rheinsee**	
Abbildungen und Tabellen	Abb.	Tab.	Abb.	Tab.
Thermik	33,34	4	53,54	5
Sauerstoff	35,36	4	55,56	5
Orthophosphat	37,40,45,46	4	57,60,65,66,	5
Andere Phosphor-verbindungen	38,39,40,45	4	58,59,60,65	5
Nährstoffinhalt	40,45,	4	60,65	5
Nitrat	40,41,45,46,	4	60,61,65,66,	5
Nitrit	42	4	62	5
Ammonium	40,43,45,46,	4	60,63,65,66	5
Silikat	44,45,46,	4	64,65,66,	5
Anorganische Kohlen-stoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	47,48,	4	67,68	5
Eisen	46,49	4	66,69	5
Gelöste organische Stoffe		4		5
Weitere Stoffdaten		4		5
Phytoplankton	50-52,71	4	70,71	5

Vergleich des limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen im

Obersee	Tab. 3
Untersee	Tab. 6

Auskünfte

E I N L E I T U N G

Der Bericht zum Seejahr 1990/91 enthält eine kurze Bescheibung des aktuellen Seezustandes, ergänzt durch langfristige Entwicklungskurven der wichtigsten Größen, die von Jahr zu Jahr fortgeschrieben werden.

Die dann folgenden Abbildungen und Tabellen geben eine Übersicht über Örtlichkeiten, Wassertiefe und Zeitpunkt der Probenahme und Messungen sowie über die Klimabedingungen, Thermik, chemische und biologische Verhältnisse im Freiwasser. Für den Bodensee-Obersee beschränken sich diese Darstellungen hauptsächlich auf die zentrale Untersuchungsstation Fischbach-Uttwil. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungsstelle wurden auch die Stoffinhalte des Obersees unter Verwendung der in Tabelle 1 des Berichtes Nr. 9 (grüner Bericht) mitgeteilten Seevolumina berechnet. Quervergleiche zwischen verschiedenen Obersee-Untersuchungsstationen werden nur für einige ausgewählte Parameter durchgeführt.

Für den Bodensee-Untersee werden die Zustände im Zellersee und Rheinsee behandelt. Für die Tabellen wurden charakteristische Summenwerte, z. B. der Stoffinhalt des ganzen Sees, eines Seeteils oder bestimmter Wasserschichten sowie Konzentrationsmaxima und -minima in der Oberflächenschicht oder über dem Seeboden ausgewählt.

Die Datentabellen mit den gesamten Meßwerten für den Freiwasserbereich (Physik, Chemie, Phytoplankton) wurden nach Archivierung auf Datenträgern bei der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und beim Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, den damit direkt befaßten Stellen zugestellt.

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 Entwicklungstendenz interpretiert werden. Dazu sind längere Zeitreihen in Form von Trendkurven notwendig. Dies ist beim Vergleich der Verhältnisse aufeinanderfolgender Jahre zu beachten.

ZUSTANDSBESCHREIBUNG FÜR DAS SEEJAHR 1990/1991

Bodensee-Obersee:

Die Phosphorkonzentration hat im Seejahr 1990/91 erneut spürbar abgenommen und betrug im Frühjahr 1991 33 mg/m^3. Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - ist nach einem leichten Rückgang 1989 im Jahre 1990 geringfügig angestiegen. Die Biomasse des Phytoplanktons blieb 1990 deutlich unter dem Vorjahreswert und lag damit im unteren Schwankungsbereich der Jahre seit 1982. Die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich des Seewassers waren 1990 von April bis zum Jahresende meist günstiger als 1989. Im September 1990 wurde in der grundnahen Wasserschicht zwar nochmals der bereits im Dezember 1989 gemessene Minimalwert von 4,3 g/m^3 erreicht, aber im März und April 1991 lag dieser Wert erstmals seit dem Frühsommer 1987 wieder über 9 g/m^3.

Die **hydrologische Situation** des Sees ist durch stärkere Abkühlungsphasen im Spätherbst 1990 und im Winter während des Februars 1991 nachhaltig beeinflußt worden.
Vom milden Vorwinter her hatte sich das Wasser an der tiefsten Stelle zwischen 240 und 252 m Tiefe nur bis auf 4,63° Ende April 1990 abgekühlt. Bis Anfang Februar 1991 erwärmte es sich allmählich auf 4,77° C. Das Hypolimnion war bis Ende 1990 ständig schwach geschichtet. Die vertikale Durchmischung reichte im Januar und Anfang Februar 1991 nur bis 120 m Tiefe, führte dann aber in der 2. Hälfte Februar zur Vollzirkulation bei der vertikal nahezu homogenen Temperatur von 4,51° C. Anfang März 1991 war diese volle Durchmischung wieder beendet, weil sich eine 40 m mächtige, an der Oberfläche auf 5,00° C erwärmte Deckschicht gebildet hatte.

In den untersten Schichten des Hypolimnions setzte sich die Abkühlung durch nachlaufende seitliche Einmischung kälteren winterlichen Wassers fort und erreichte zwischen 240 und 252 m Tiefe Ende März 1991 das Minimum von 4,26° C. Anfang April 1991 waren die Schichtungsverhältnisse im Hypolimnion zwischen größter Seetiefe (4,33° C) und 85 m Tiefe (4,55° C) ähnlich wie Ende März 1990, doch waren die Temperaturen infolge des kälteren Winters im Mittel ca. 0,45° C niedriger.

Die **Phosphorkonzentration** hat seit dem letzten Berichtsjahr weiter abgenommen. Die Abnahme war mit 6 mg/m³ sogar etwas größer als im Jahr davor mit 4 mg/m³. Die Konzentration des Gesamtphosphors im Rohwasser betrug im Frühjahr 1991 während der Monate Februar bis Anfang April im Mittel 33 mg/m³ (Abb. 2A). Der Orthophosphat-Phosphor wurde von Anfang Juli bis Anfang August in begrenzten Tiefenbereichen der Produktionszone bis auf 1 mg/m³ und darunter aufgezehrt (1989 von Anfang Juni bis Anfang November und 1988 von Anfang August bis Anfang November).

Der **anorganische Stickstoff** (N aus $NO_3^-+NO_2^-+NH_4^+$) mit Nitrat als Hauptkomponente hat 1990 im Jahresmittel (volumengewichtet) geringfügig auf 0,96 g /m³ zugenommen (1989: 0,94 g/m³ und 1988: 0,97 g/m³; Abb. 2C).

Chlorid als Indikator vielfältiger Salzbelastungen wies 1990 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von 5,2 mg/l auf. Damit hat es nach 1989 erneut leicht abgenommen und liegt wieder deutlich unter dem bisherigen Höchstwert von 6,0 mg/l, der 1987 gemessen wurde (Abb. 2C).

Die **Sauerstoffsituation** des Sees war im Jahre 1990 etwas günstiger als im Vorjahr. Insbesondere die Sauerstoffkonzentration über Grund in Seemitte lag von Anfang April zum bis Jahresende - mit Ausnahme der extremen Situation im September mit einem Minimalwert von 4,3 mg/l - stets über den entsprechenden Vorjahreswerten (Abb. 2B). Von Januar bis Anfang März 1991 stieg die Sauerstoffkonzentration über Grund von 5,2 auf 9,2 mg/l. Im April 1991 wurden erneut 9,2 mg/l festgestellt. Diese Konzentration war an dieser Stelle letztmals im Juni 1987 gemessen worden.

Der Sauerstoffinhalt des Sees lag im März und April 1991 bei 470.000 t und damit nur unwesentlich über dem ungünstigen Wert des Jahres 1989 von 464.000 t. Der entsprechende Wert des Vorjahres von 506.500 Tonnen war durch die bereits früh einsetzende Planktonproduktion zusätzlich erhöht worden und deshalb nur bedingt aussagekräftig.

Insgesamt ergibt sich in der jüngsten Sauerstoffentwicklung des Sees eine spürbare Erholung in der Versorgung der grundnahen Wasserschicht. Dies wird auf die weitgehend erreichte Homothermie des Sees im März 1991 nach den

kalten Januar- und Februartagen zurückgeführt. Die damit verbundene sehr instabile Schichtung erleichterte die interne Durchmischung des Wasserkörpers und führte zu einem Konzentrationsausgleich. Wegen fehlender Stürme im ersten Quartal 1991 war gleichzeitig jedoch die Wiederbelüftung des Sees mangelhaft, was sich an dem relativ niedrigen Sauerstoffinhalt im März/April ablesen läßt. Es wird nun in erster Linie vom Ausmaß der sommerlichen Algenproduktion und den Durchflußverhältnissen - mithin also von klimatisch gesteuerten Faktoren - im Jahre 1991 abhängen, wie sich die weitere Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes gestaltet.

Das **Phytoplankton** erreichte 1990 im Jahresmittel eine Biomasse von 16,3 g /m^2 (0 - 20 m Tiefe). Es blieb damit zwar erheblich unter dem extrem hohen Wert von 1988 mit 33,9 g/m^2 und dem Wert des Vorjahres mit 25,1 g/m^2, lag aber immer noch im unteren Schwankungsbereich der Jahre seit 1982 (Abb. 3). Der Rückgang im Vergleich zum Vorjahr war auf das schwache Frühjahrsmaximum Ende April zurückzuführen, das nur noch 43,4 g/m^2 erreichte (1988: 135 g /m^2, 1989: 73,1 g/m^2). Im Lauf des Jahres folgten noch vier weitere Maxima, die aber nur Werte von 20 g/m^2 bis 30 g/m^2 erreichten (Abb. 27).

Unter den einzelnen Algengruppen setzte sich bei der Frühjahrsentwicklung die bereits im Vorjahr beobachtete Verschiebung zu den Cryptophyceen fort. Die centrischen Kieselalgen, die in den Vorjahren regelmäßig die Frühjahrsentwicklung beherrscht hatten, wurden fast vollständig verdrängt. Im Juni trat die Kieselalge Asterionella formosa in den Vordergrund, im August Fragilaria crotonensis. Im September folgte ein weiteres Maximum, das sich aus Fragilaria crotonensis, chlorococcalen Grünalagen (vorwiegend Coelastrum reticulatum) und Cryptophyceen zusammensetzte. Ein Herbstmaximum im Oktober wurde durch Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis, Pandorina morum, Ulothrix subconstricta und Cryptophyceen dominiert. Cryptophyceen bestimmten auch das Winterplankton, begleitet von kleinen Grünalgenformen wie Chlorella vulgaris und Chlorella pyrenoidosa.

Beim **Crustaceenplankton** hat sich der Jahresmittelwert der Gesamtzahlen 1990 gegenüber dem Vorjahr insgesamt etwas erhöht (Abb. 4); die geringere Gesamtzahl der Cladoceren wurde durch höhere Werte der Copepodenbestände überdeckt. Die Zahlen für die Gattung Daphnia blieben in etwa auf der gleichen Höhe, die übrigen Cladoceren-Gattungen (besonders die Bosminen) zeig-

ten reduzierte Jahresmittelwerte. Bemerkenswert erschienen die relativ hohen Bestände an Daphnia-Männchen.

Die Bestandsdichte der vorwiegend h e r b i v o r lebenden Copepoden und Copepodidstadien stieg 1990 gegenüber dem Vorjahr um etwa ein Drittel an. Diese Zunahme entspricht den höheren Beständen von Eudiaptomus und Cyclops vicinus.

Die vorwiegend c a r n i v o r oder o m n i v o r lebenden Altersstadien der Copepoden (ältere Copepodide und Adulte) zeigten 1990 in fast allen Monaten höhere Mittelwerte. Ausnahmen davon waren der Januar und der Februar, vor allem jedoch der August 1990; im Frühjahr 1991 wiederum lagen die Werte der entsprechenden Vorjahresmonate deutlich höher.
Bemerkenswert erscheint schließlich der wiederum hohe Jahresmittelwert 1990 für Cyclops abyssorum. Allerdings wurde in den Monaten Januar bis März 1991 nur noch ein Bruchteil der entsprechenden Vorjahresdichte erreicht (Abb. 29 - 31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - erreichten in der Produktionszone 0 - 20 m Tiefe) nach einem gegenüber dem Vorjahr etwas weniger deutlichen Anstieg im April ein ausgeprägtes Jahresmaximum im Mai mit Populationsdichten über 10 x 10^6 Bakterien/ml. Auch während des nachfolgenden Klarwasserstadiums im Juni blieben die Bakteriendichten noch vergleichsweise hoch. Wie in den Vorjahren wurden während der Sommermonate Juli - August mittlere Werte im Bereich von 5 - 7 x 10^6 Bakterien/ml beobachtet. Auch der herbstliche Abfall der Populationsdichten erfolgte wiederum sehr langsam. Die Winterwerte 1990/91 waren ebenfalls gegenüber den früher (1980 - 1988) beobachteten Werten leicht erhöht, jedoch war die Differenz geringer als in den beiden Vorjahren (Abb. 32).

B o d e n s e e - U n t e r s e e

Die **Phosphorkonzentration** - bestimmt als Gesamtphosphor im Rohwasser - hat 1990 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) mit 34,6 mg/m^3 weiter abgenommen (1988: 42,5 mg/m^3; 1989: 37,6 mg/m^3). Im Zellersee hat sie nach vorübergehender Stagnation (1988: 55,0 mg/m^3; 1989: 54,5 mg/m^3) auf 44,6 mg/m^3 abgenommen.

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus $NO_3^-+NO_2^-+NH_4^+$) mit Nitrat als Hauptkomponente blieb 1990 im Rheinsee mit 0,85 mg/l im Jahresmittel (volumengewichtet) etwa auf dem Niveau des Vorjahres (0,84 mg/l). Im Zellersee betrug er 0,97 mg/l und hat damit gegenüber dem Vorjahr (1,00 mg/l) etwas abgenommen.

Die **Sauerstoffsituation** hat sich in beiden Seeteilen gegenüber dem Vorjahr etwas verbessert. Im Zellersee, der in der Tiefe bereits seit Jahrzehnten zeitweise völligen Sauerstoffschwund aufweist, wurde der Sauerstoff in Seebodennähe von August bis Oktober völlig aufgezehrt (1989: von Juli bis Oktober). Im Rheinsee lagen die Sauerstoffkonzentrationen in Seebodennähe im August und September zwischen 1 und 2 mg/l und im Oktober unter 1 mg/l. Im Jahre 1989 lagen sie von Mitte August bis Anfang November unter 1 mg/l.

Beim **Phytoplankton** im Zellersee lag die Durchschnitts-Biomasse mit 20,1 g /m^2 deutlich unter den Werten der letzten Jahre (1989: 27,6 g/m^2; 1988: 52,0 g/m^2; 1987: 37 g/m^2; 1986: 32 g/m^2). Die Frühjahrsblüte lag mit 52,8 g /m^2, die Anfang April erreicht wurden, etwa in Höhe des Vorjahres. Wie im Obersee wurde sie vor allem von Cryptophyceen gebildet, während die centrischen Kieselalgen stark zurücktraten. Daneben war die Feueralge Gymnodinium helveticum stark vertreten.

Die sommerliche Entwicklung erreichte Ende Juli ein kleineres Maximum von 25 g/m^2, das von den Kieselalgen Melosira granulata und Fragilaria crotonensis sowie von Cryptomonas-Arten gebildet wurde. Die Algendichte sank dann auf einen Wert von ca. 9,7 g/m^2 ab (Ende August), stieg dann wieder an und erreichte Ende September 20,1 g/m^2. Dieses kleinere Maximum wurde von Cryptophyceen, Chlamydomonas-Arten sowie von chlorococcalen Grünalgen, vor allem von Eutetramorus fottii gebildet. Im Oktober sank die Biomasse stark ab und erreichte Ende des Monats Werte um 6 g/m^2 (Abb. 51 und 52).

Bewertung und Schlußfolgerungen

Die Abwassersanierung im Einzugsgebiet des Bodensees führte auch 1990 zu einer weiteren Phosphorabnahme. Die Phosphorkonzentration im See nähert sich einem Bereich, in dem allmählich ein Rückgang der belastenden Algenbiomasse erwartet werden kann. Angesichts ihrer großen Schwankungsbreite in den Vorjahren ist zwar bei der Biomasse der Planktonalgen noch kein eindeutiger Trend zur Abnahme erkennbar, die Entwicklung zu nährstoffärmeren Verhältnissen wird jedoch durch qualitative Veränderungen im Artenspektrum des Phytoplanktons deutlich angezeigt.

Die durchschnittlichen Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser haben sich wegen günstigeren klimatischen Verhältnissen als in den Vorjahren etwas verbessert; der Tiefstwert entsprach allerdings wiederum dem des Vorjahres. Auch lag der Gesamtinhalt des Sees an Sauerstoff im Frühjahr 1991 nur wenig über dem ungünstigen Wert von 1989. Der See ist also immer noch mit einem Sauerstoffdefizit belastet.

Daraus ist zu schließen, daß die weitere Absenkung der Phosphorkonzentration unter den im Lagebericht (Blauer Bericht Nr. 30) genannten Schätzwert von 30 mg/m^3 notwendig ist. Die im Bau- und Investitionsprogramm bis 1995 vorgesehenen Maßnahmen und Projekte zur weiteren Abwassersanierung müssen daher konsequent und wie geplant durchgeführt werden. Zusätzlich dazu sind aber auch weitere entlastende Maßnahmen, vor allem im Bereich der Landwirtschaft, unverzüglich zu verwirklichen.

Abbildungen und Tabellen

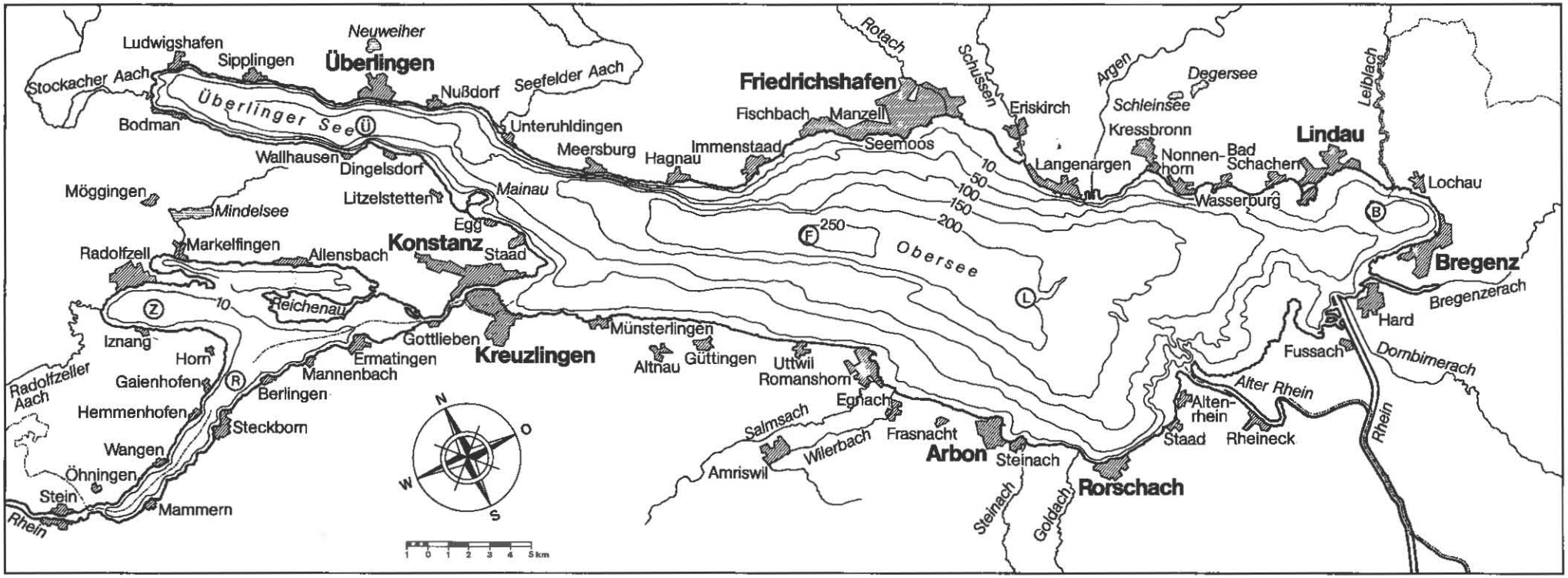


Abb. 1: Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

a) Freiwasser:
Obersee: Fischbach-Uttwil (F)
Langenargen-Arbon (L)
Bregenzer Bucht (B)
Überlinger See (Ü)
Untersee: Zellersee (Z)
Rheinsee (R)

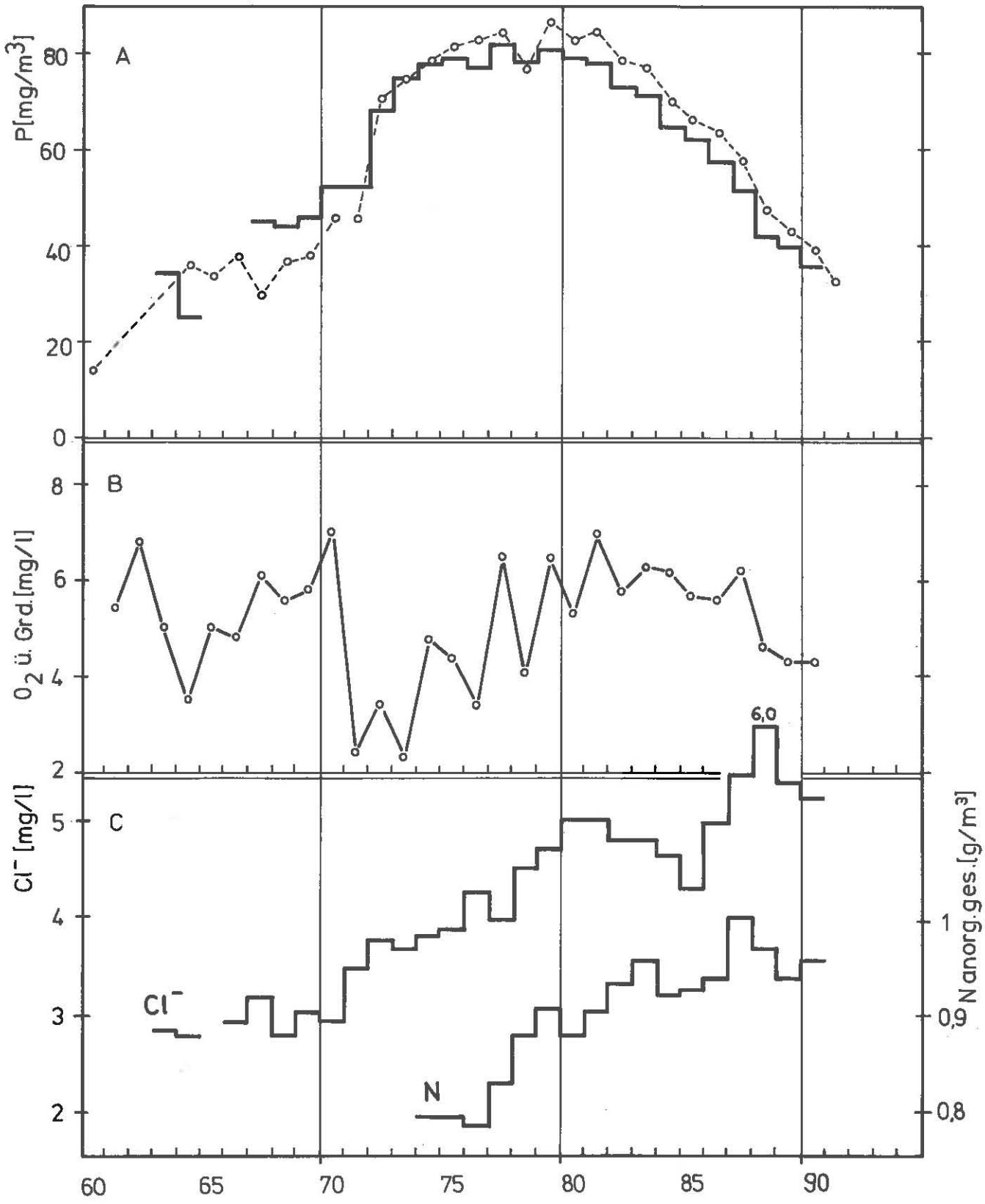


Abb. 2: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Langfristige Entwicklung der Phosphor-, Sauerstoff-, Stickstoff-, und Chloridkonzentration.

A. ——— : Gesamtphosphor im Rohwasser, Jahresmittel, volumengewicht

---- : Gesamtphosphor im Rohwasser, Konzentration während der Vollzirkulation

B. Sauerstoffkonzentration, Minimalwerte 1 m über Grund

C. Cl^-: Chlorid, Jahresmittel volumengewichtet

N: Stickstoff aus $NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+$, Jahresmittel, volumengewichtet.

Abb. 3
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons,
Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe) im Jahresmittel

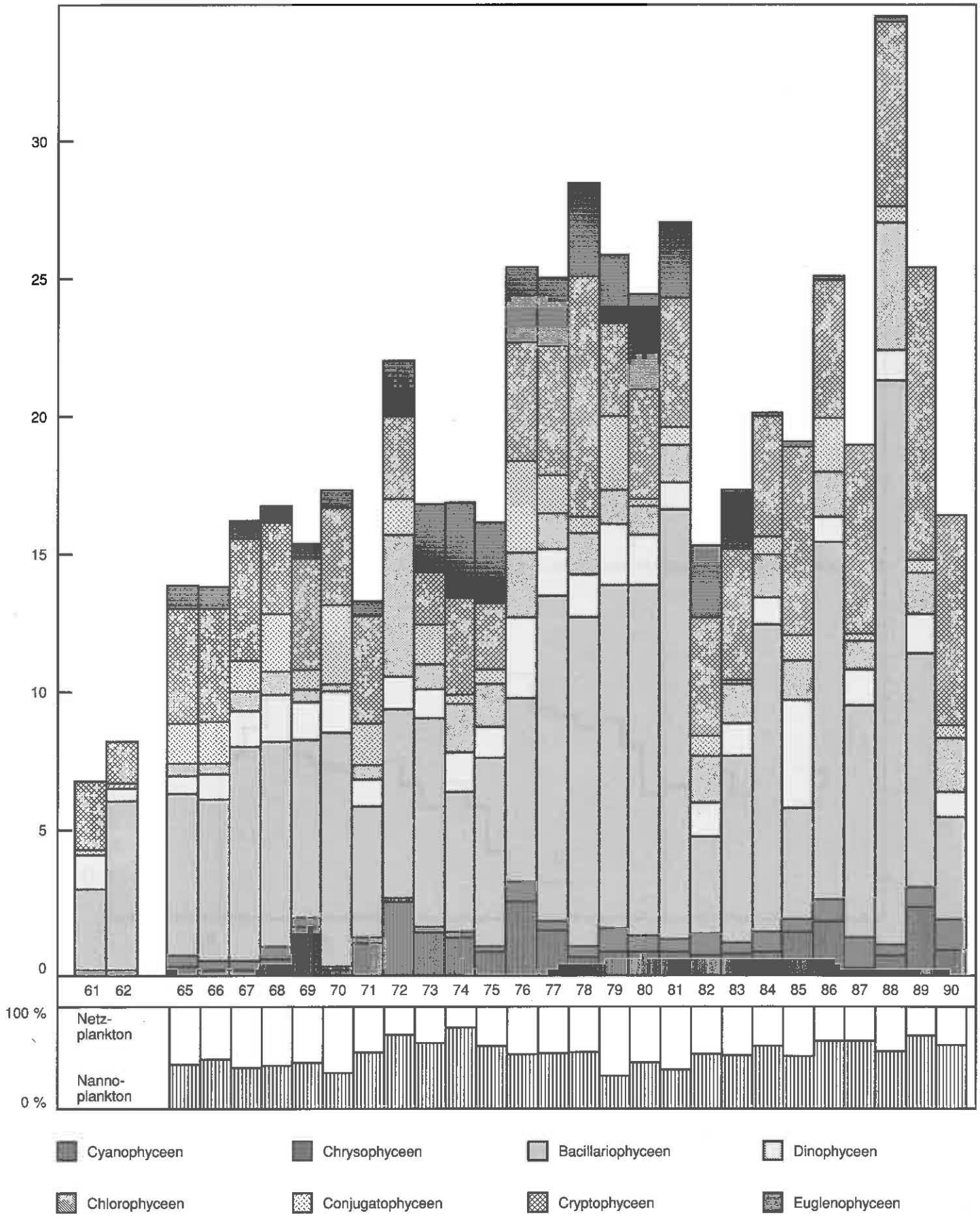


Abb. 4
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons,
Jahresmittelwerte (Tiere/m²)

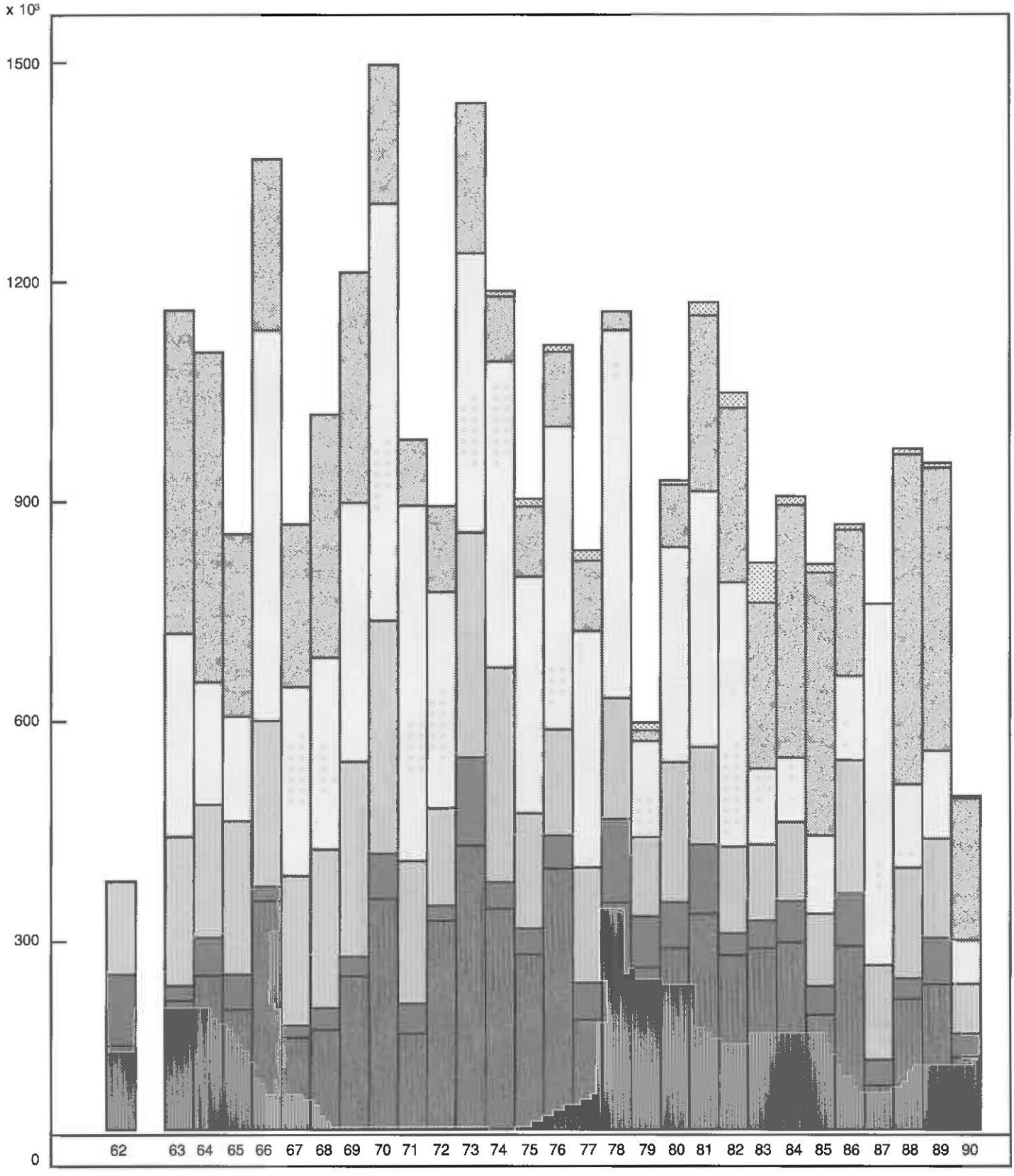
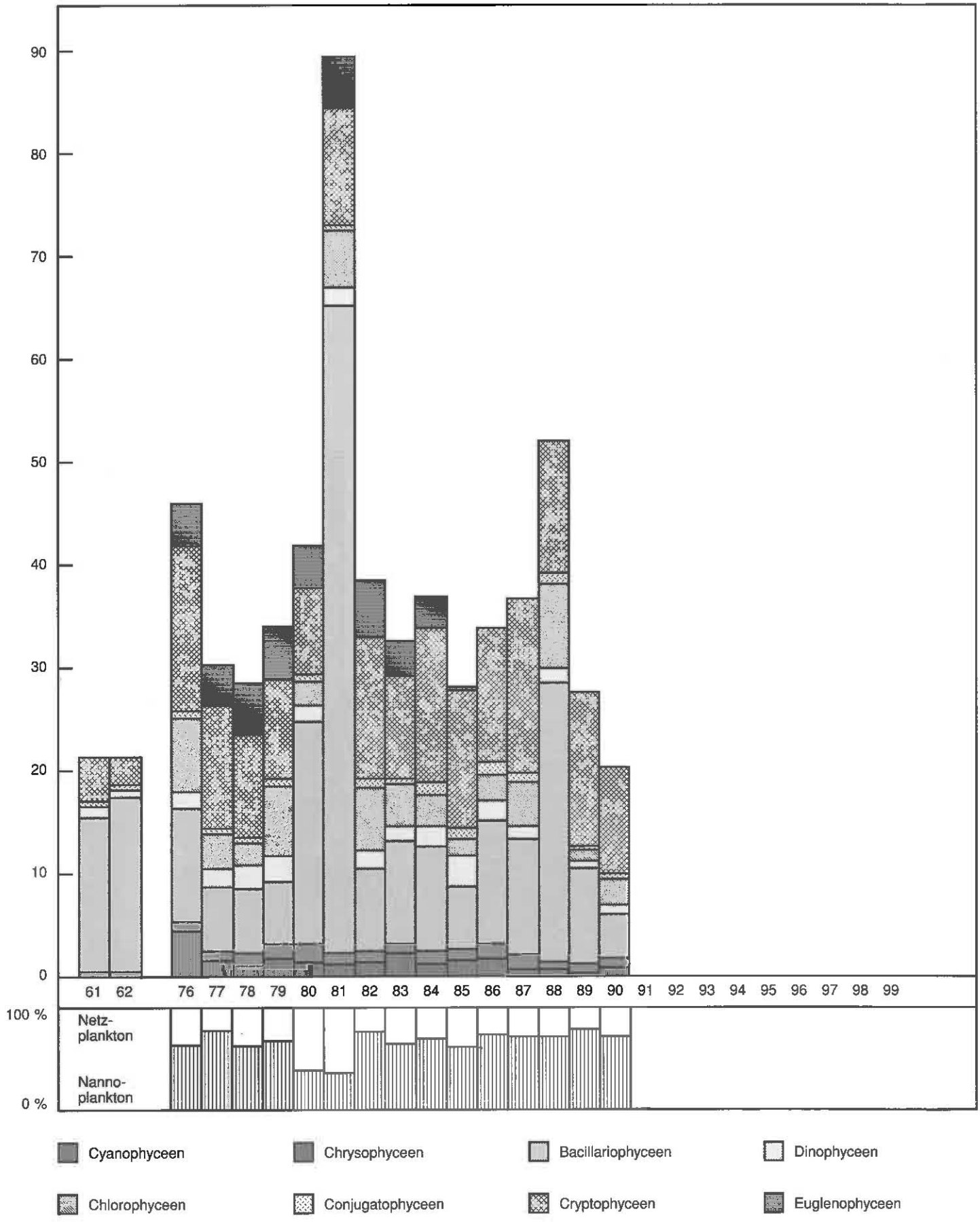


Abb. 5
Bodensee – Untersee, Zellersee:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons,
Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe) im Jahresmittel



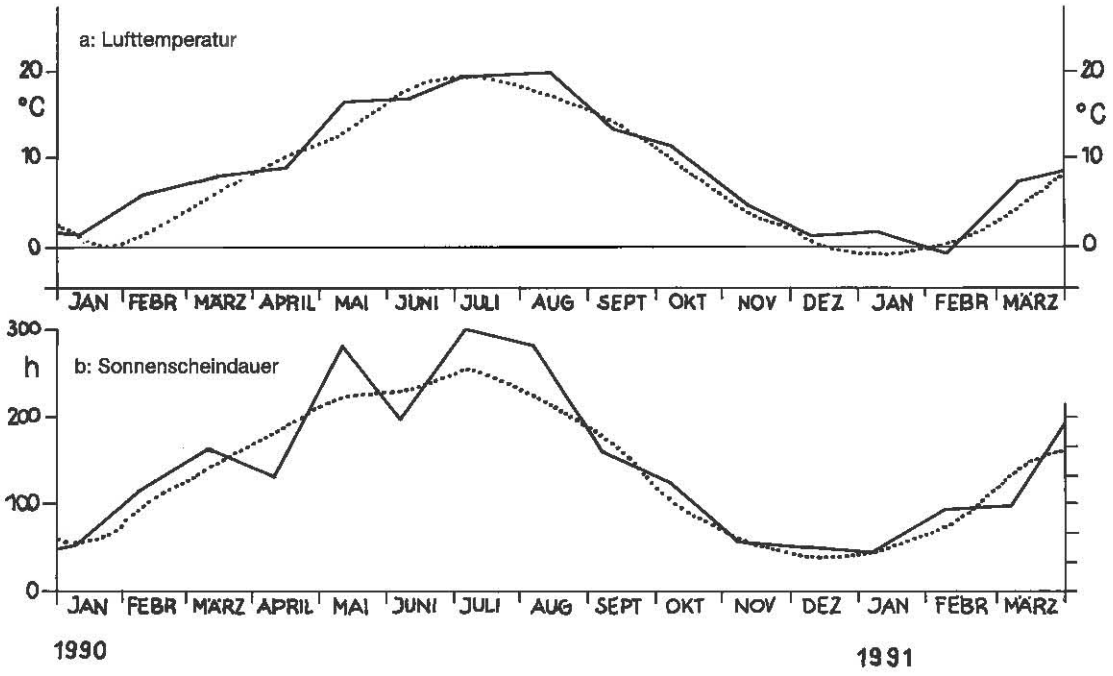


Abb. 6: Bodensee – Obersee:
Monatliche Klimadaten der Wetterwarte Konstanz*)
a. —— Monatsmitteltemperatur
····· langjährige Monatsmitteltemperatur (1931–1960)
b. —— monatliche Sonnenscheindauer in h
····· langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (1951–1970)

*) Die Wetterstation Friedrichshafen wurde aufgelöst

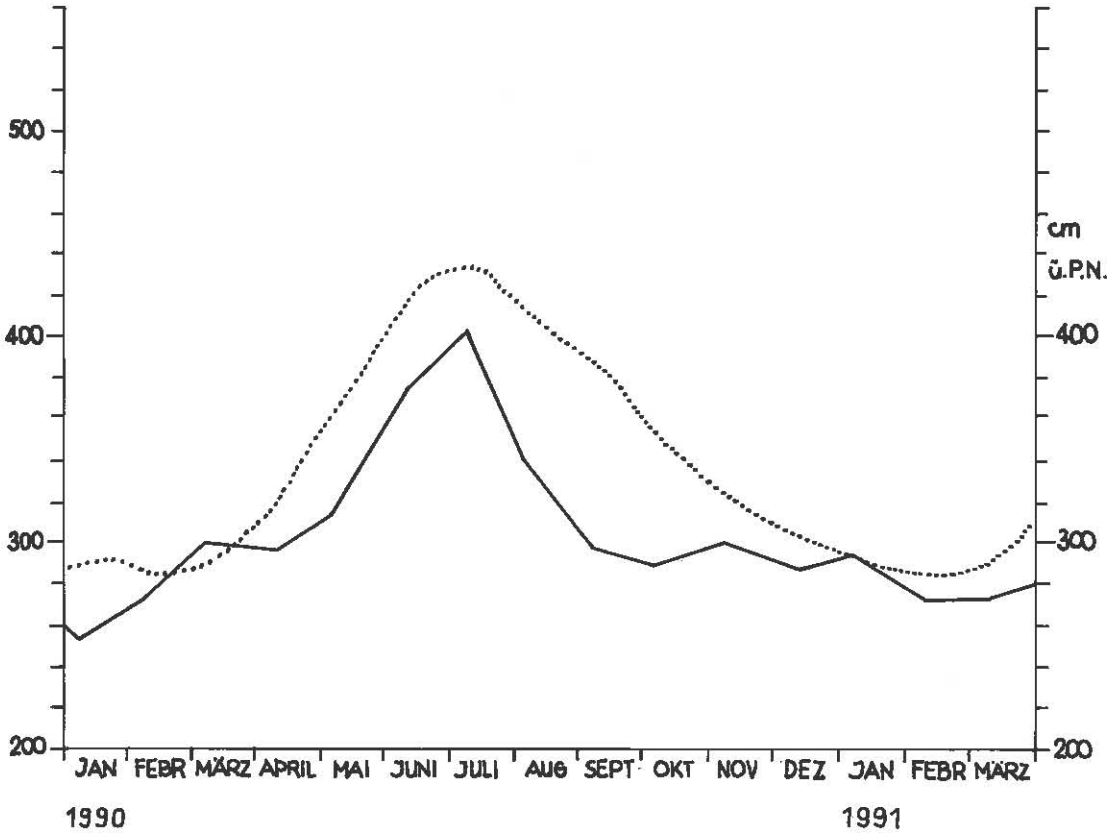


Abb. 7: Bodensee – Obersee:
Wasserstand am Pegel Konstanz
—— mittlerer monatlicher Wasserstand
····· langjähriger monatlicher Wasserstand (1877–1964)

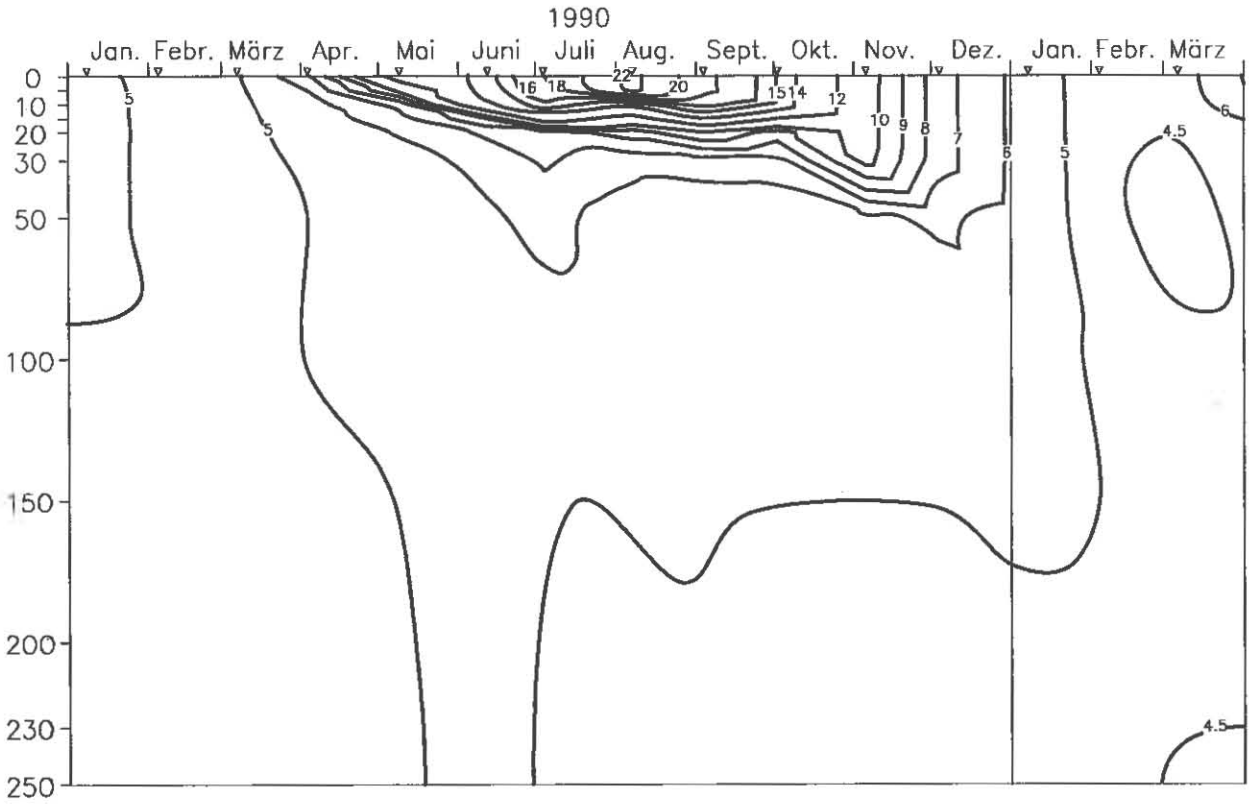


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Temperatur °C

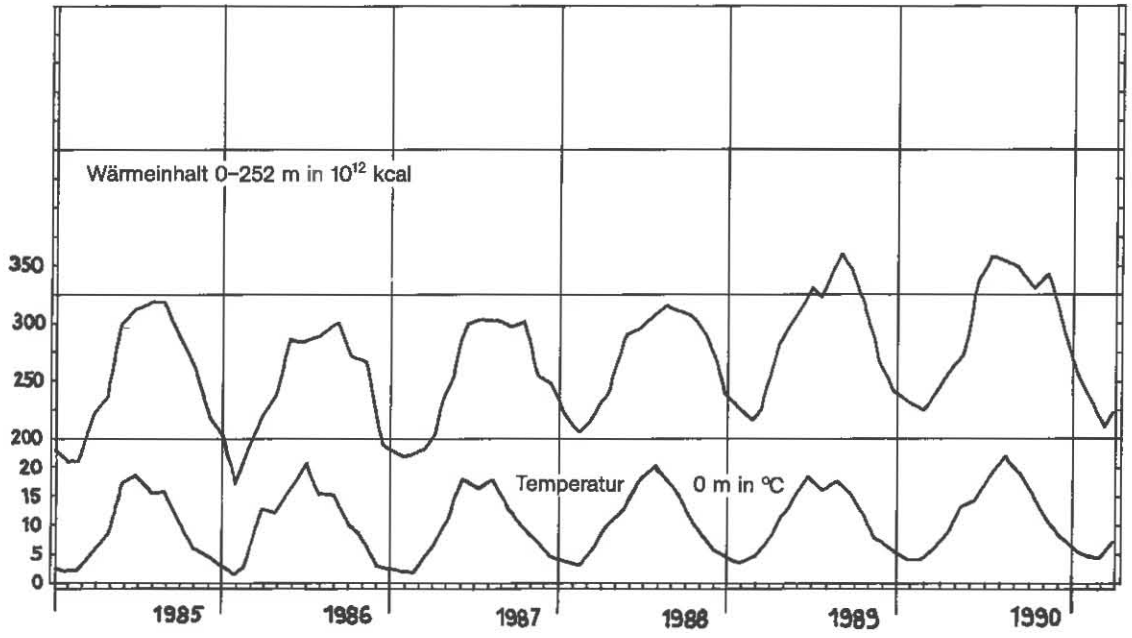


Abb. 9: Bodensee – Obersee:
Thermik

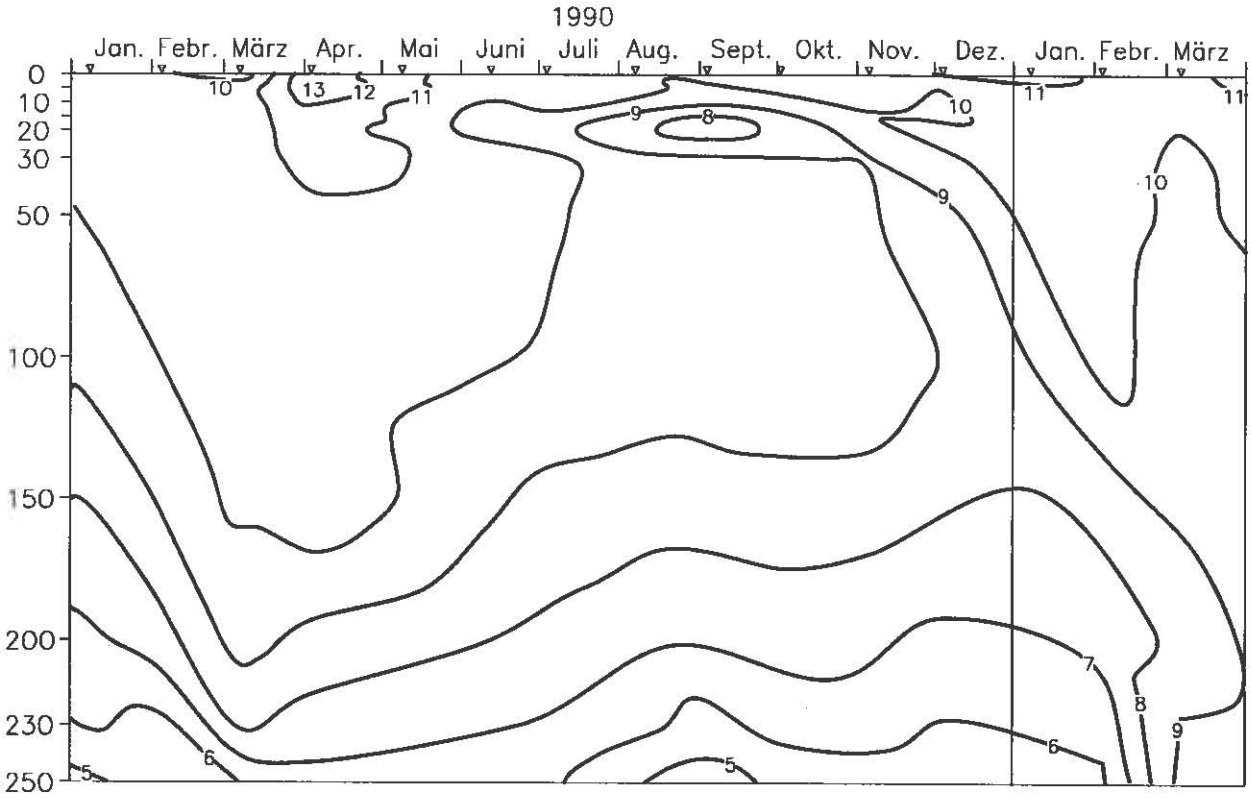


Abb. 10: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Sauerstoff (mg/l)

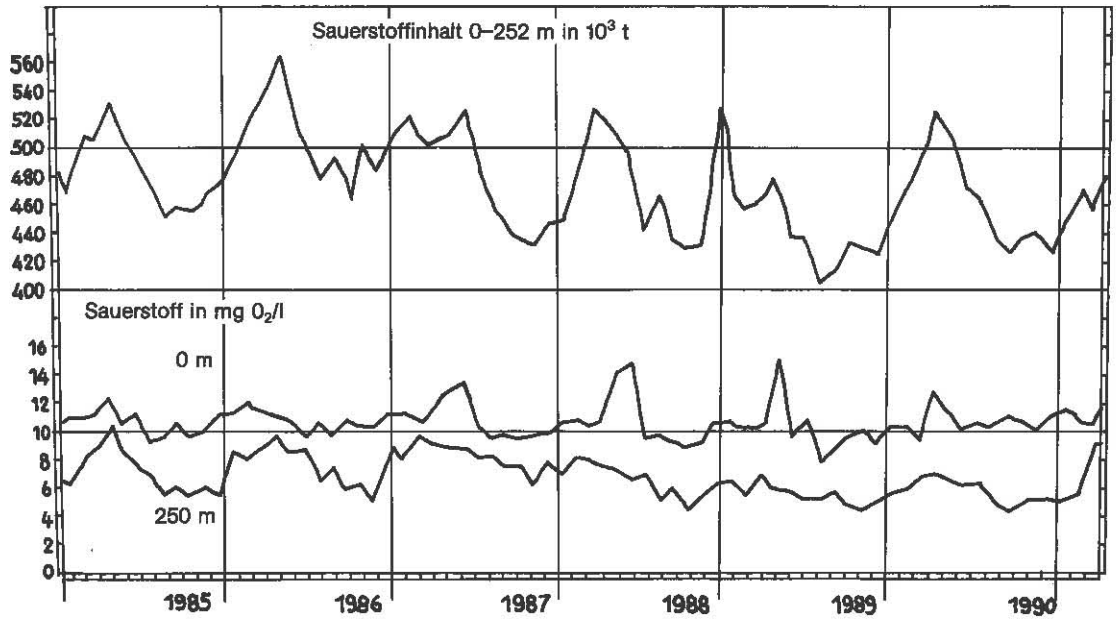


Abb. 11.: Bodensee – Obersee:
Sauerstoffinhalt 0–252 m und Sauerstoffkonzentration 0 bis 250 m Tiefe

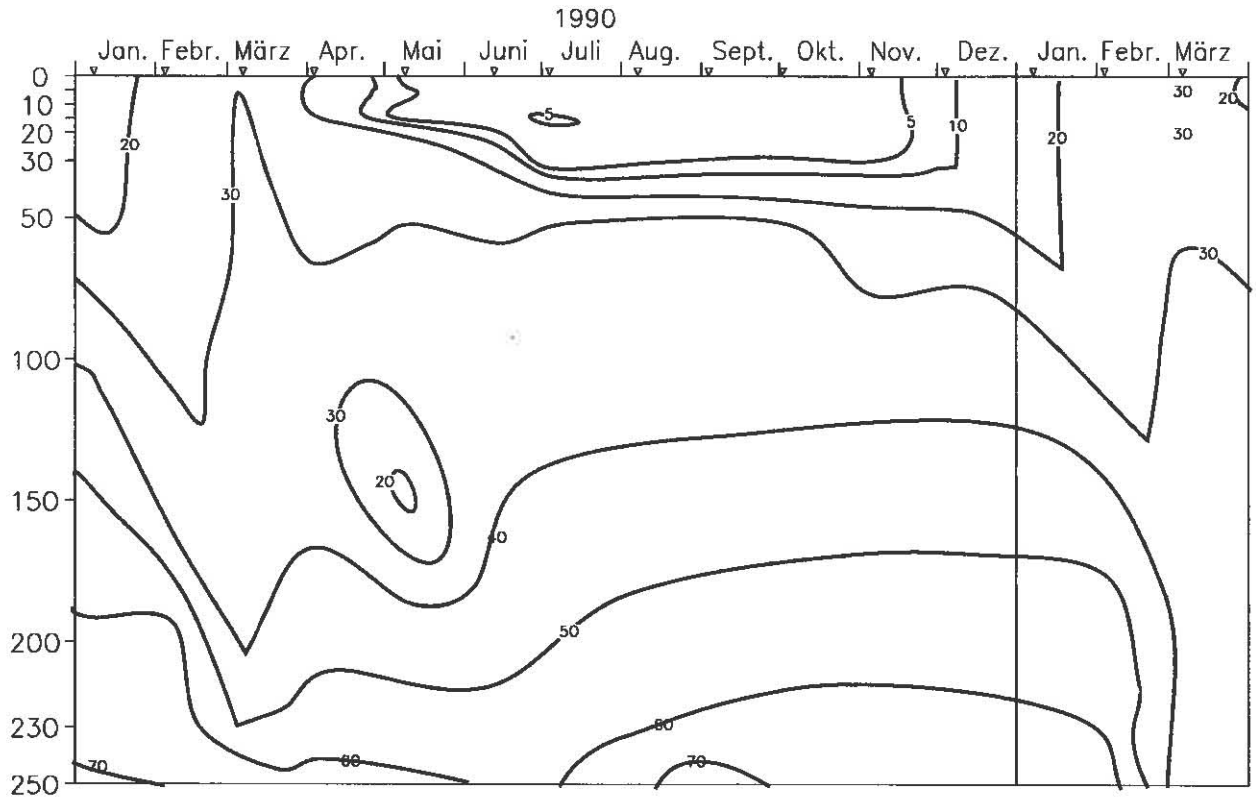


Abb. 12: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

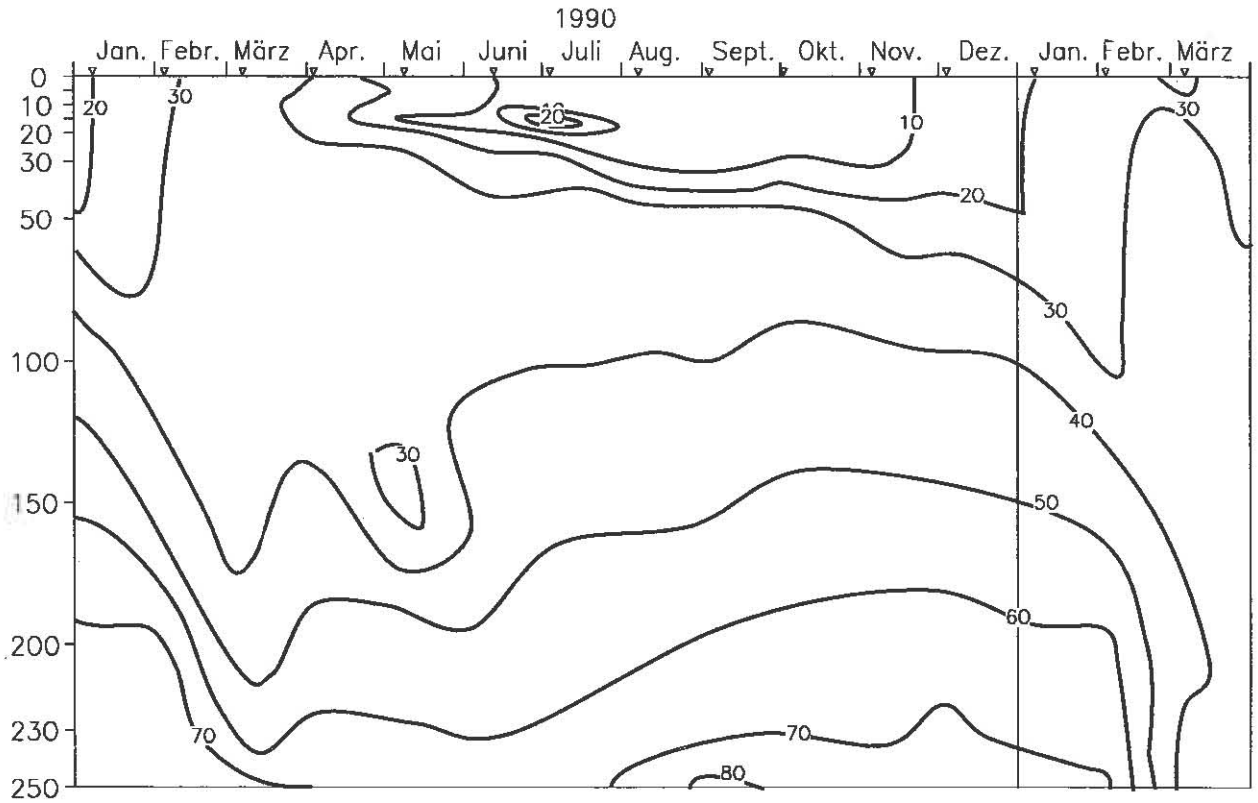


Abb. 13: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m^3)

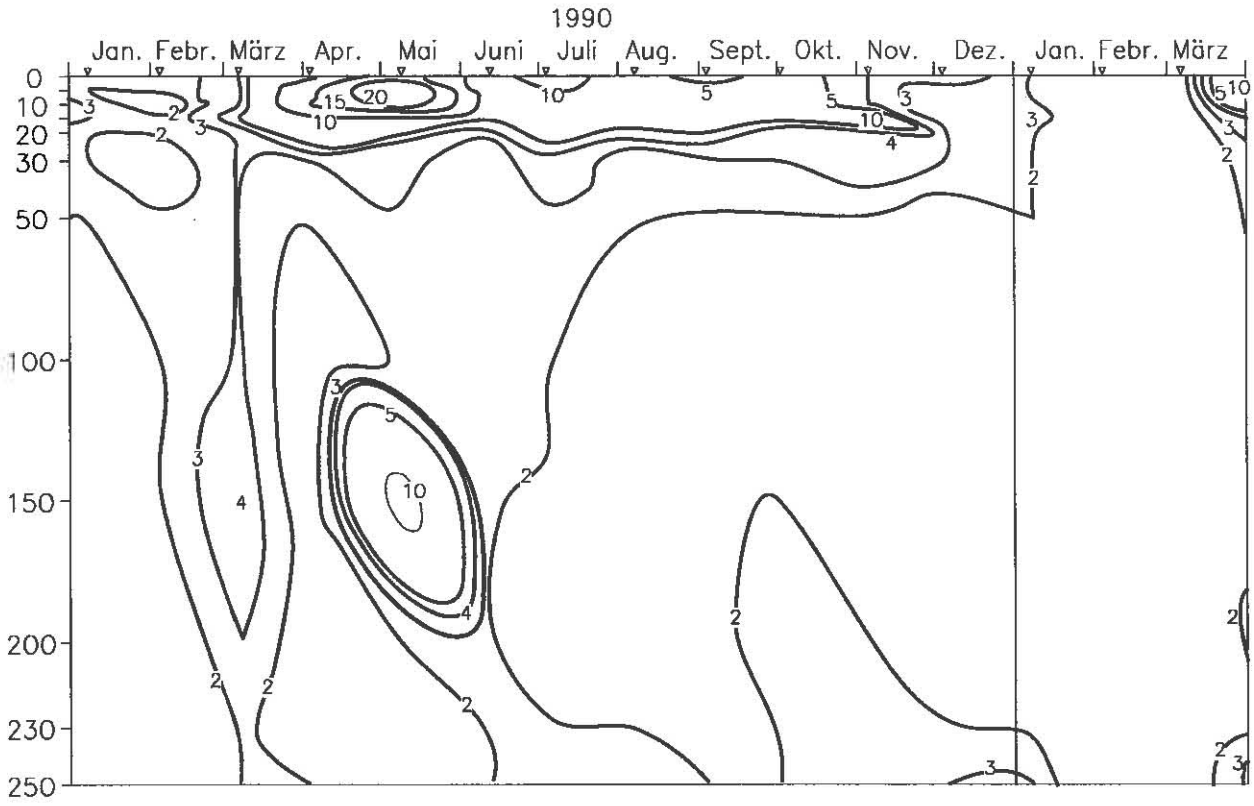


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

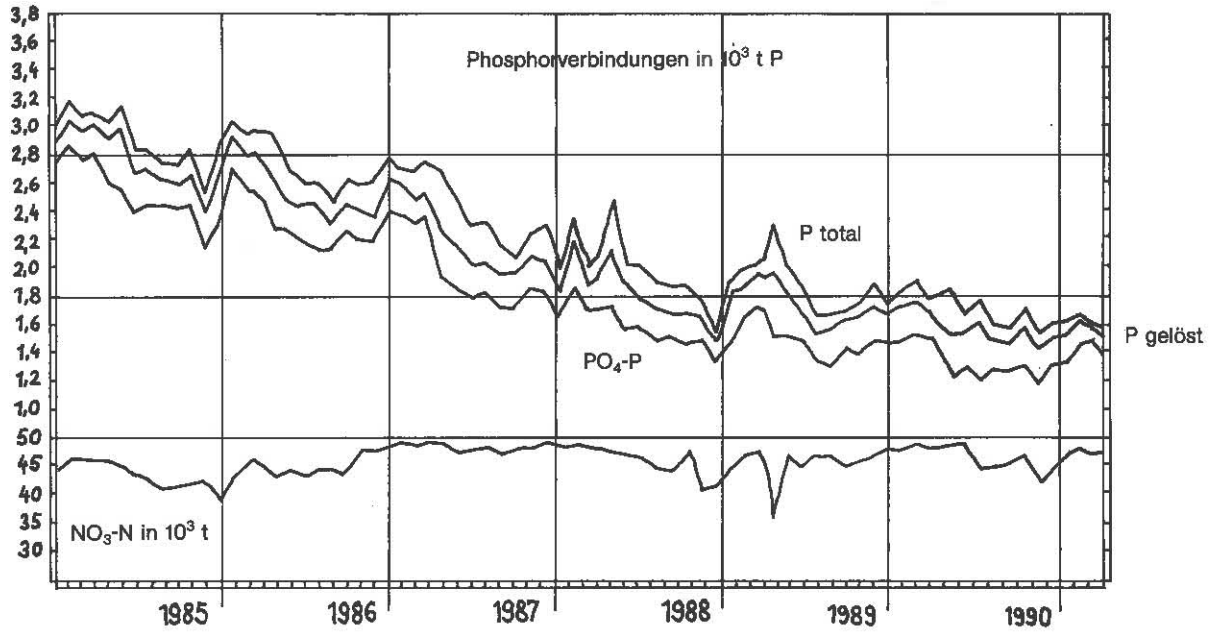


Abb. 15: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (P, NO_3-N) 0–250 m Tiefe

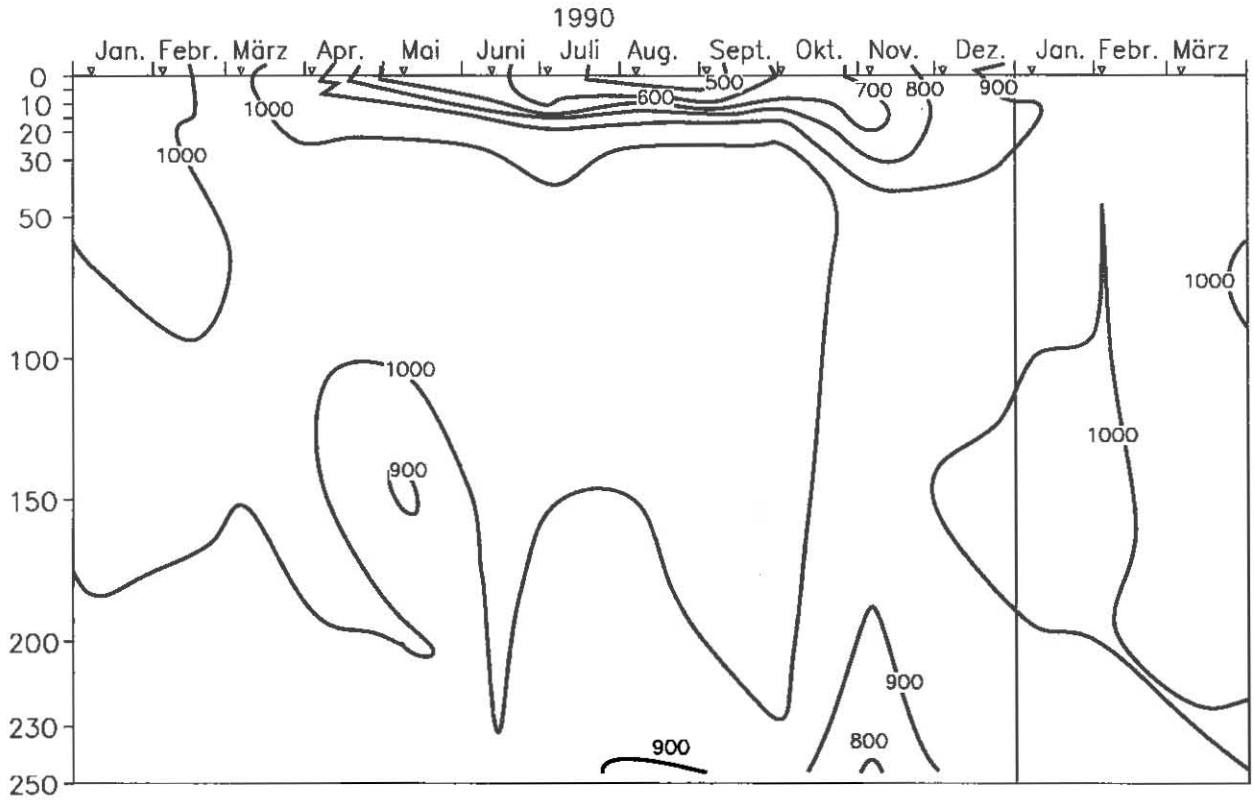


Abb. 16: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

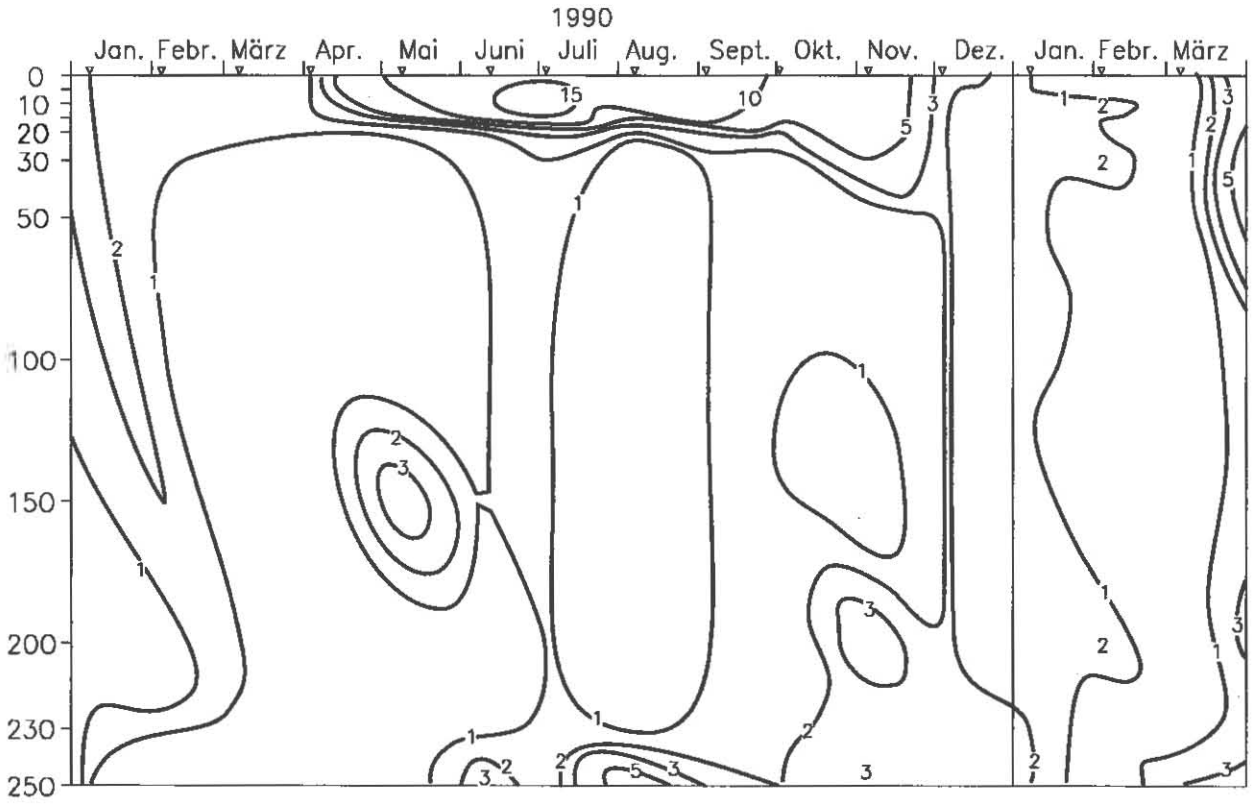


Abb. 17: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

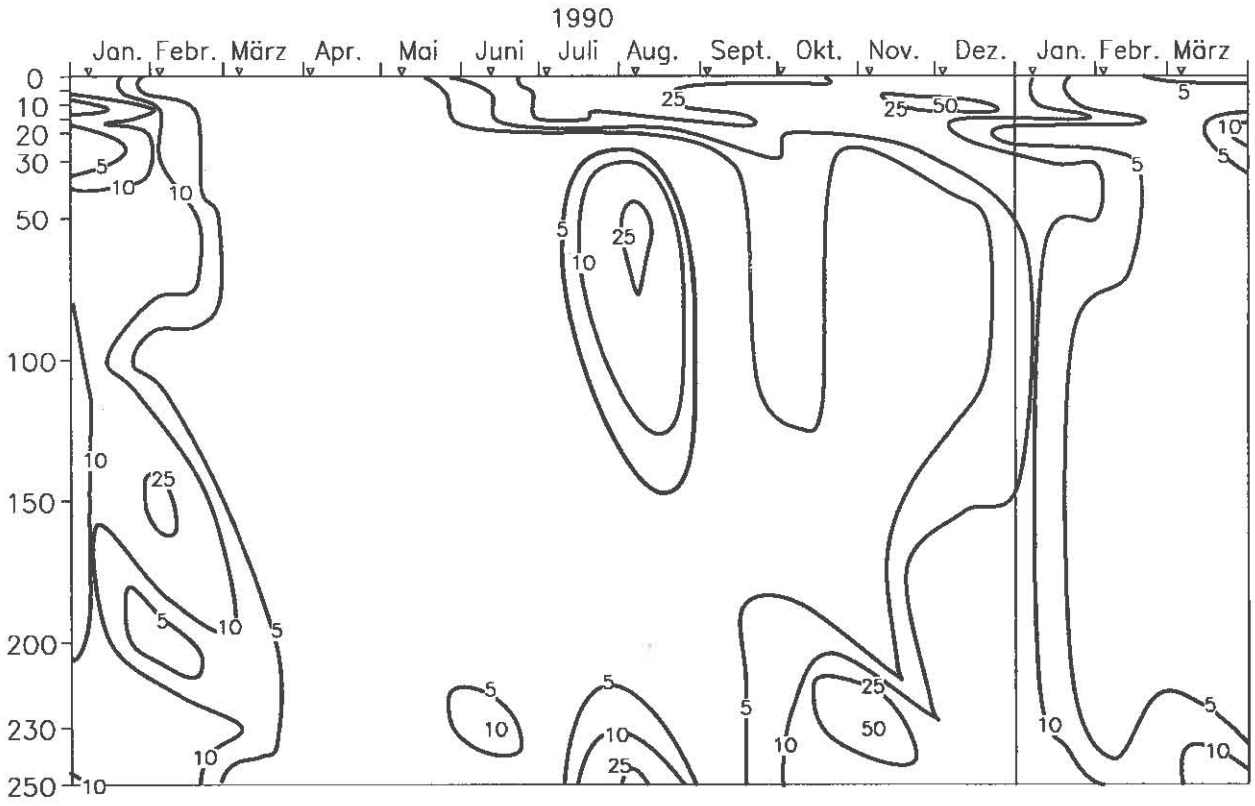


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

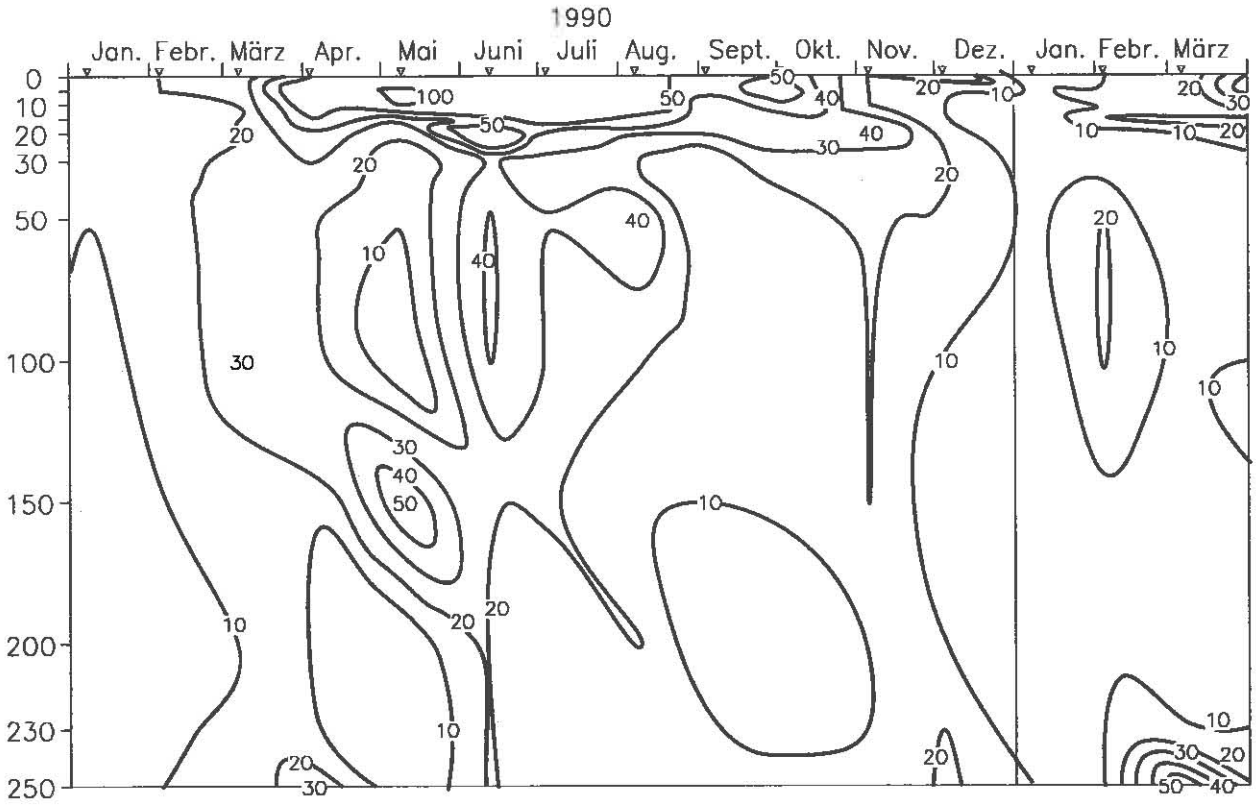


Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Stickstoff (mg/m^3)

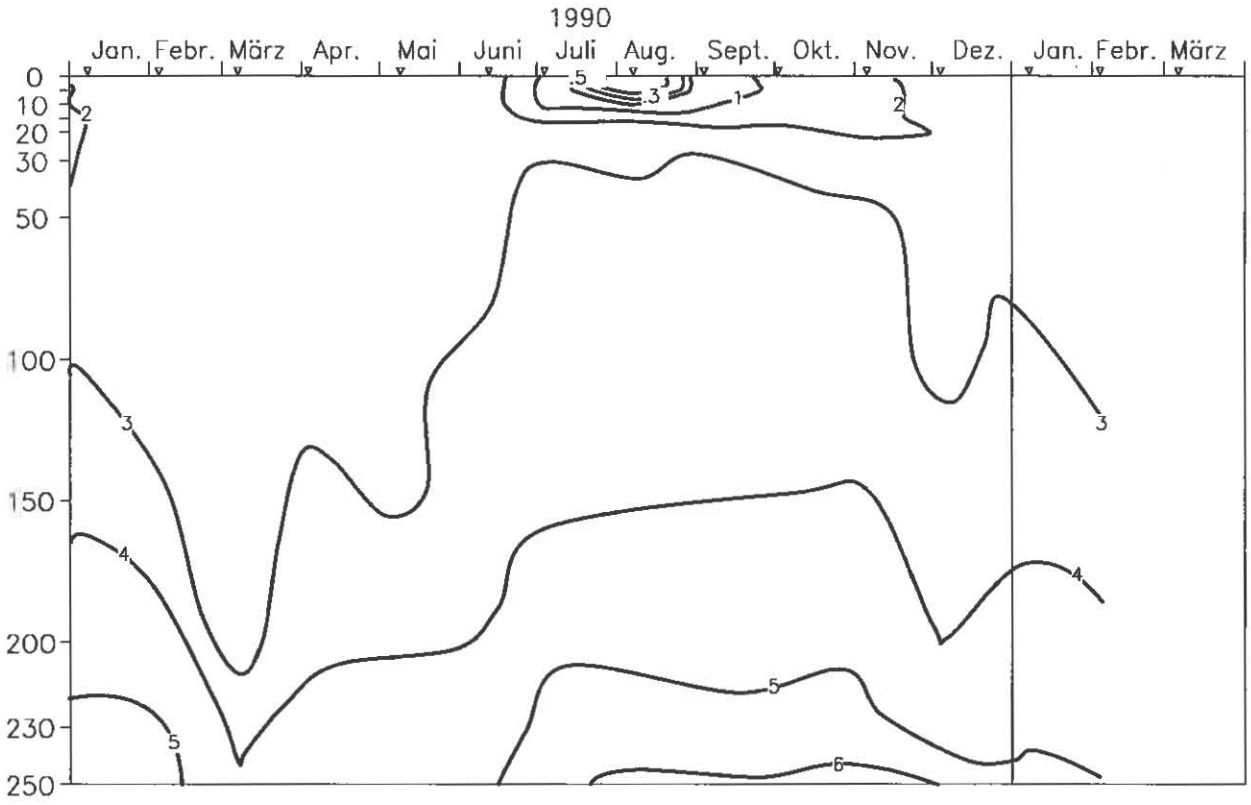


Abb. 20: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Silikat (mg/l)

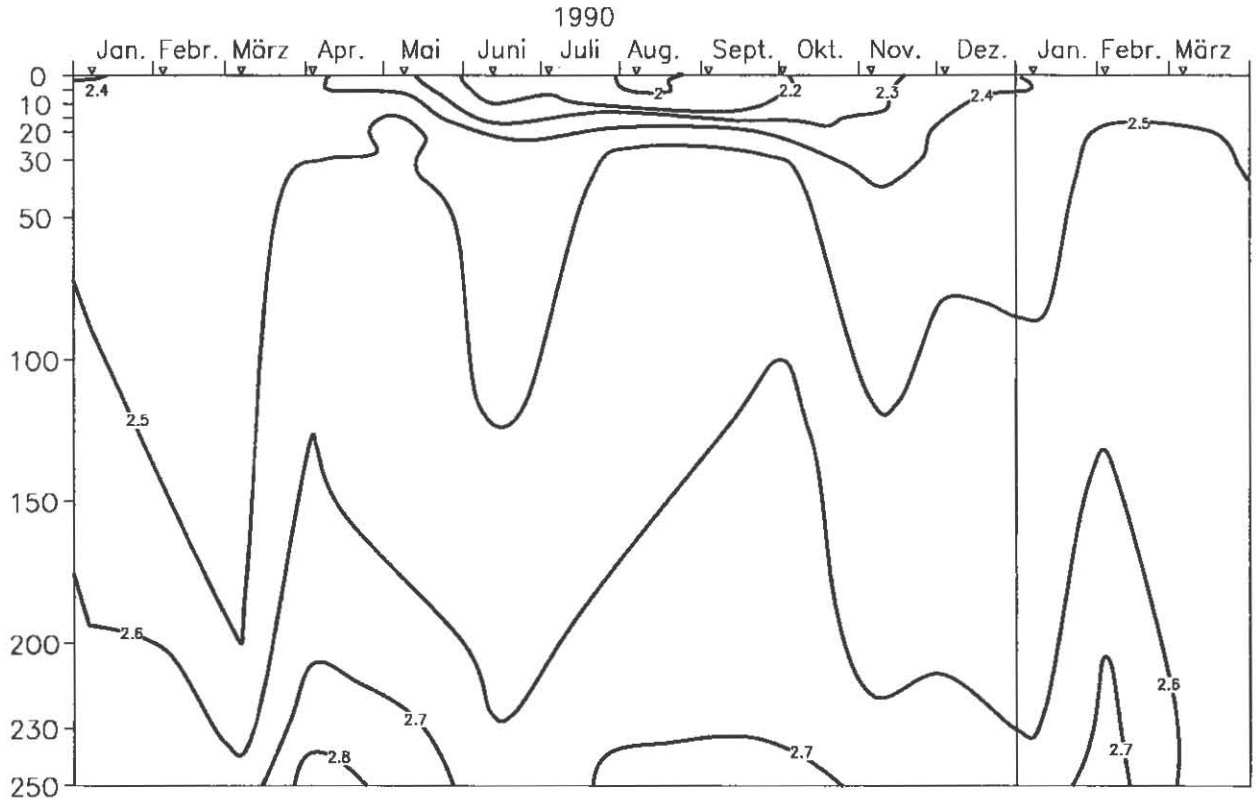


Abb. 21: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

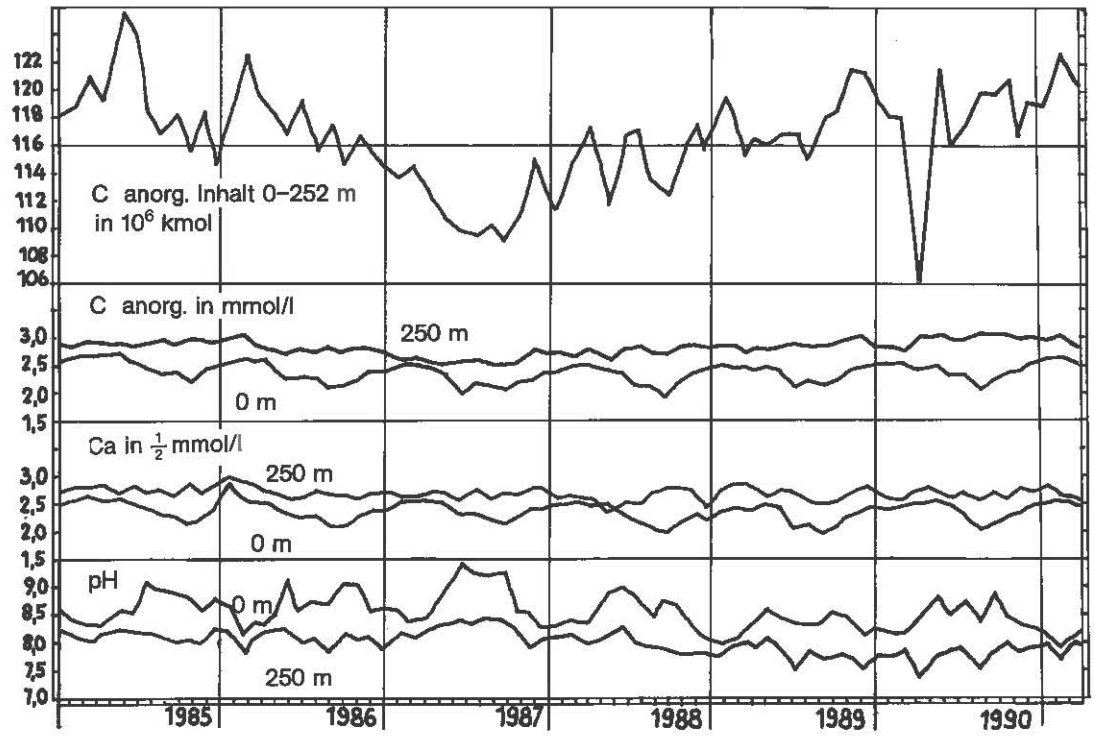


Abb. 22: Bodensee – Obersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

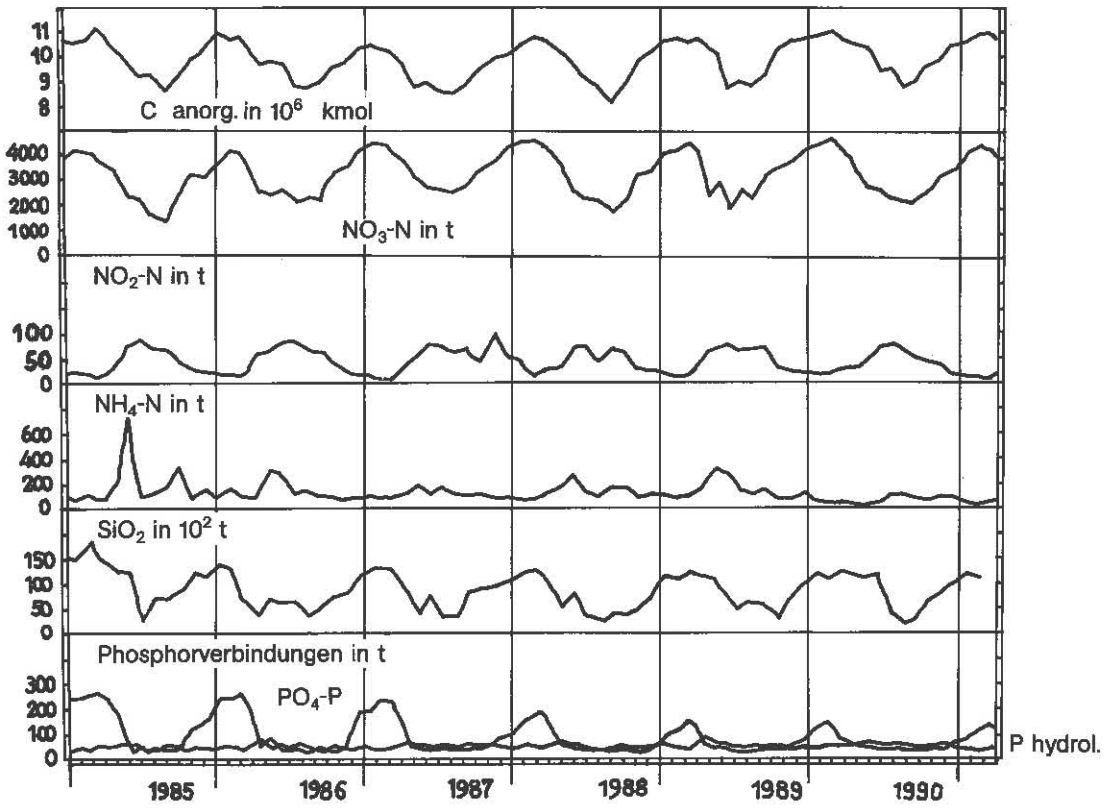


Abb. 23: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (Phosphor, Stickstoff, Silikat,
anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

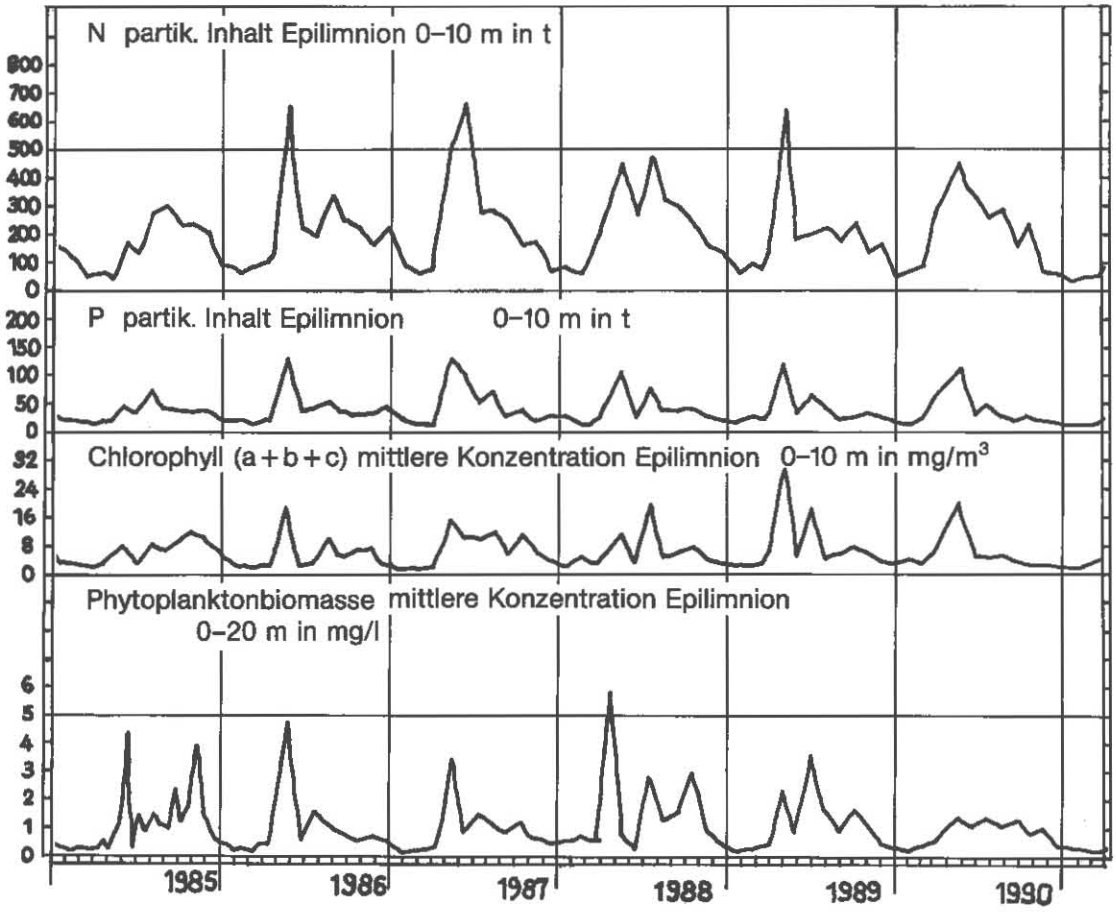


Abb. 24: Bodensee – Obersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Algenbiomasse

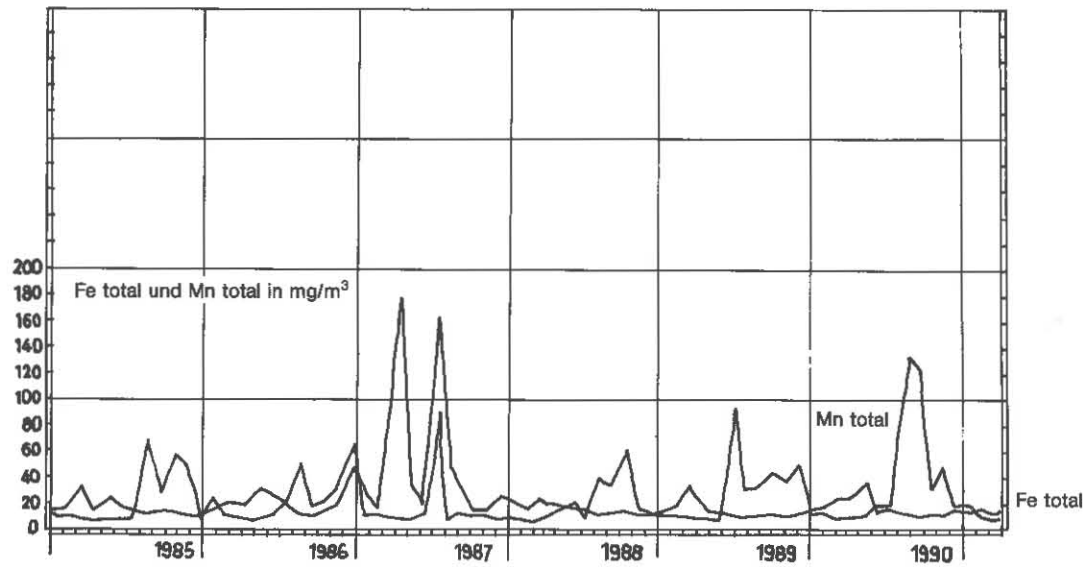


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Konzentrationen von Eisen total und Mangan total in 250 m Tiefe

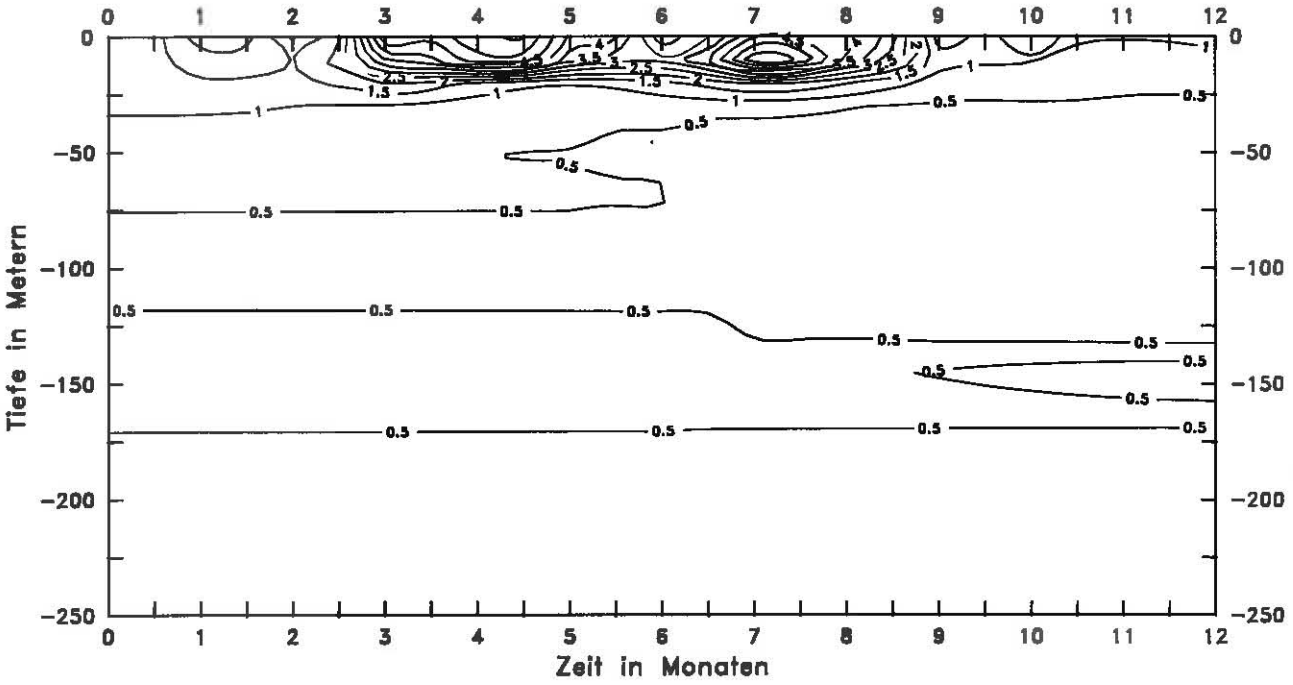


Abb. 26: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Chlorophyll a (mg/m^3)

Abb. 27
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1990/91

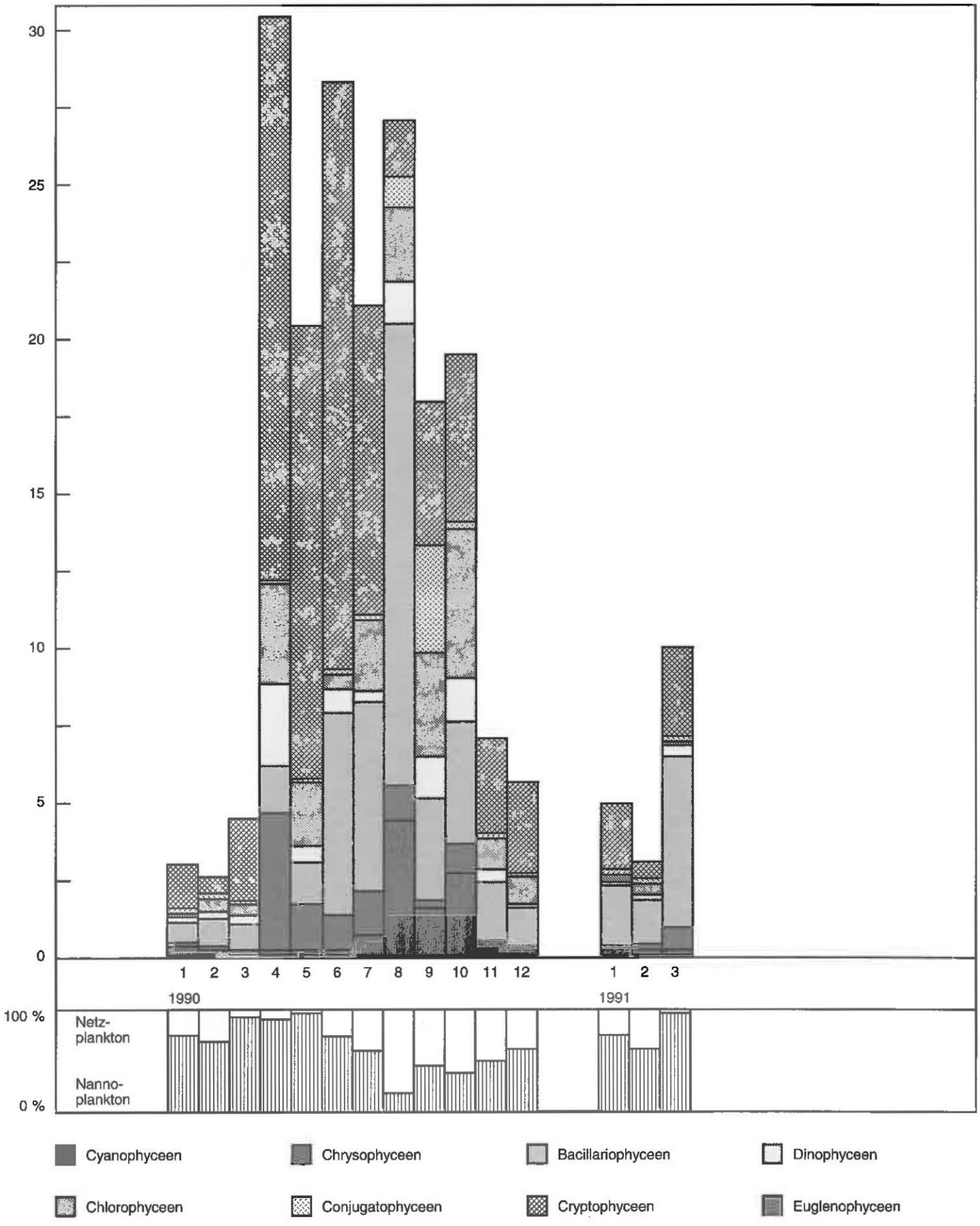


Abb. 28
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1990/91

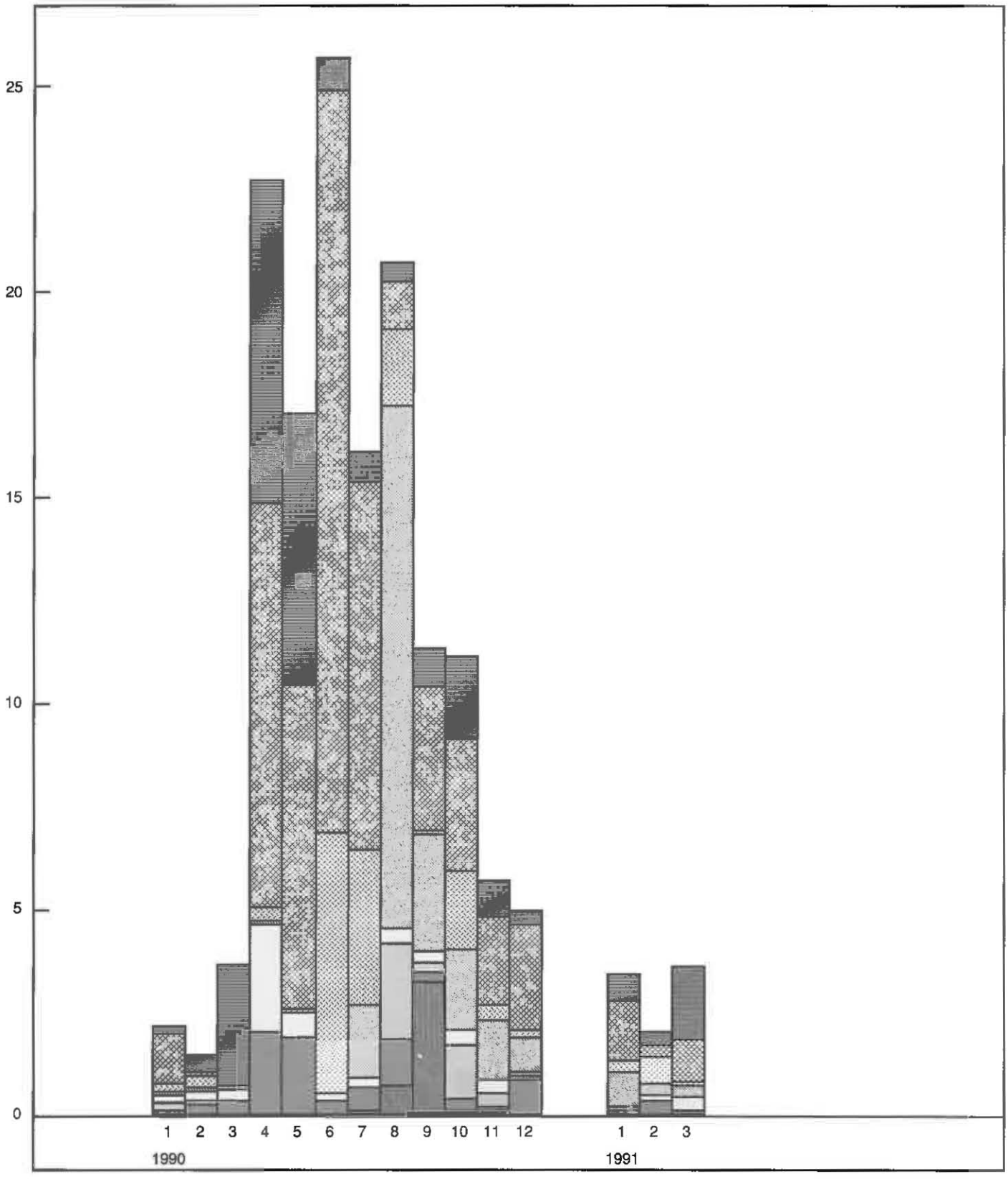


Abb. 29
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung der Cladoceren,
Monatsmittel 1990 (Tiere/m²)

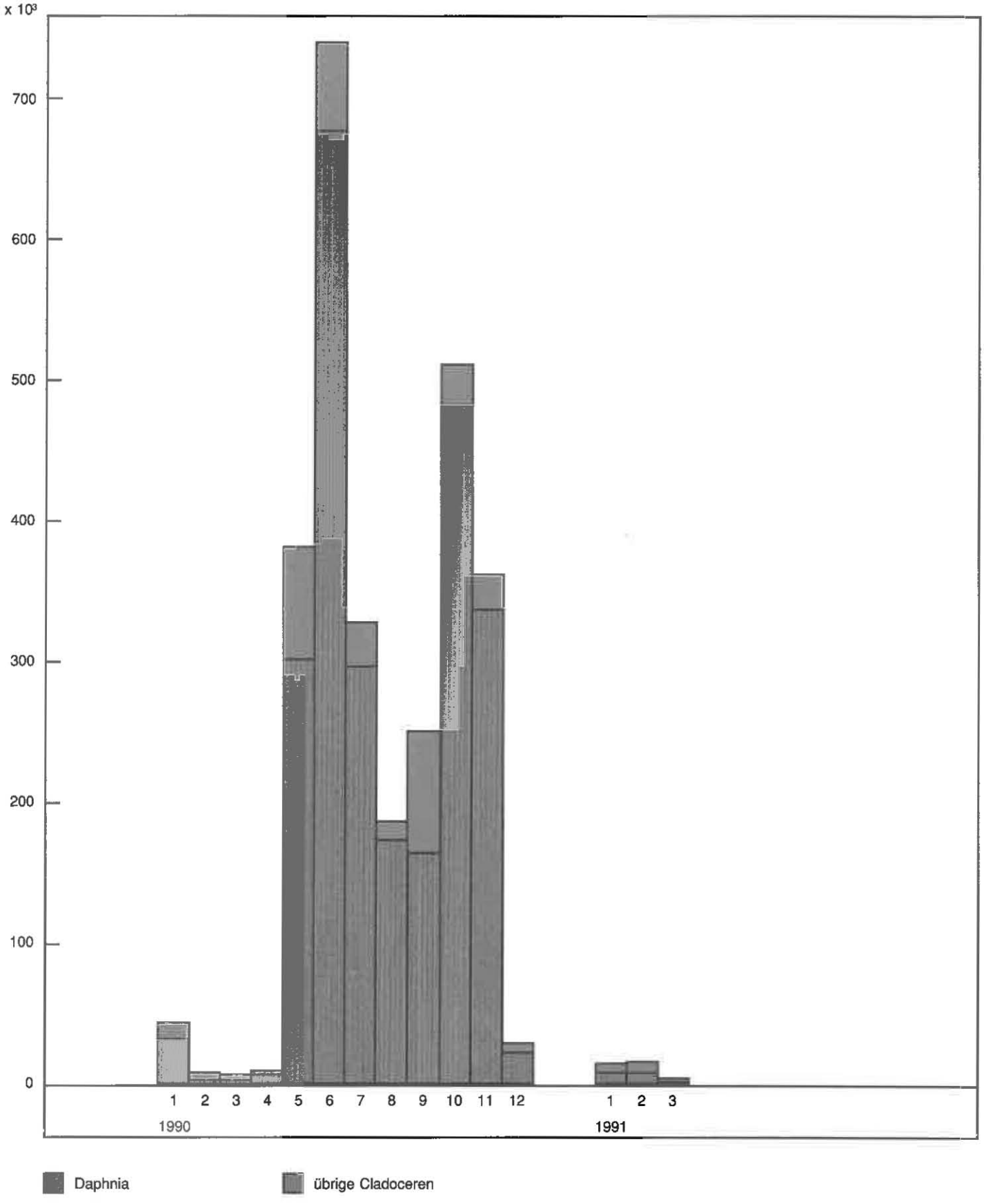


Abb. 30
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung der Copepoden: adulte Tiere und Copepodide ohne Nauplien, Monatsmittel 1990/91 (Tiere/m²)

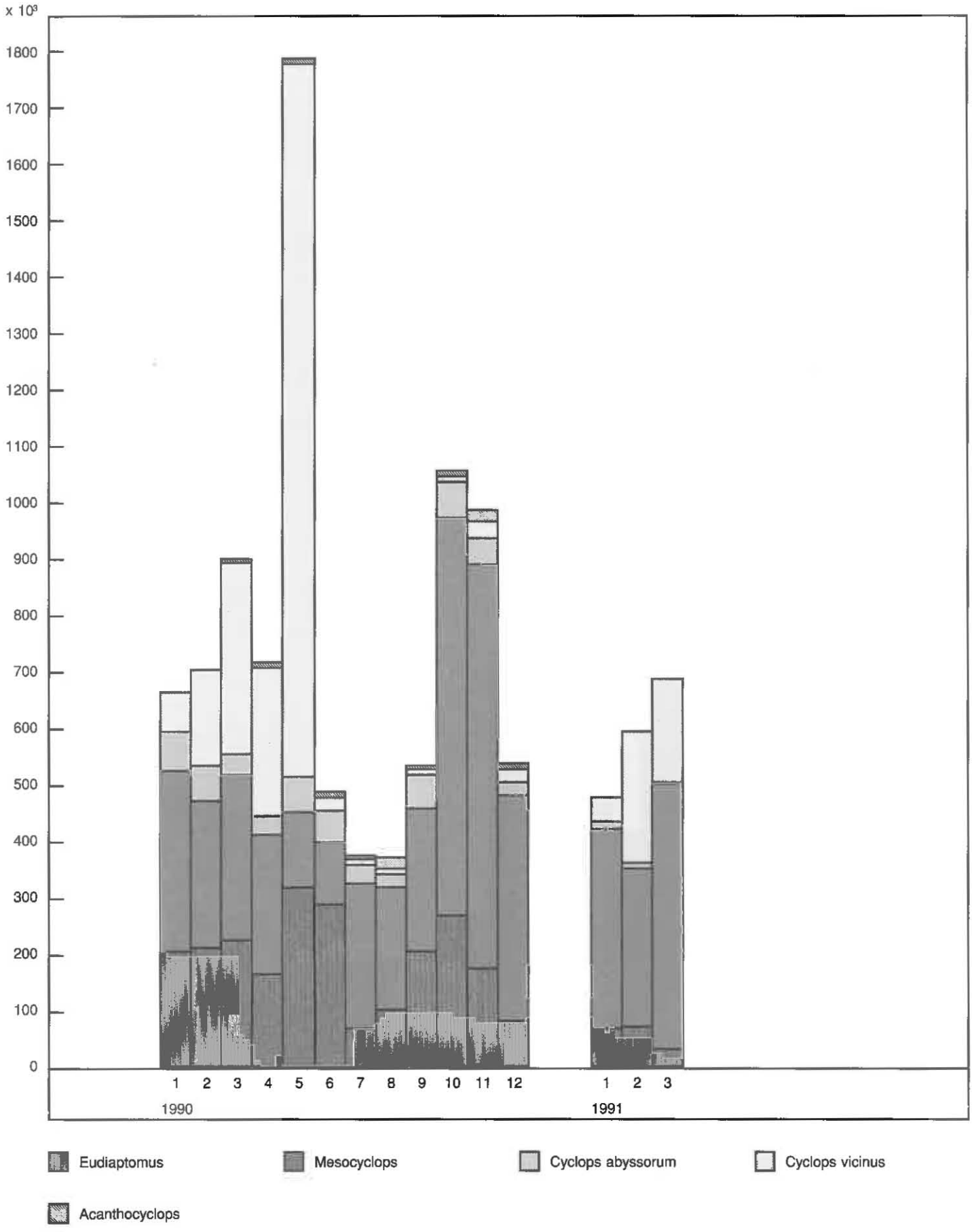


Abb. 31
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen
Monatsmittel 1990/91 (Tiere/m²)

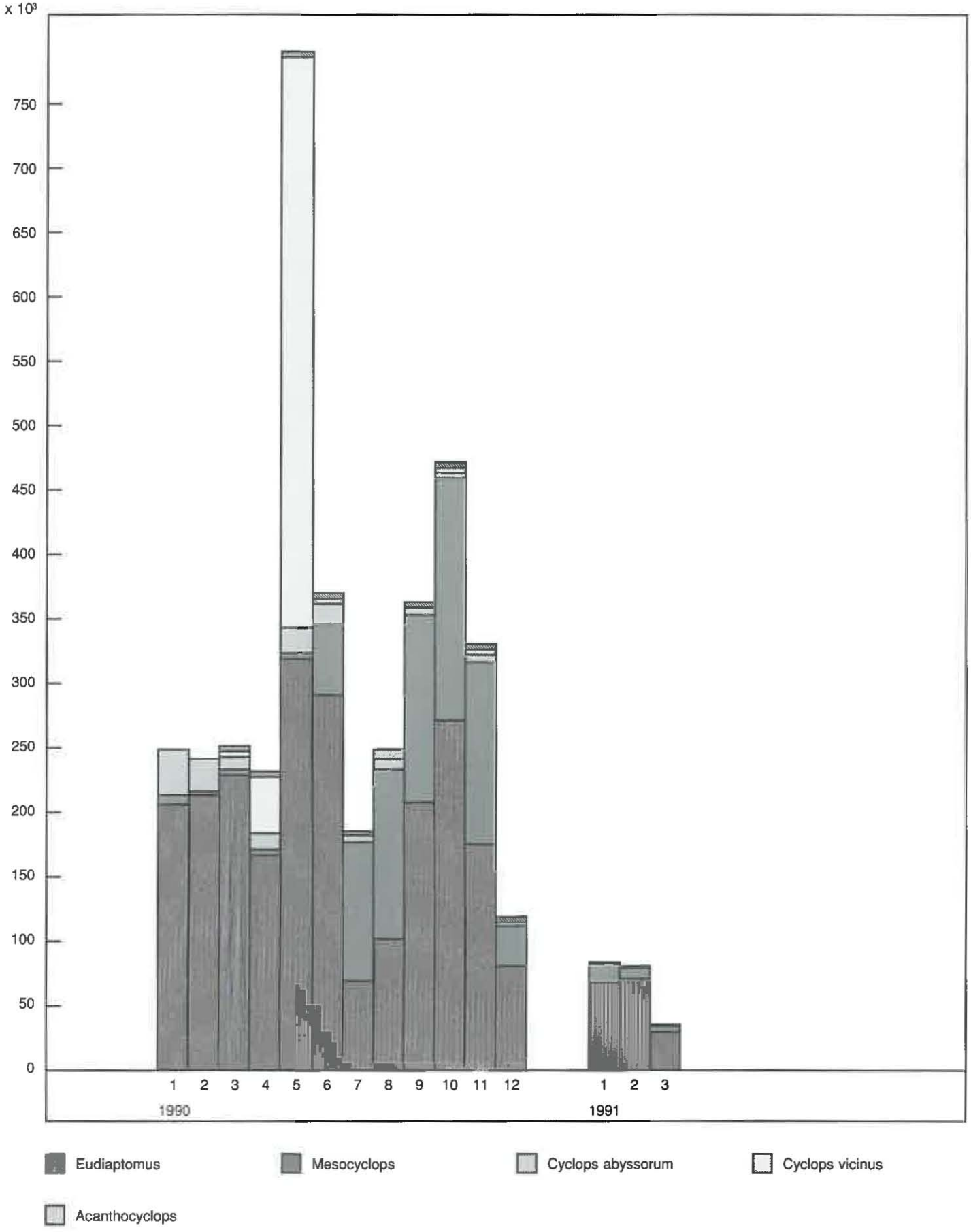
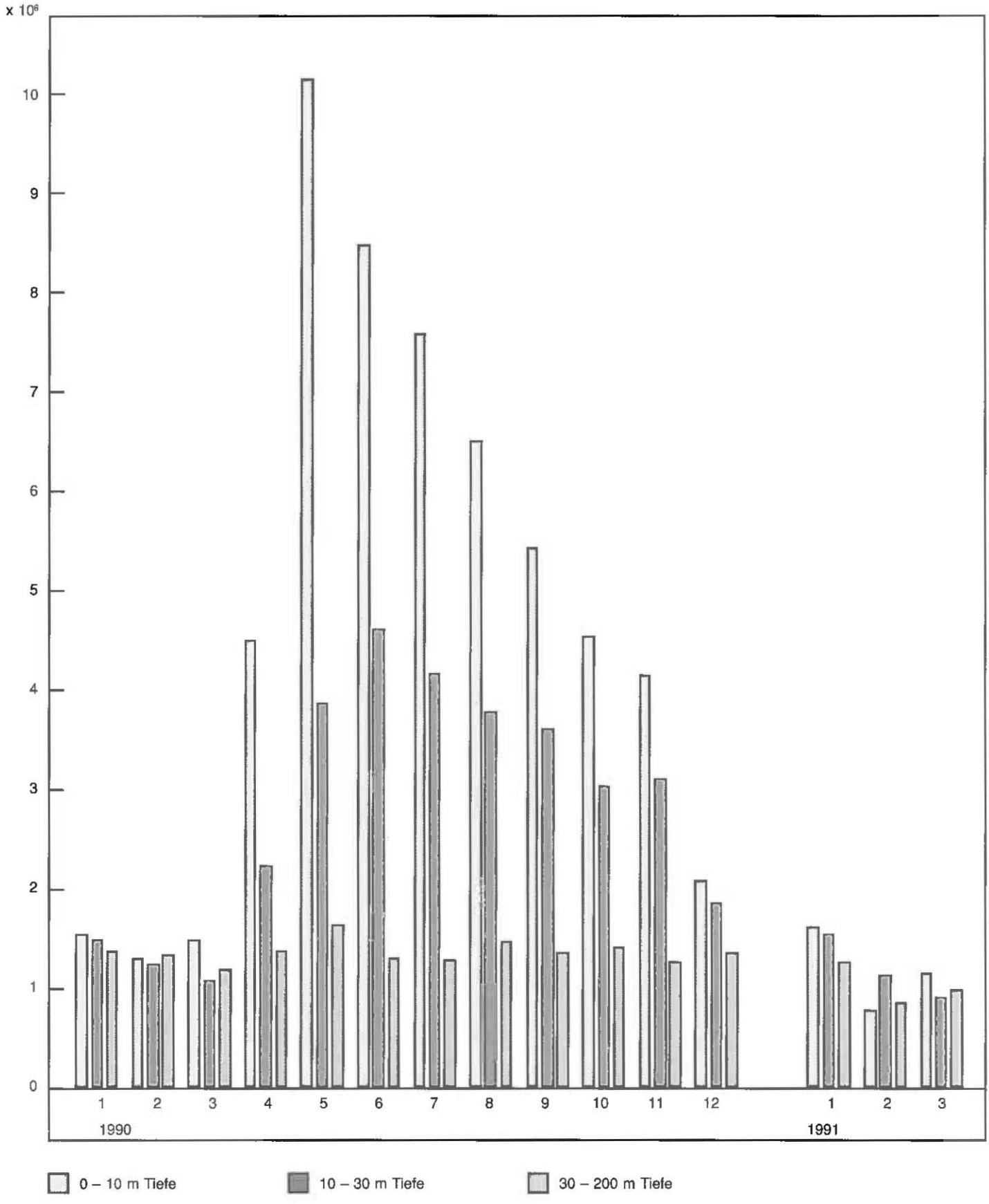


Abb. 32
Bodensee – Obersee, Langenargen – Arbon:
Entwicklung des Bakterienplanktons, Gesamtkeimzahlen (Direktzählung Zellen/ml) in verschiedenen Tiefenstufen · Monatsmittel 1990/91



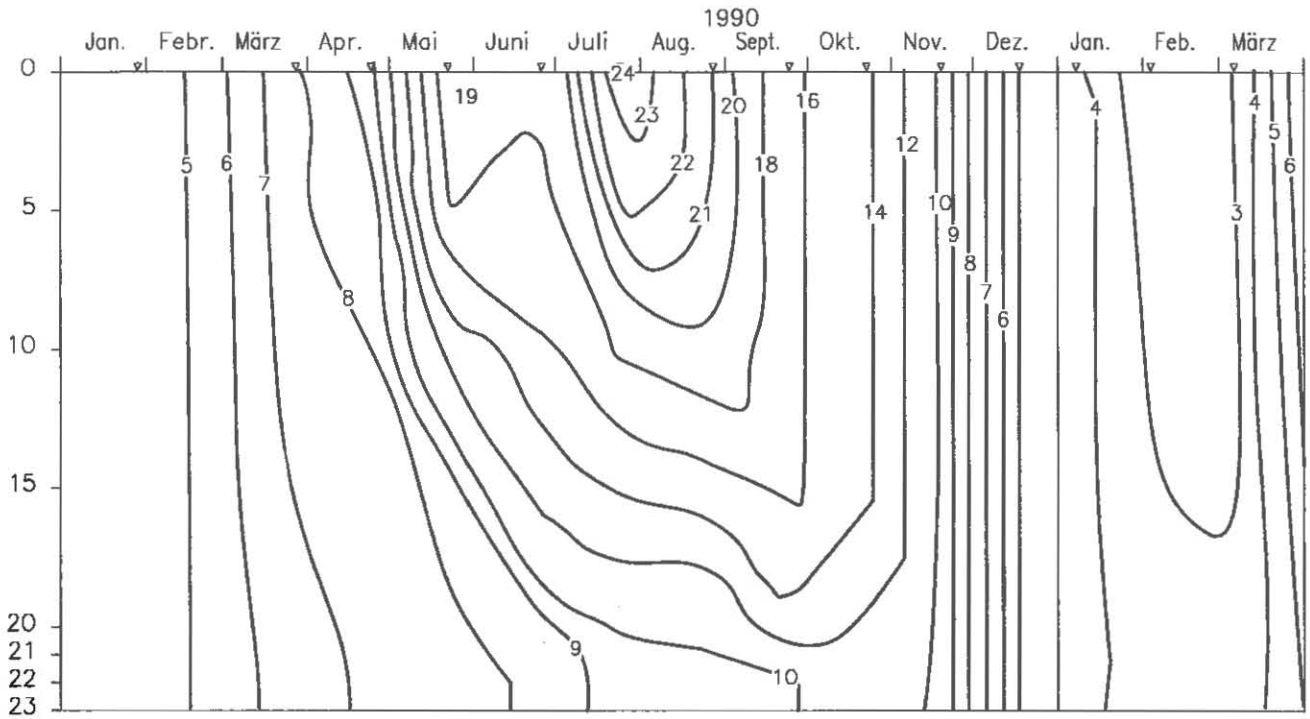


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Temperatur °C

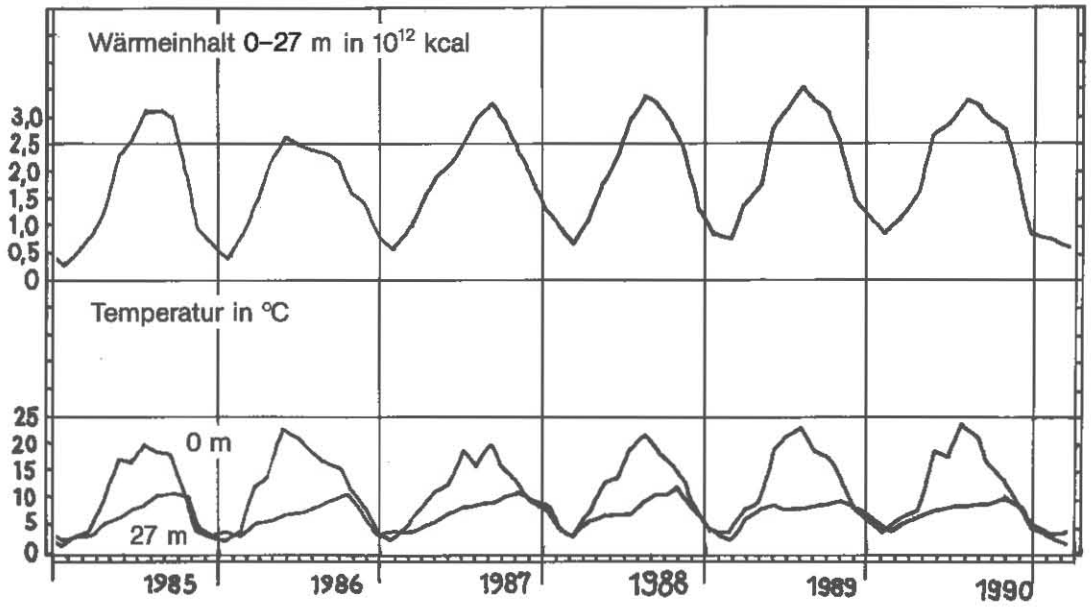


Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Thermik

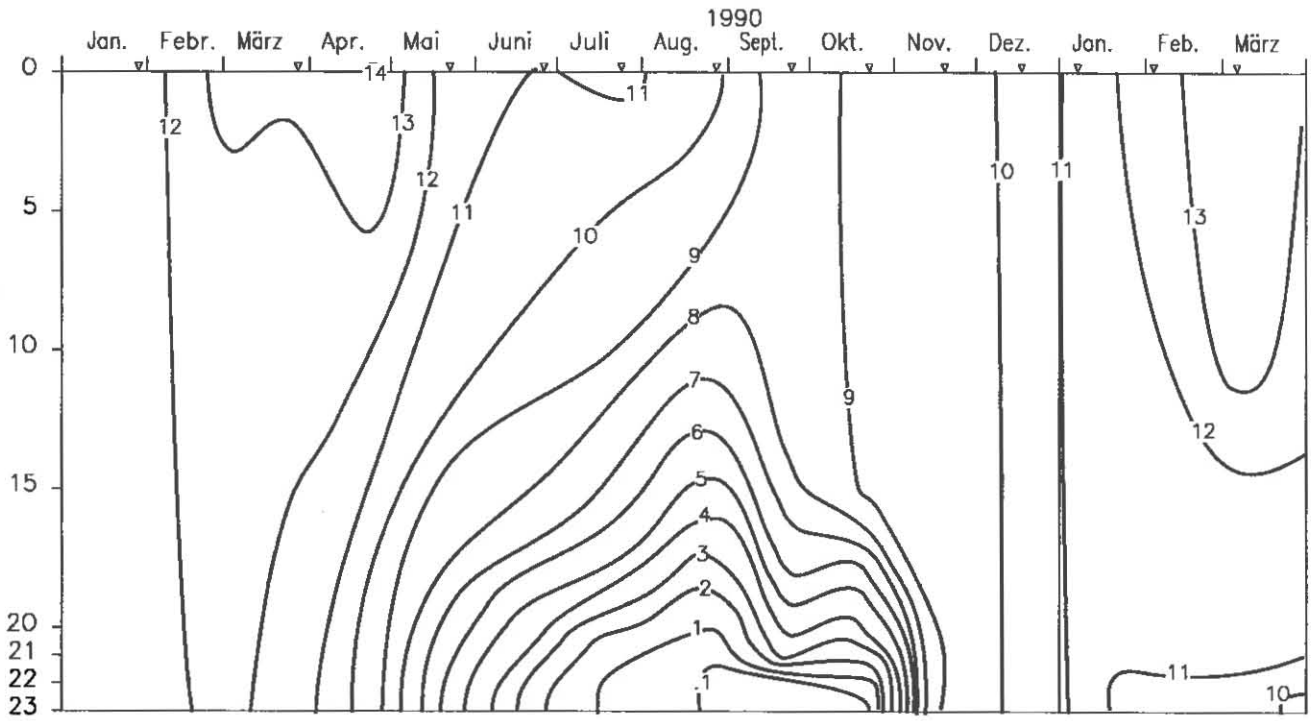


Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoff (mg/l)

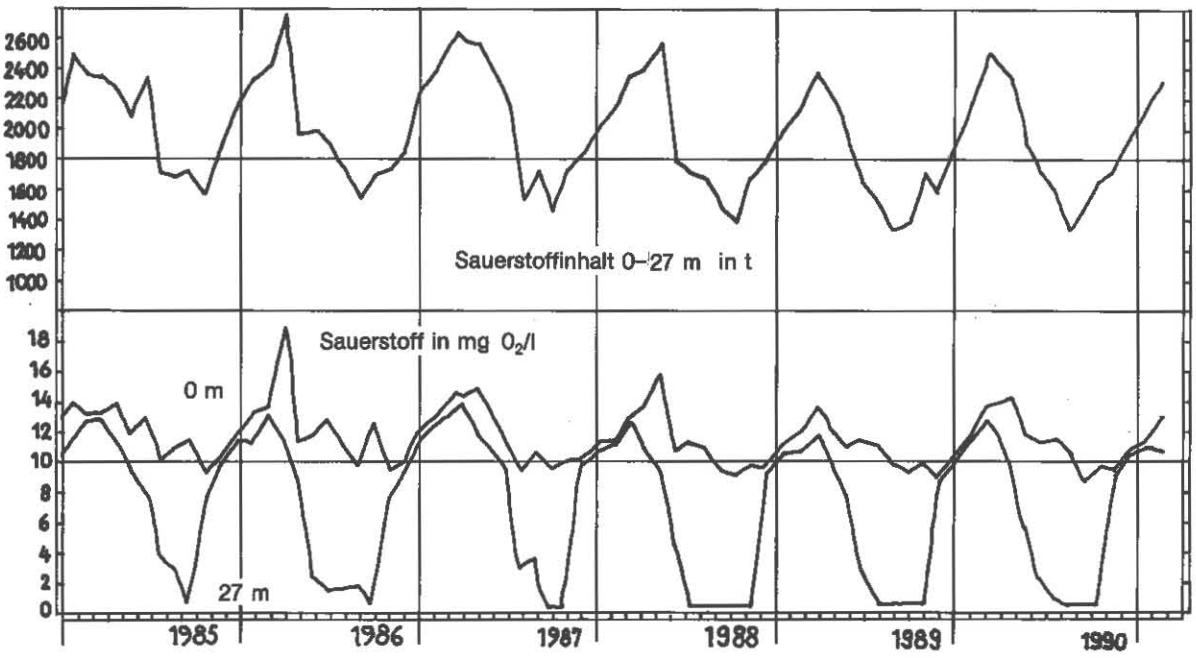


Abb. 36: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoffinhalt 0–27 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 27 m Tiefe

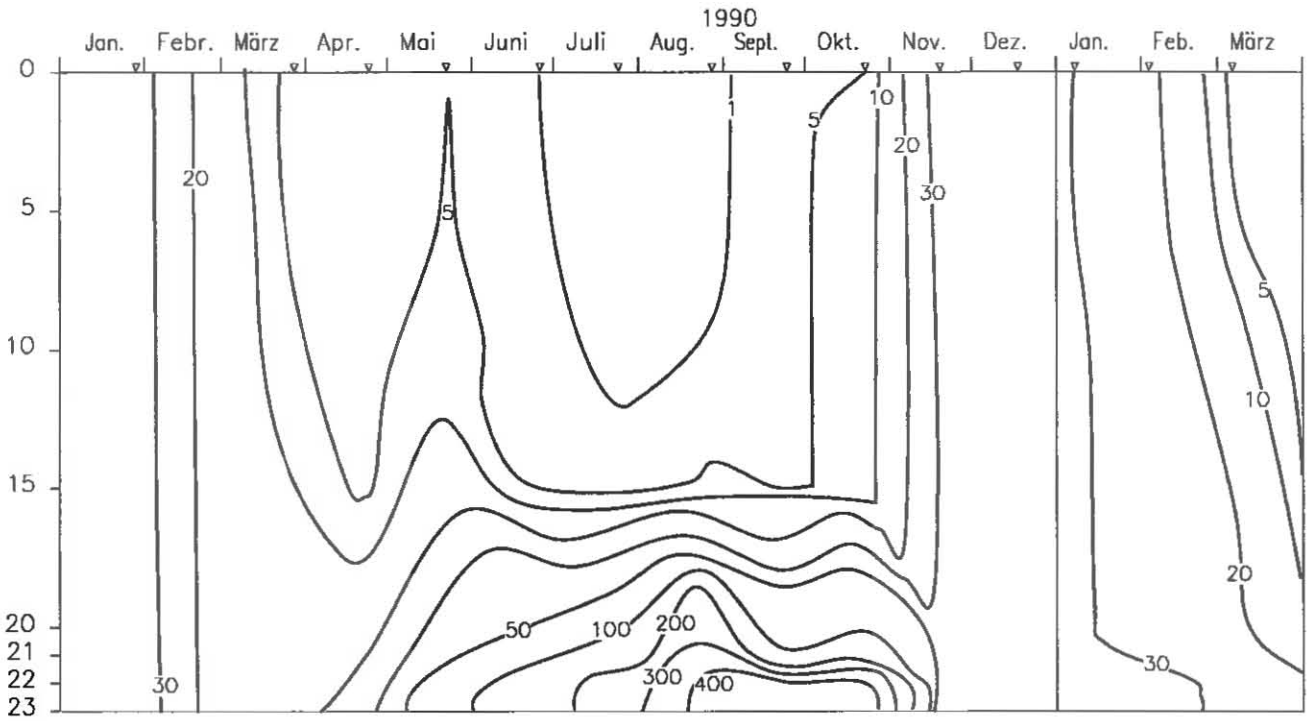


Abb. 37: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ortophosphat – Phosphor (mg/m^3)

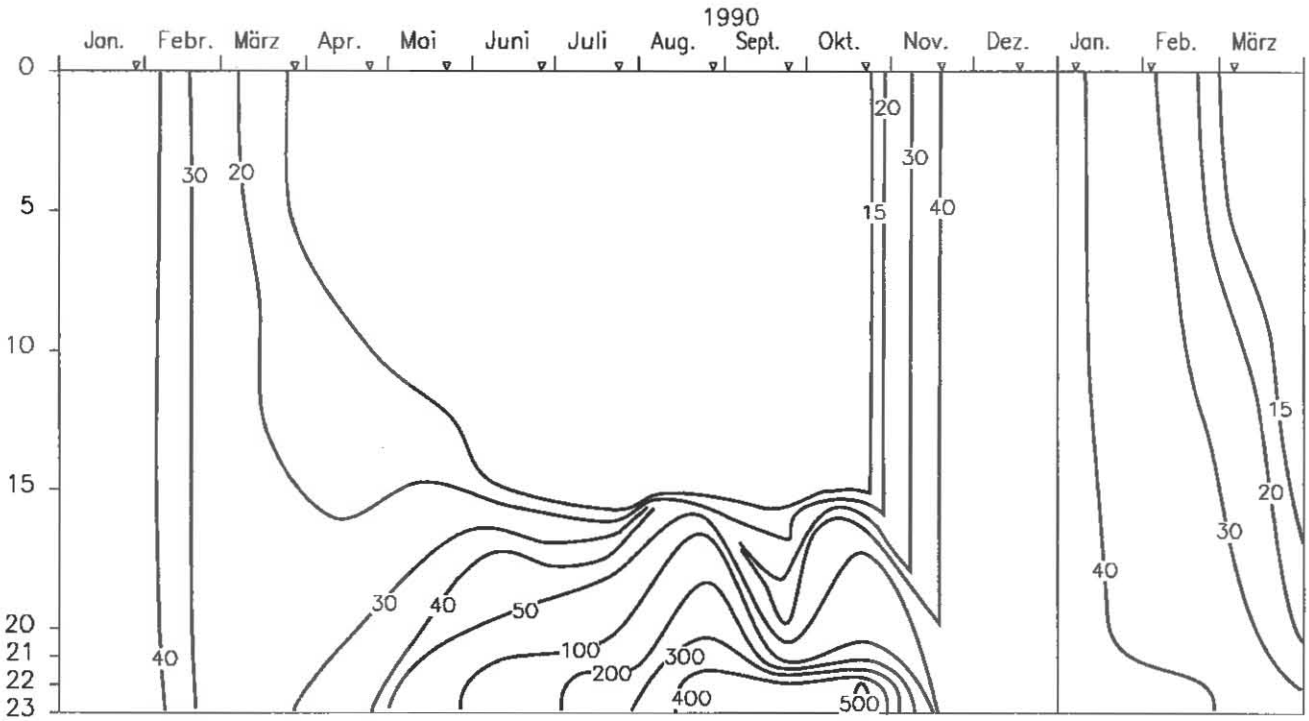


Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m^3)

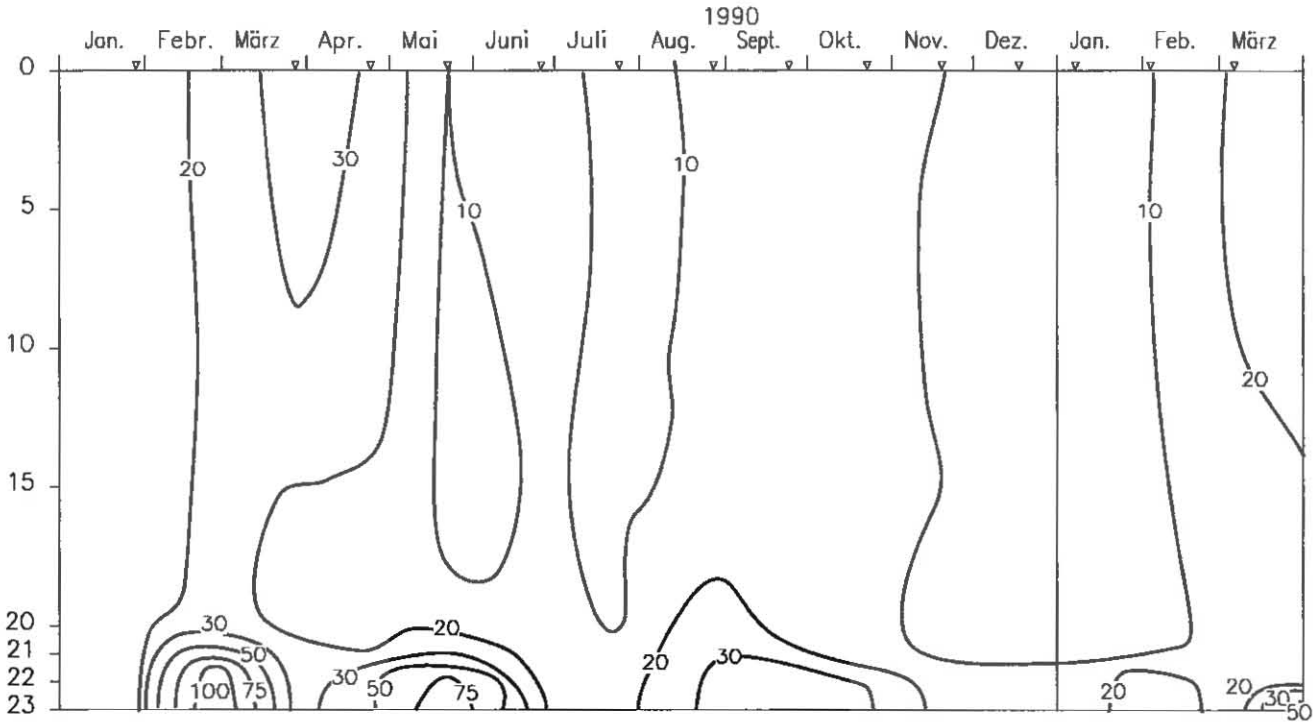


Abb. 39: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

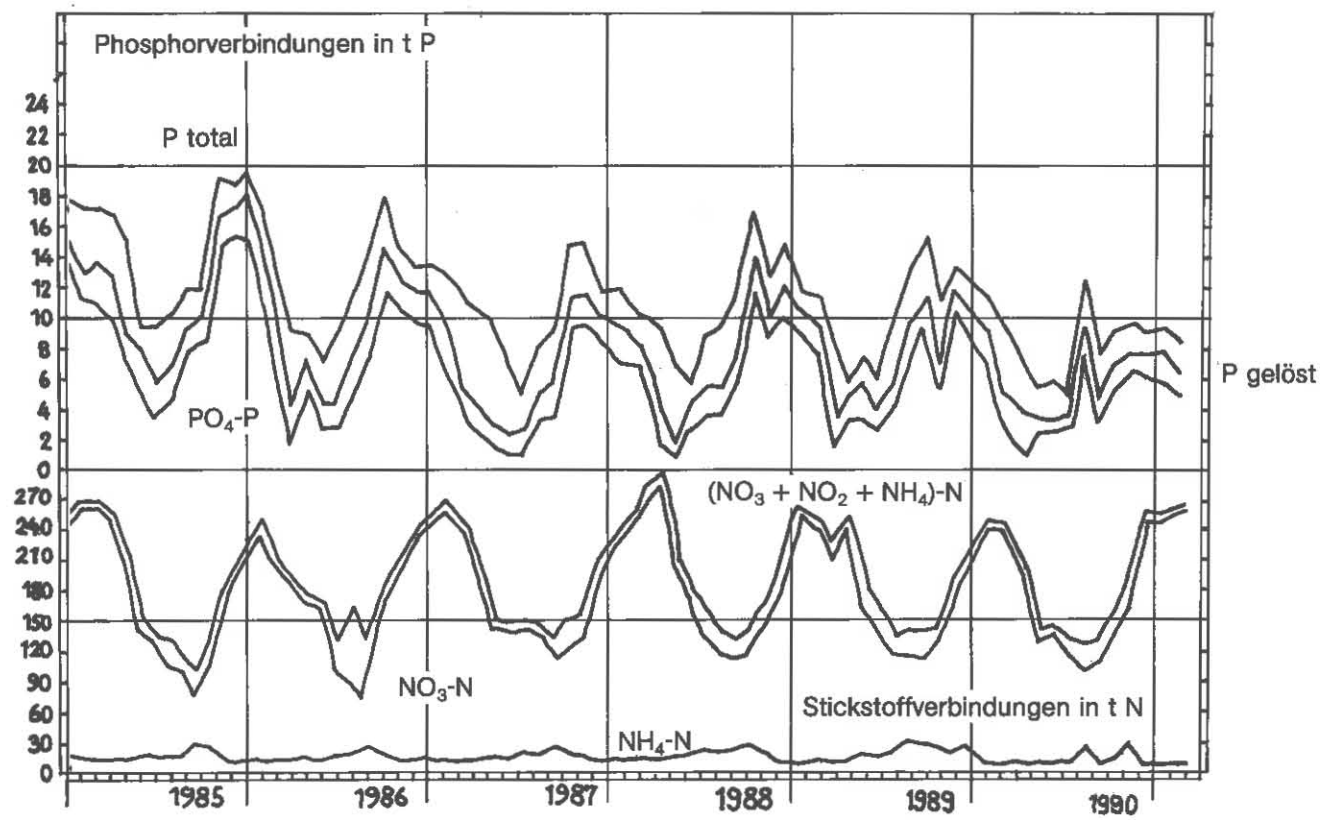


Abb. 40: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt 0–27 m Tiefe

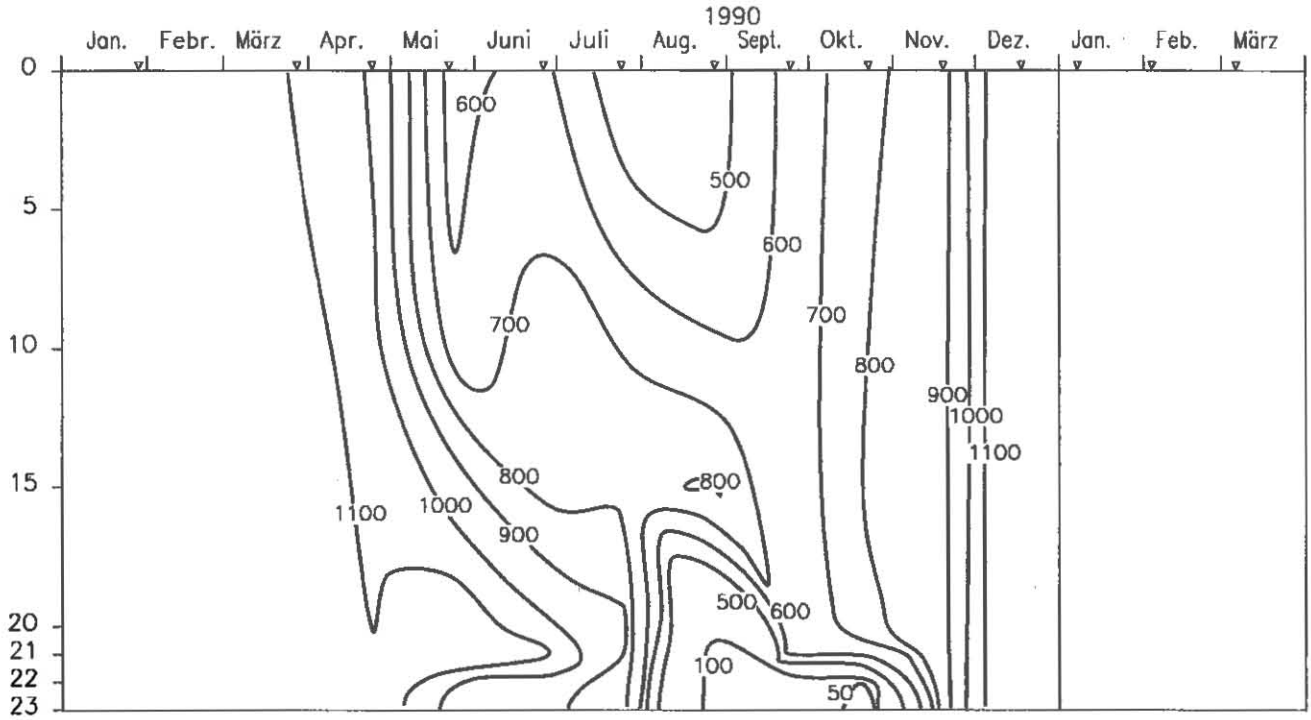


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

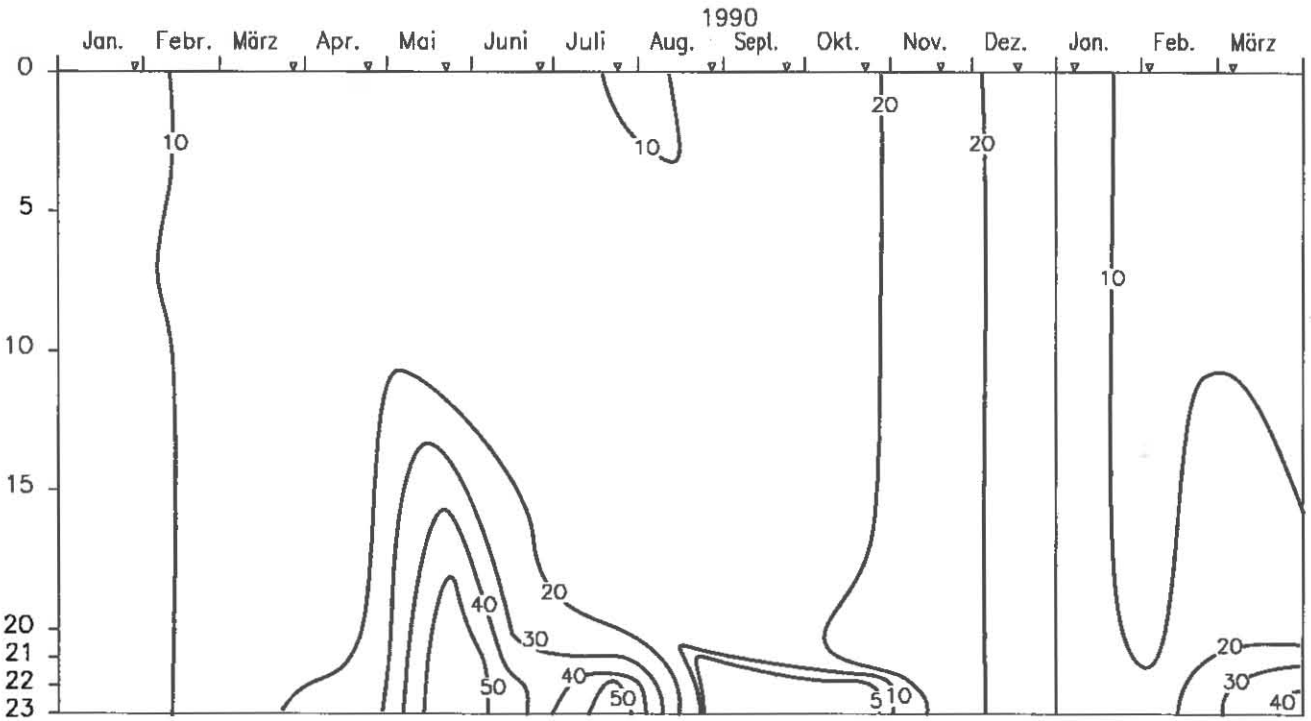


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

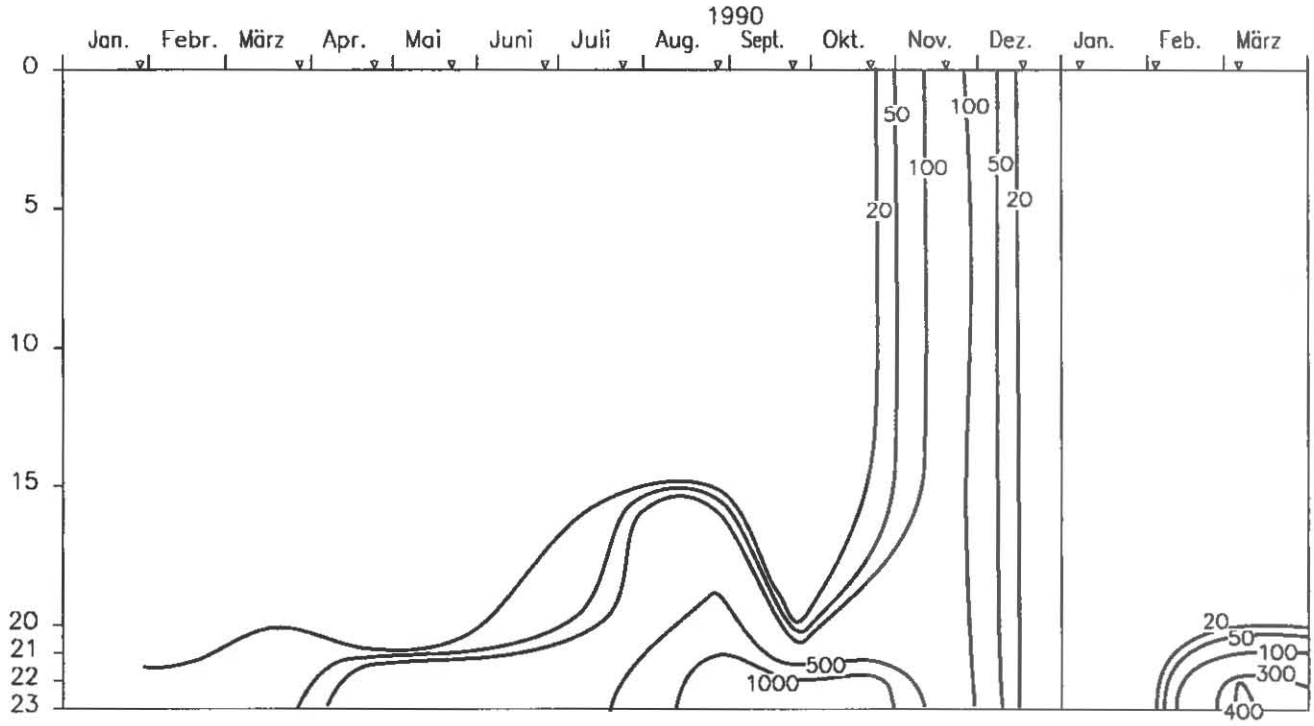


Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

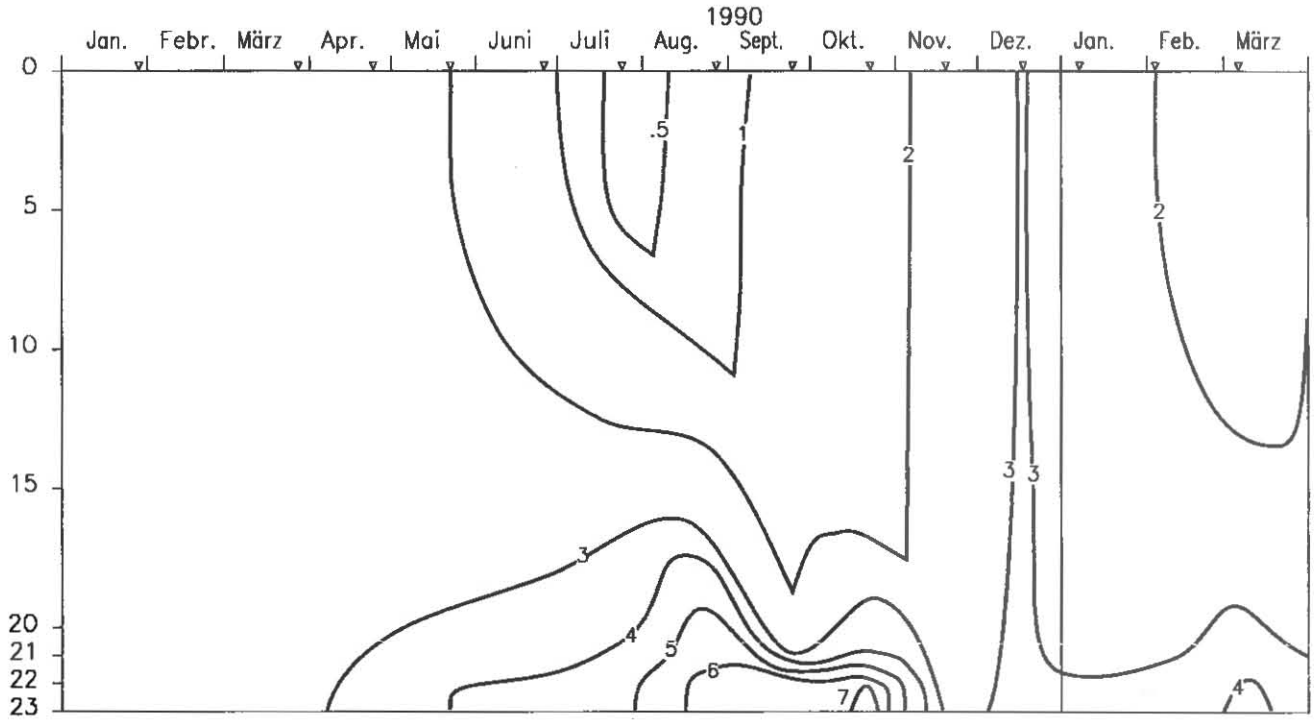


Abb. 44: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Silikat (mg/l)

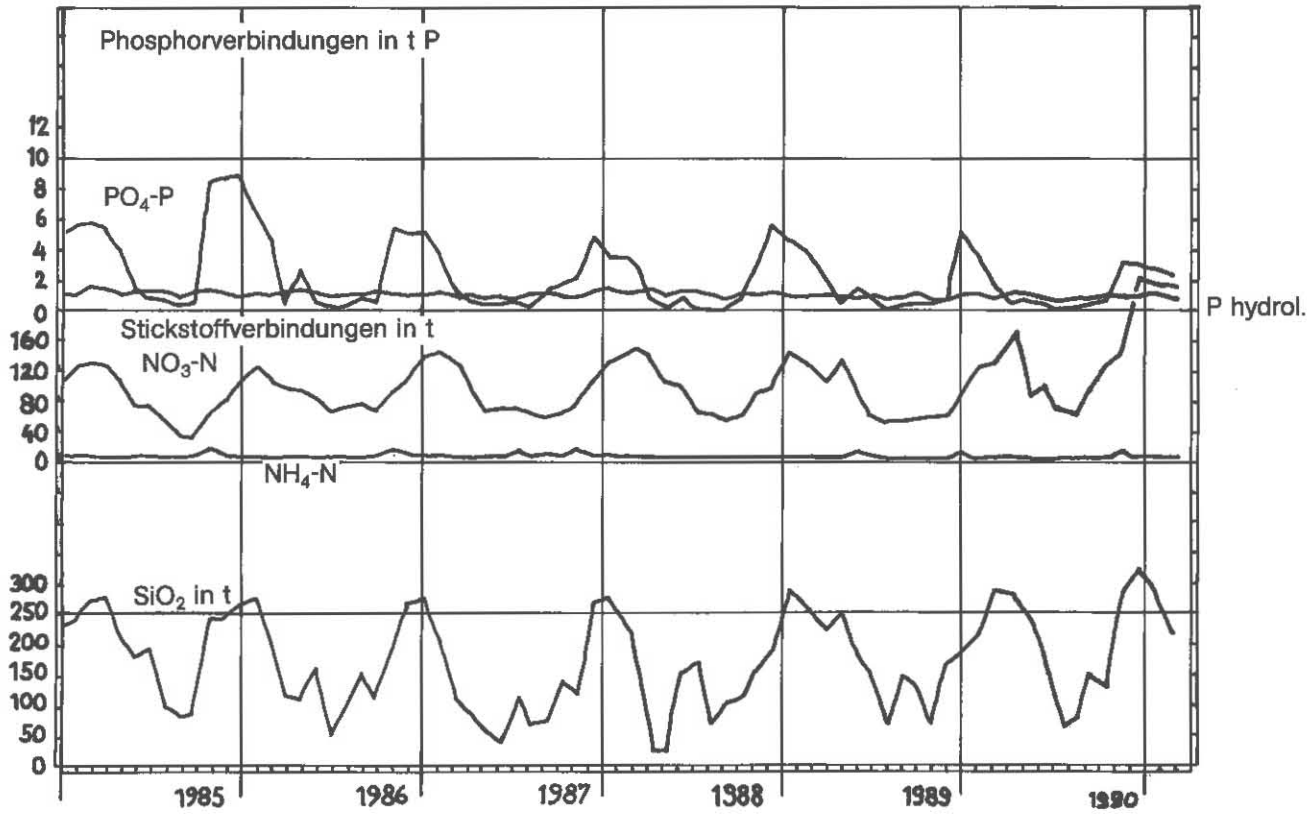


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

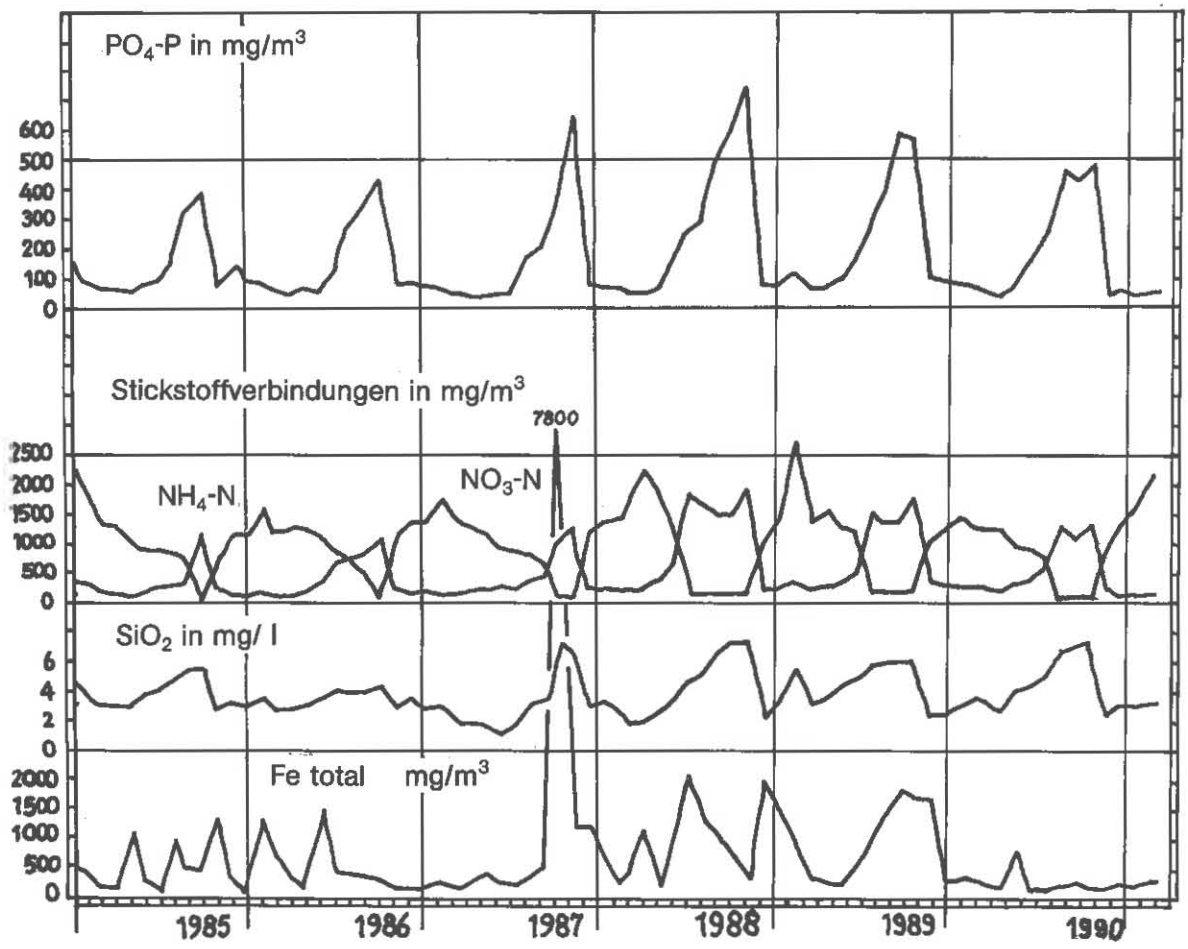


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

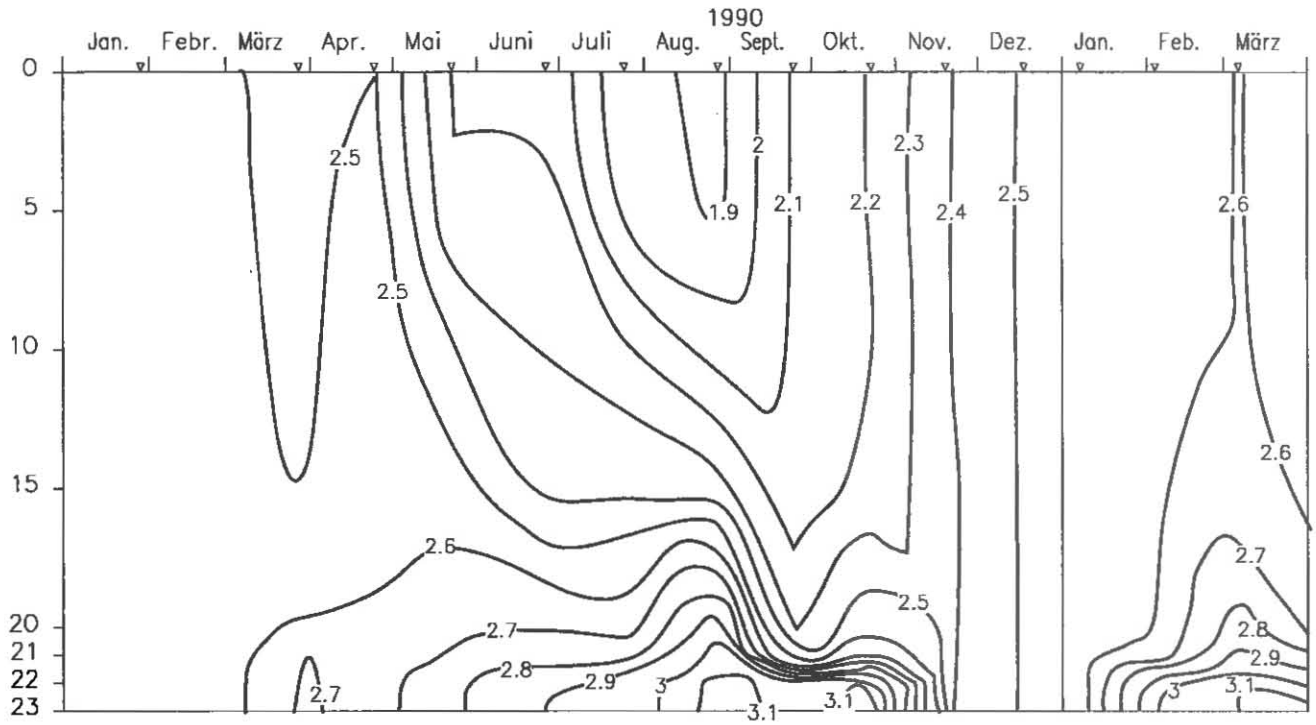


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

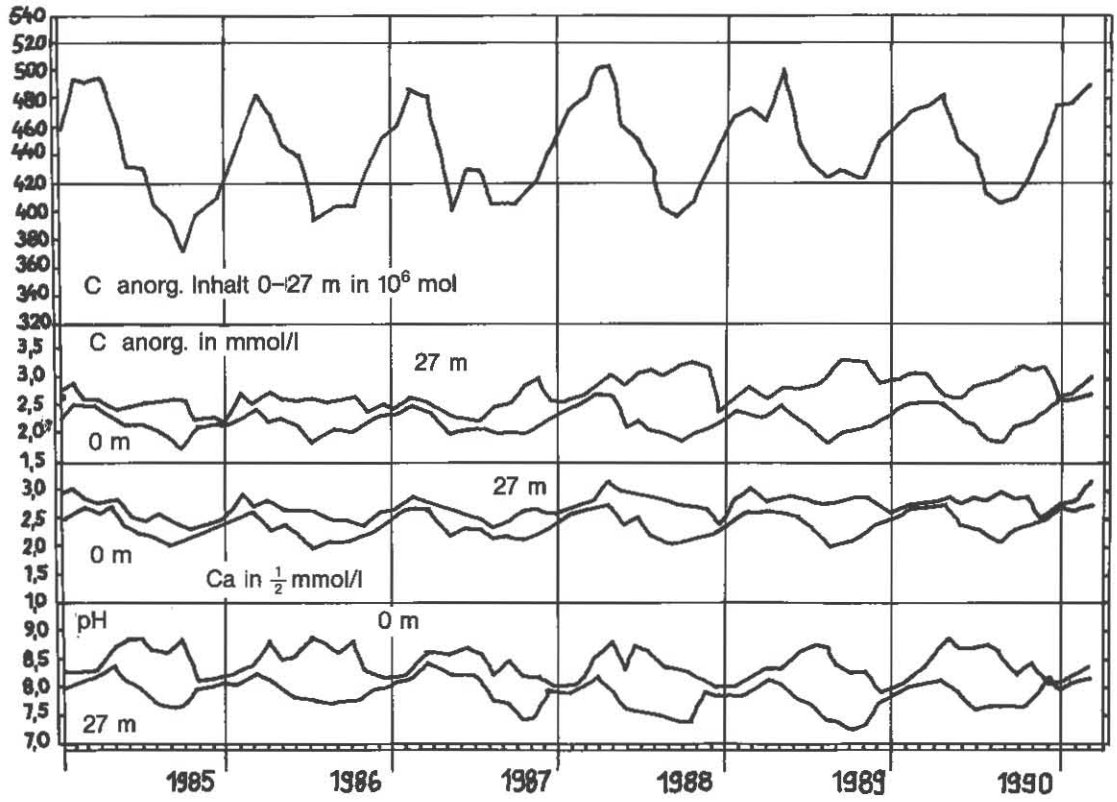


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–27 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium,
pH-Wert

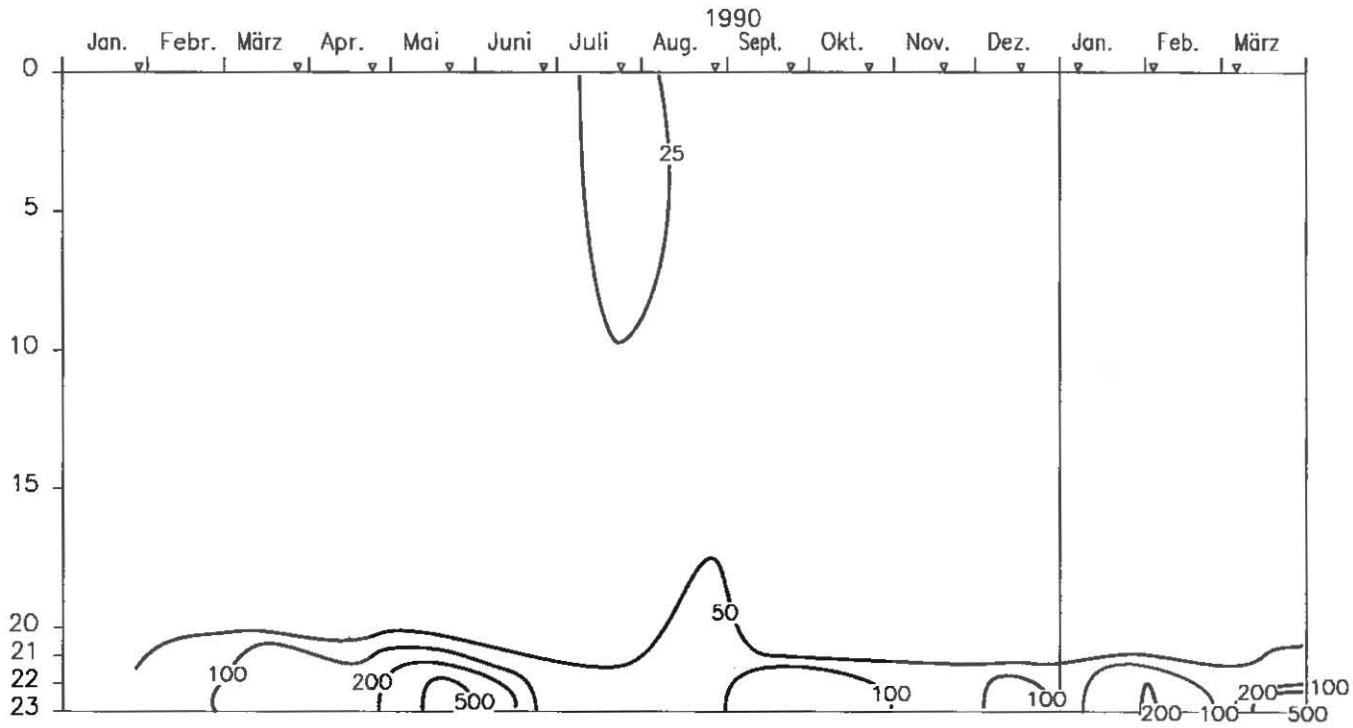


Abb. 49: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

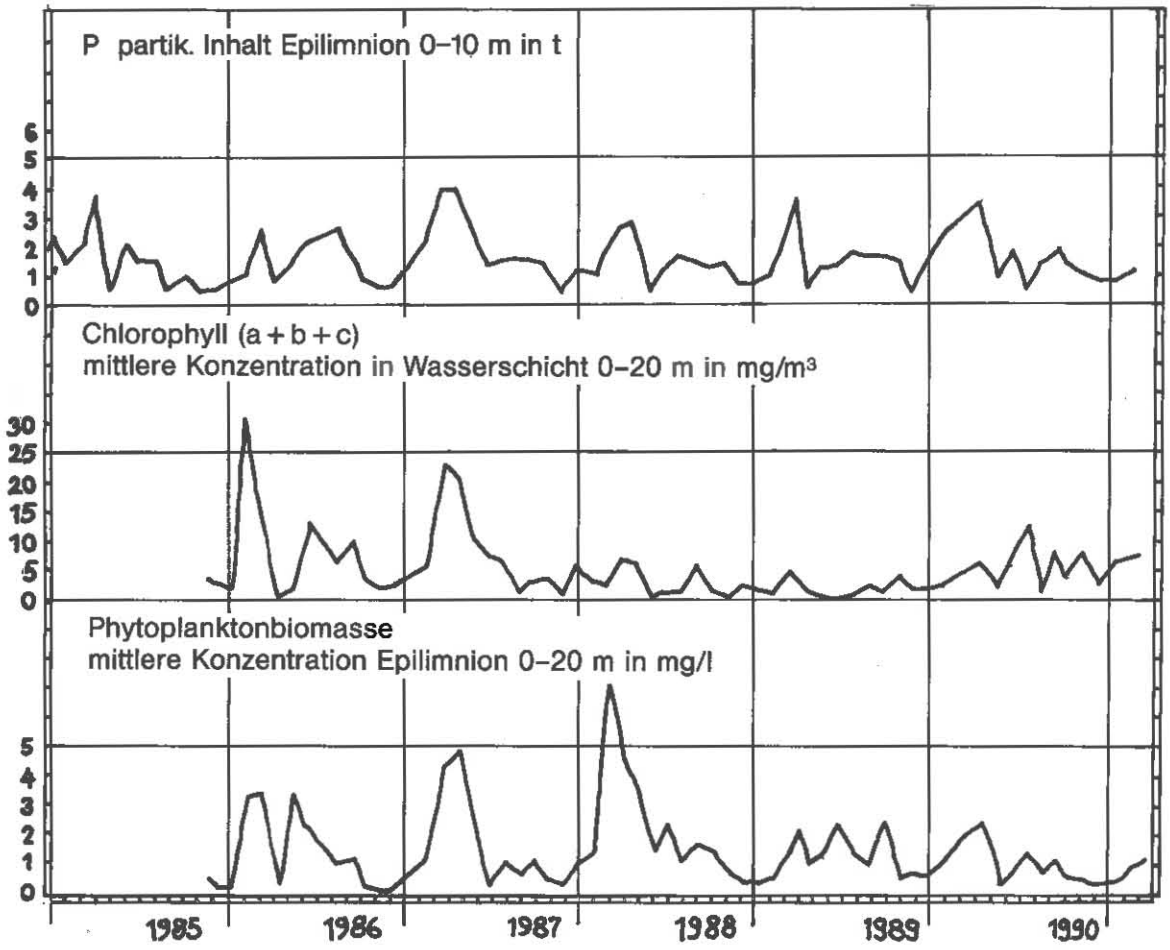


Abb. 50: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Chemische Biomassenindikatoren und Algenbiomasse

Abb. 51
Bodensee – Untersee, Zellersee:
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1990/91

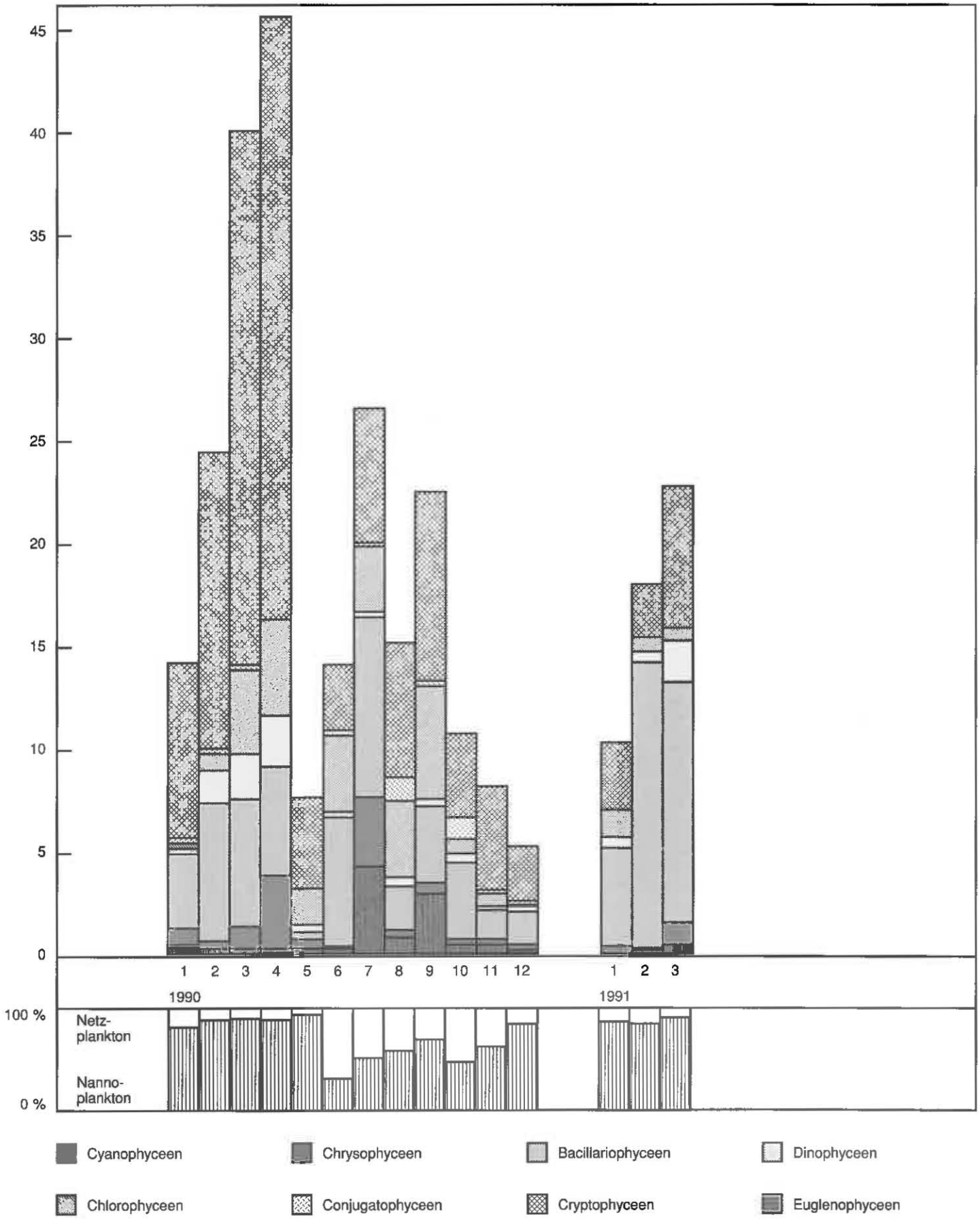
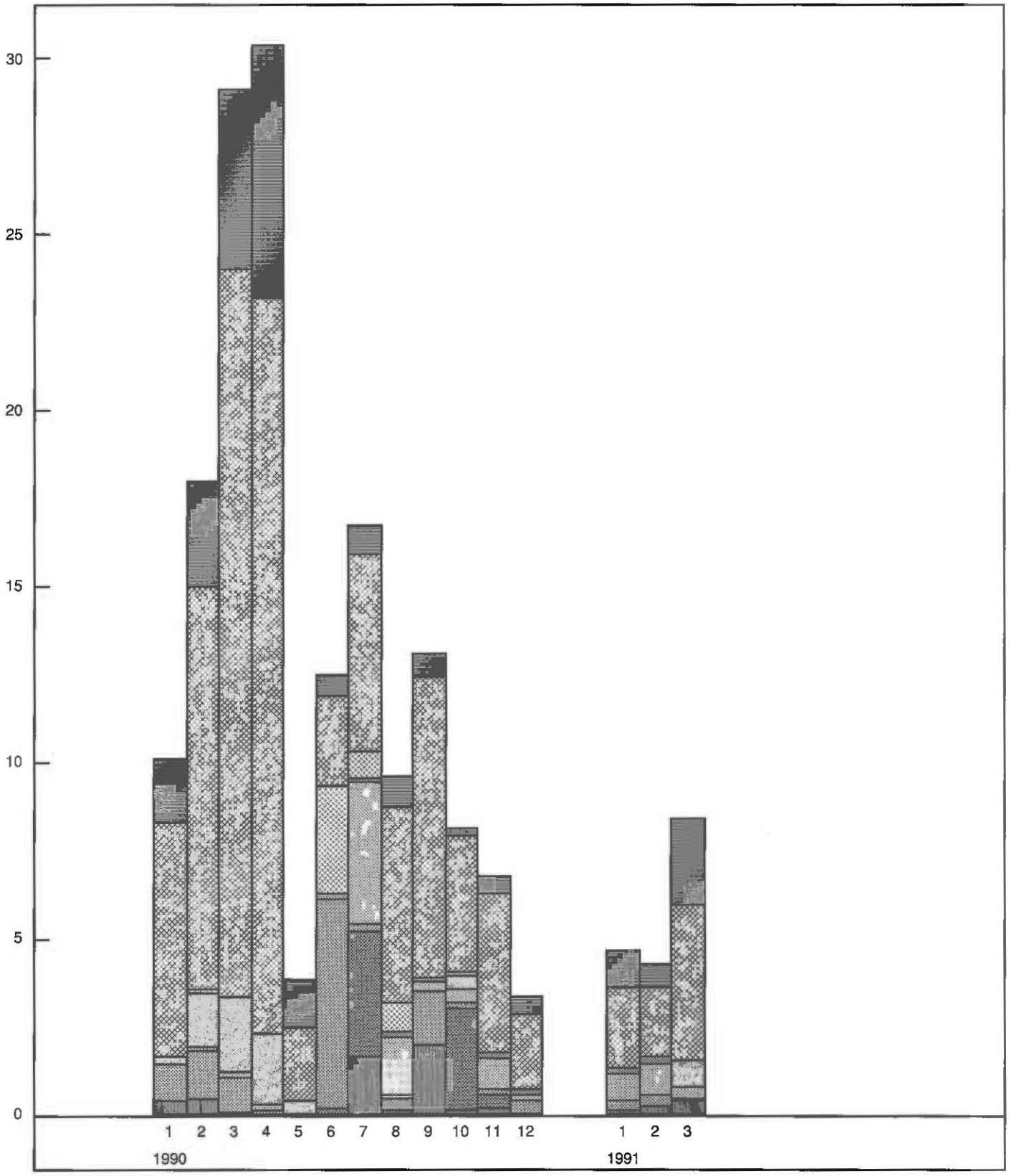


Abb. 52
Bodensee – Untersee, Zellersee:
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1990/91



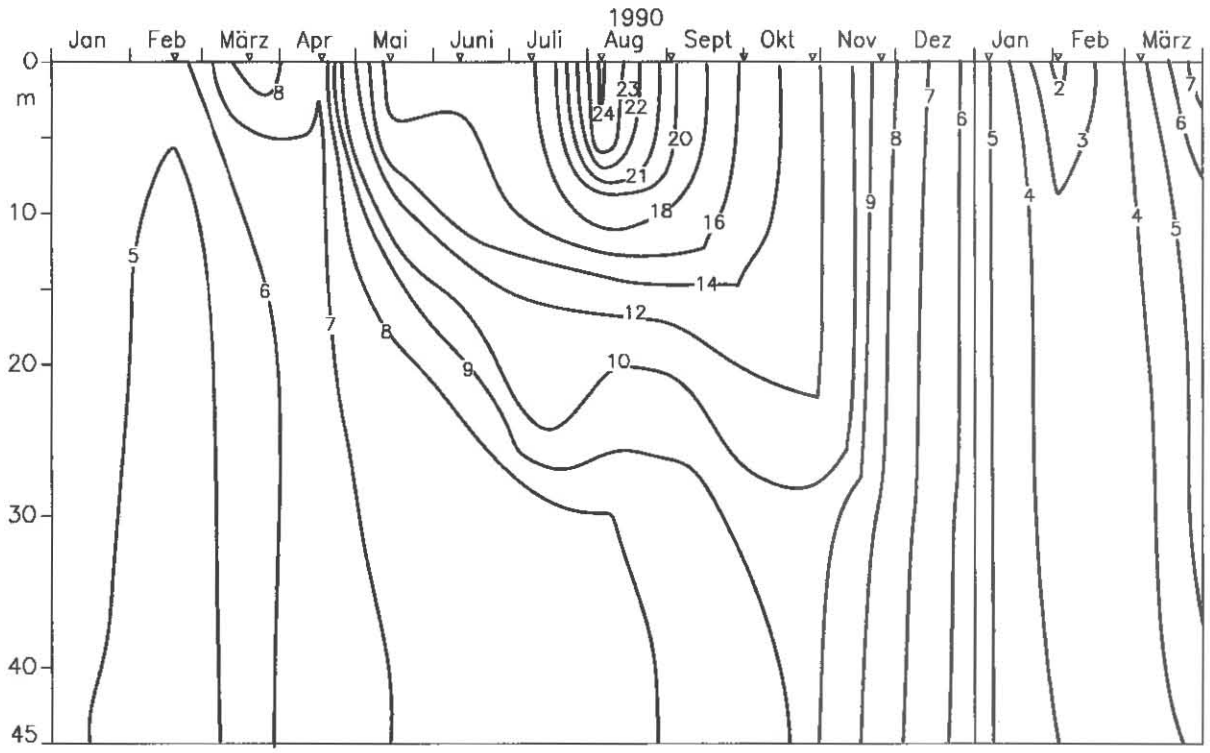


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Temperatur °C

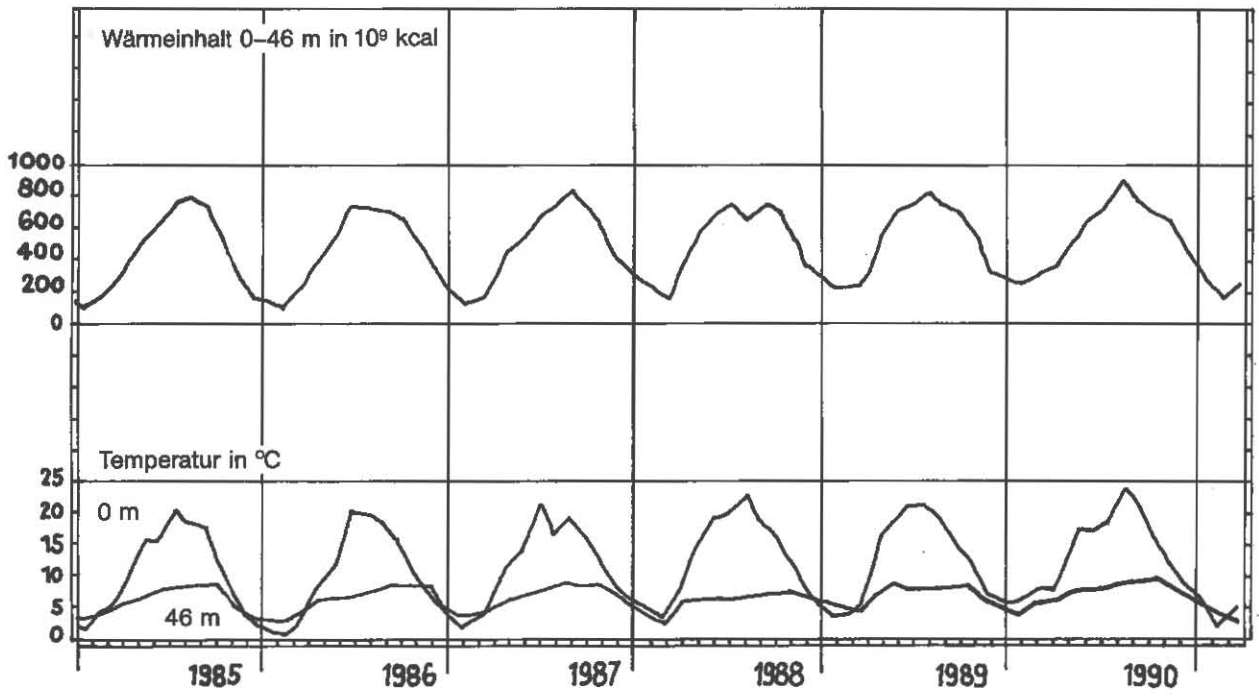


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Thermik

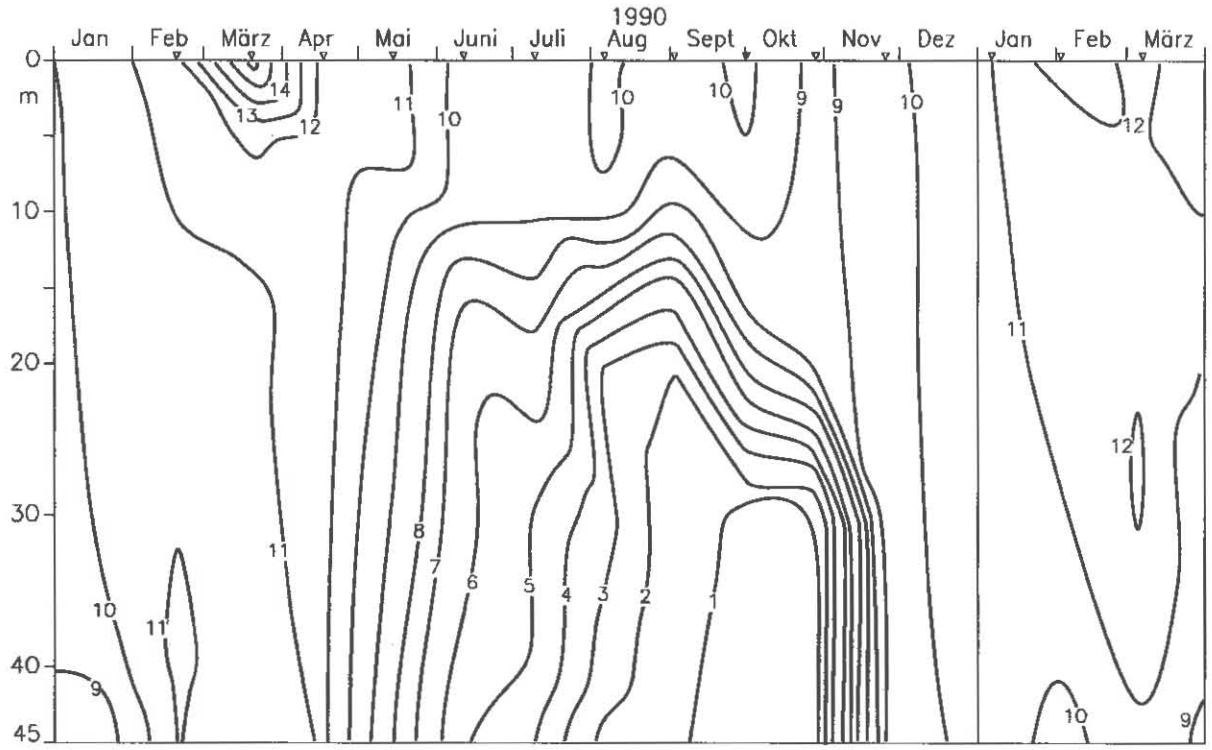


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoff (mg/l)

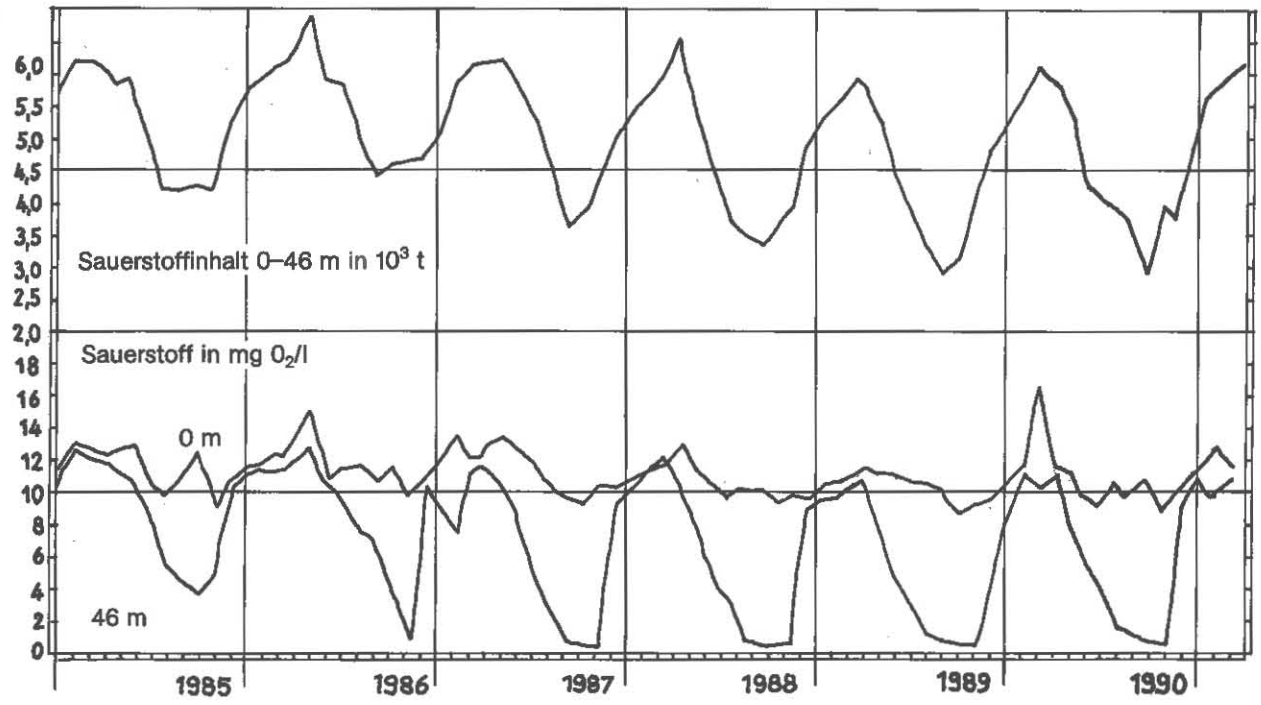


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoffinhalt 0–46 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe

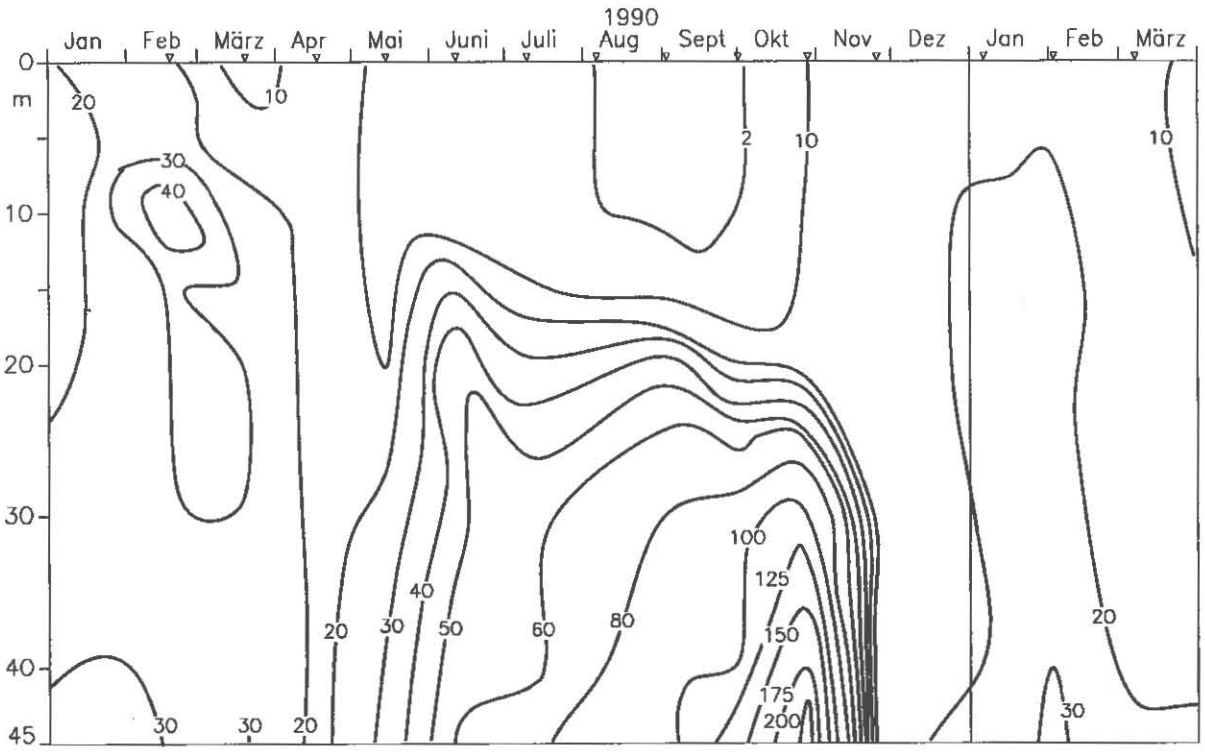


Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

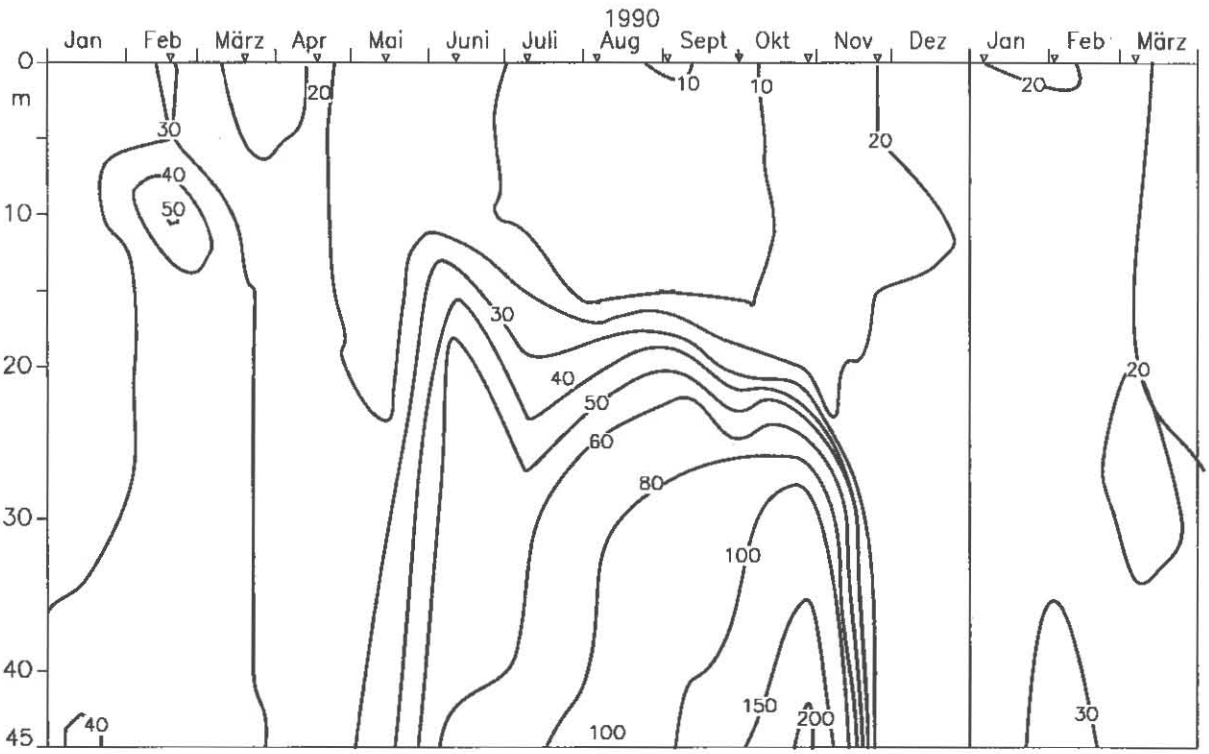


Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m^3)

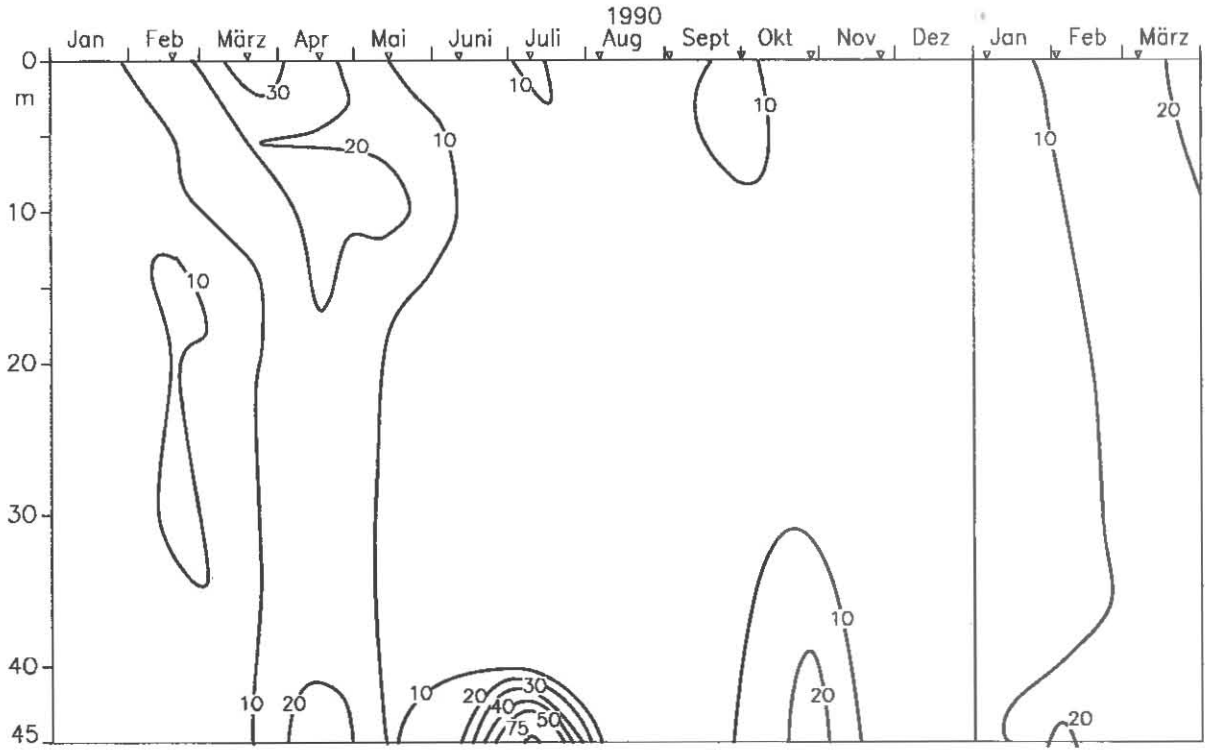


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

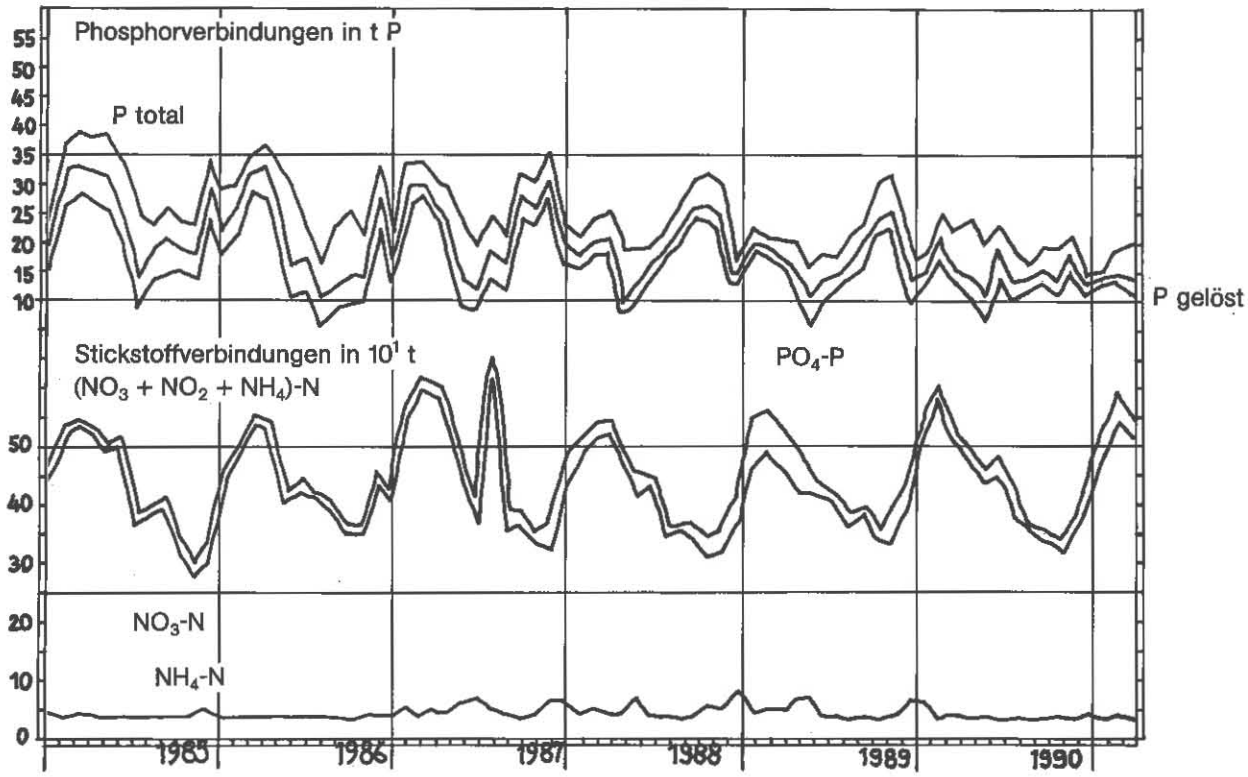


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe

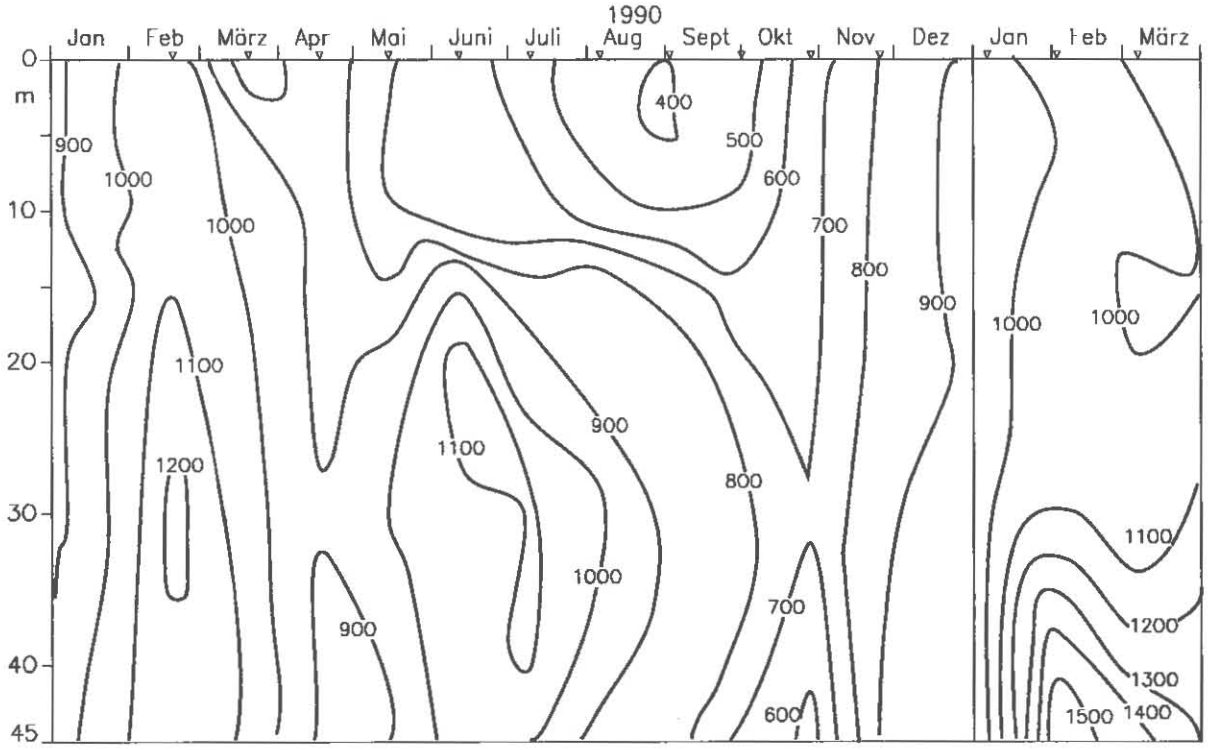


Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

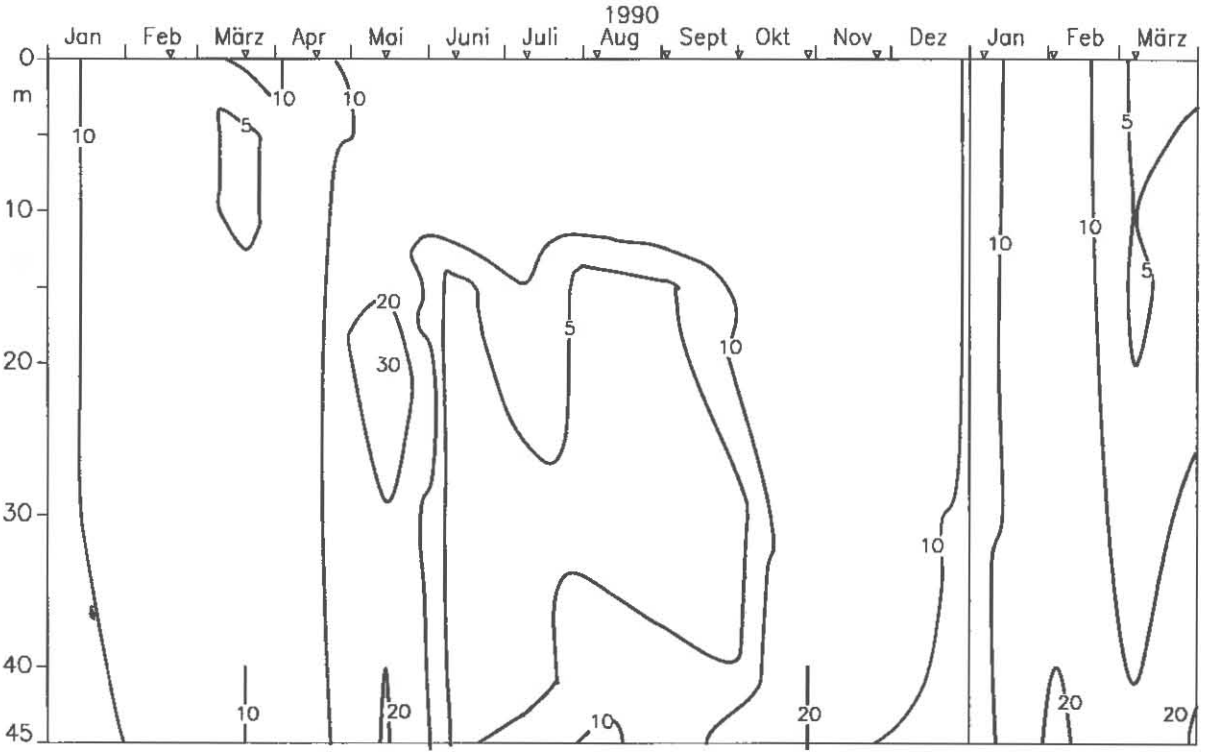


Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

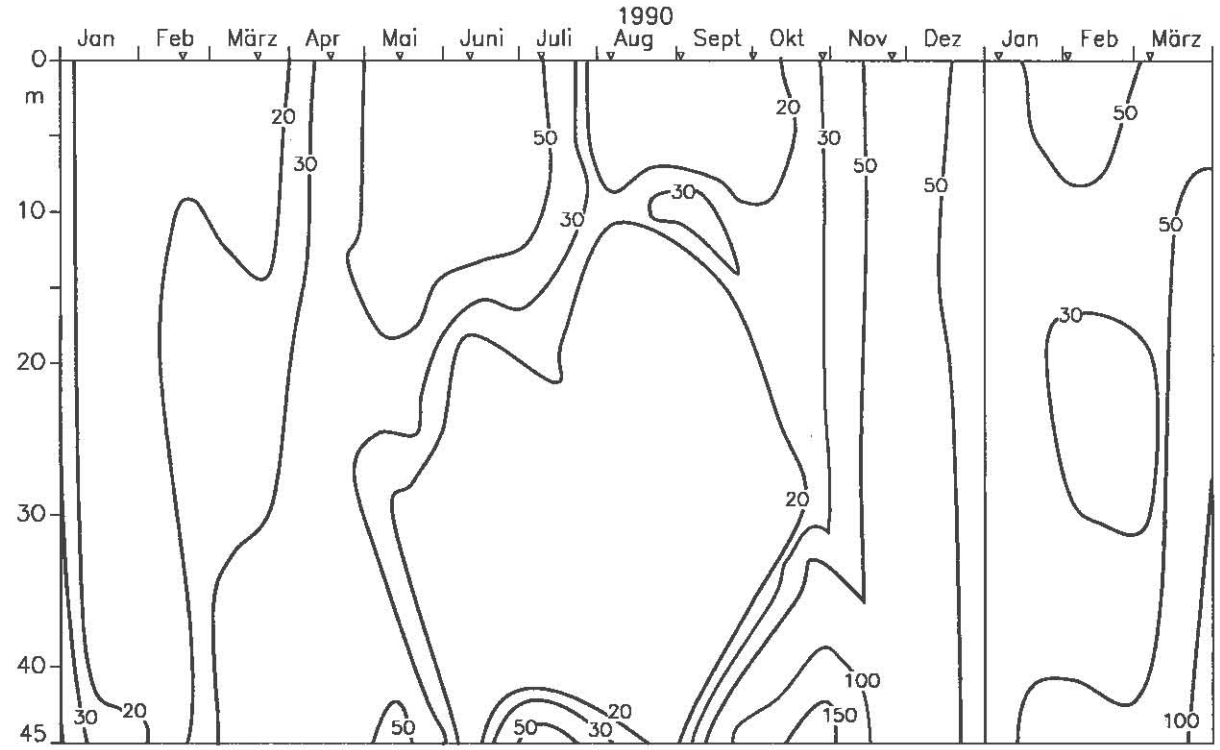


Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

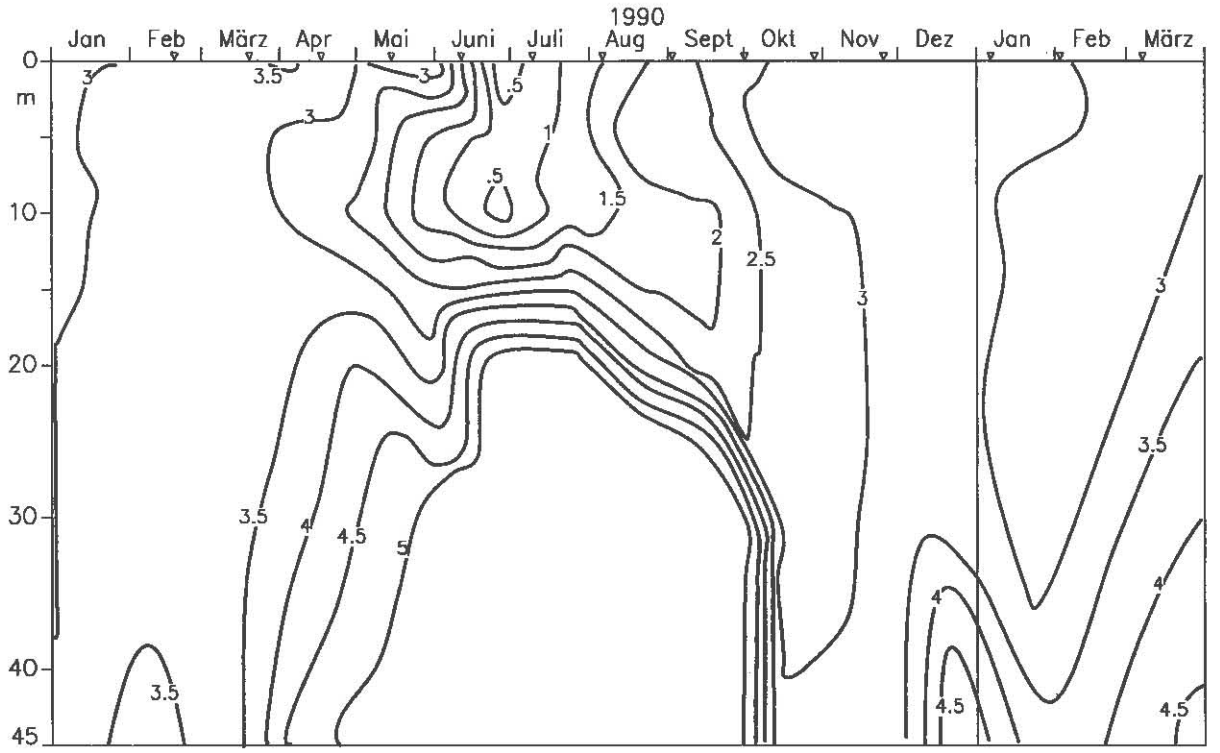


Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Silikat (mg/l)

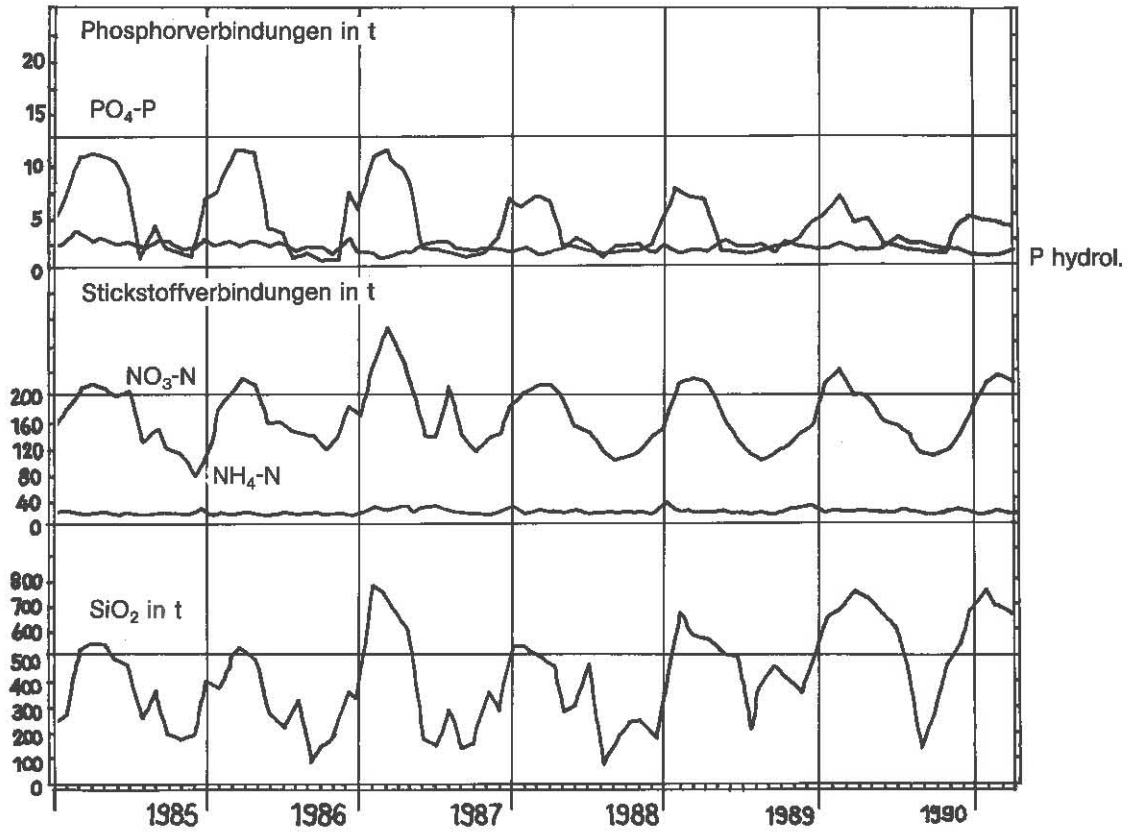


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

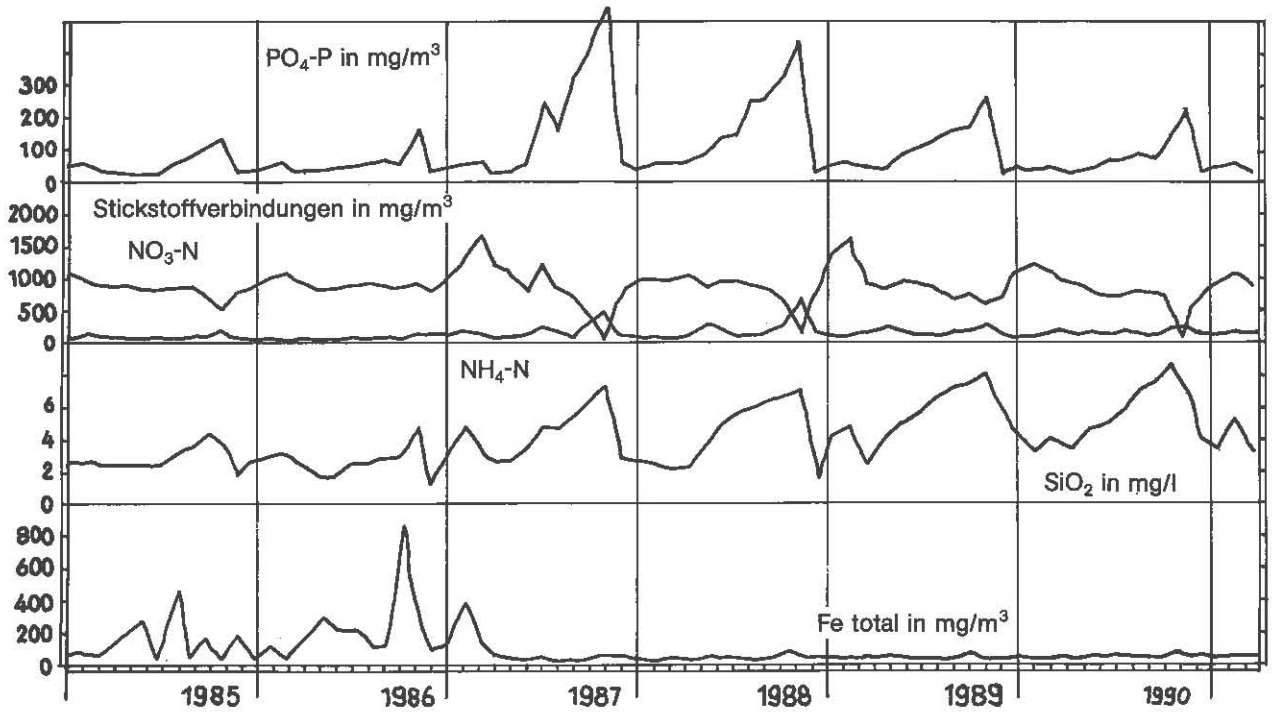


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

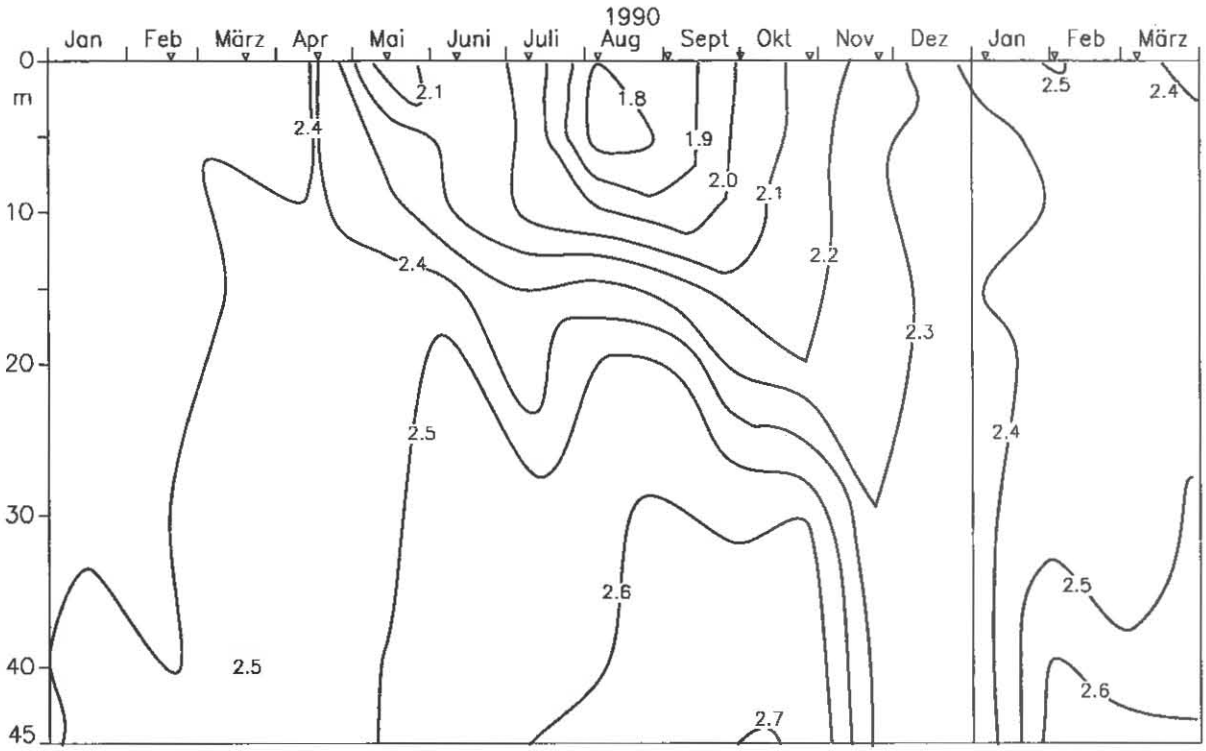


Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

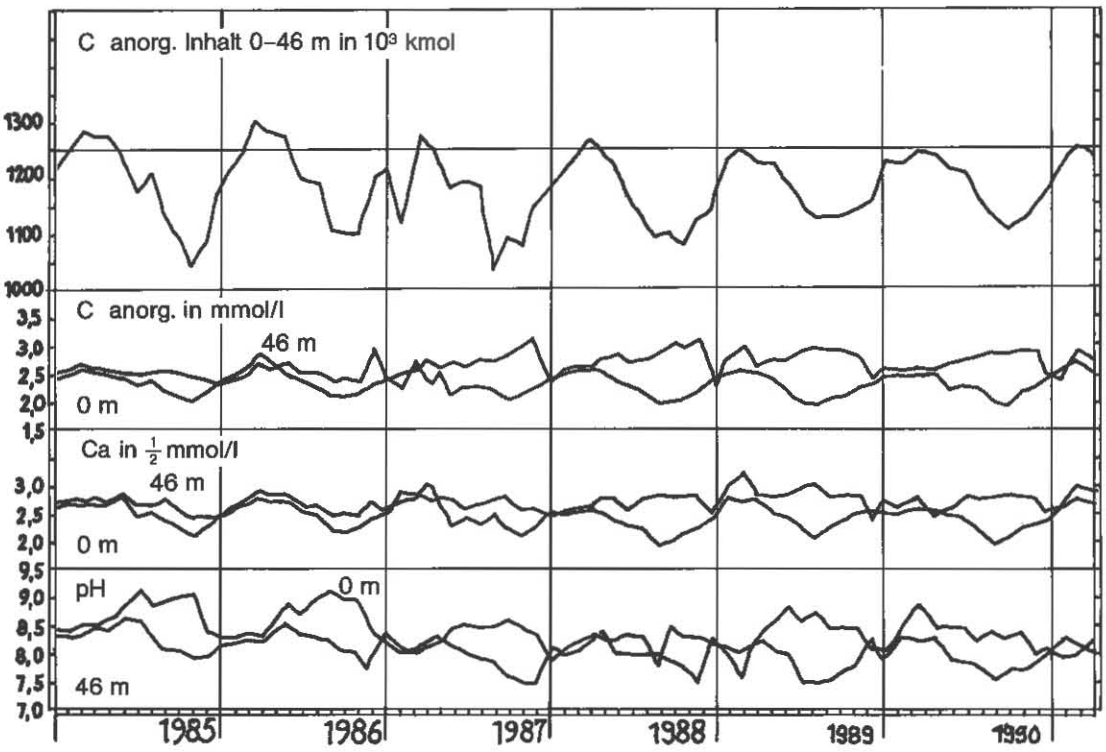


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe; Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

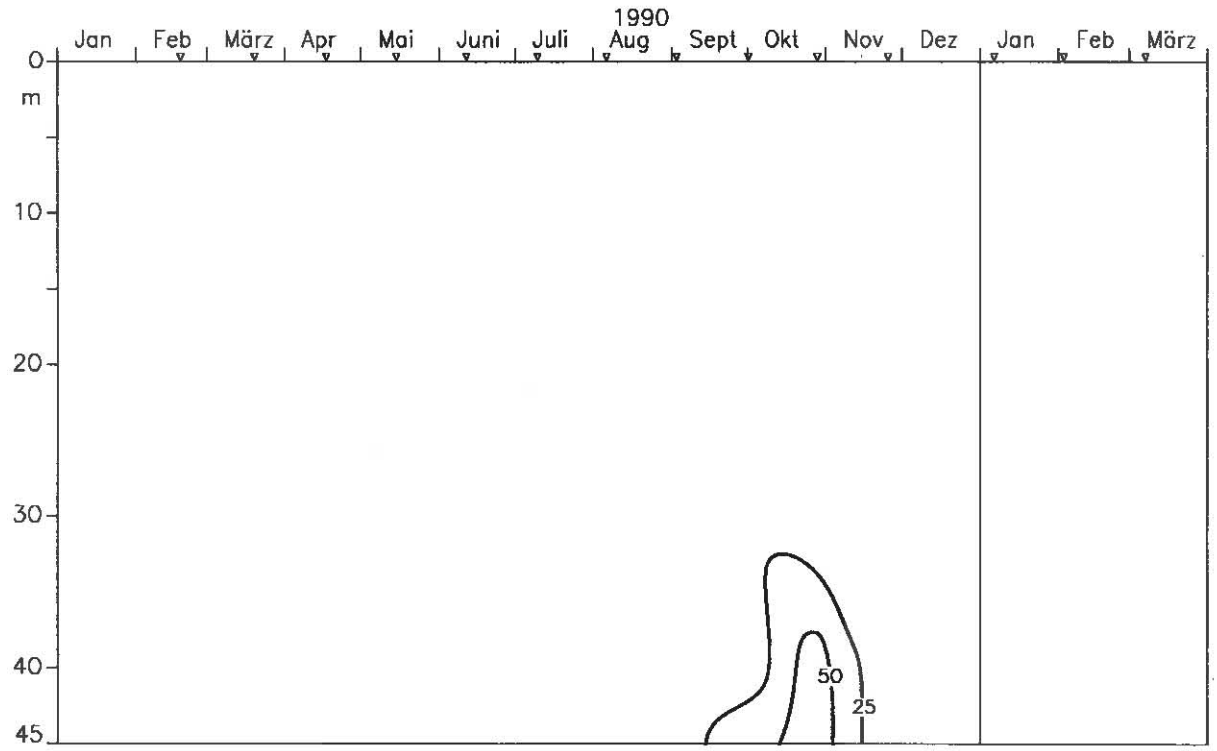


Abb. 69: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

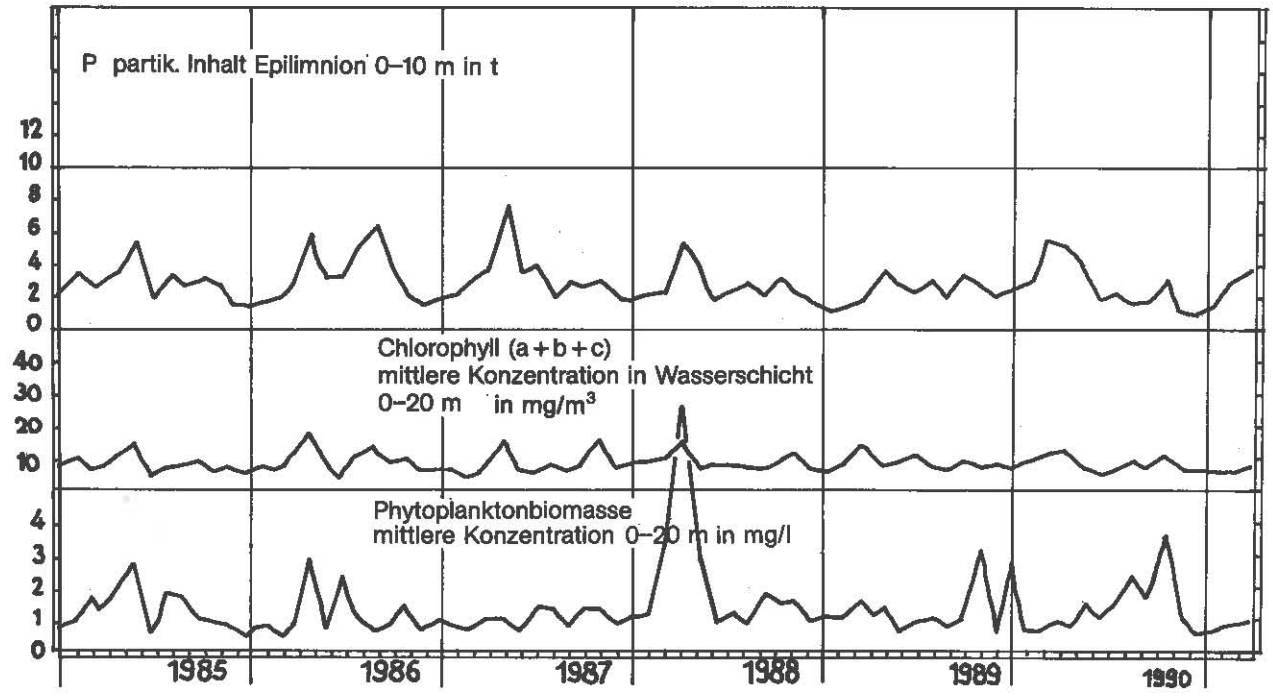


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomassenindikatoren

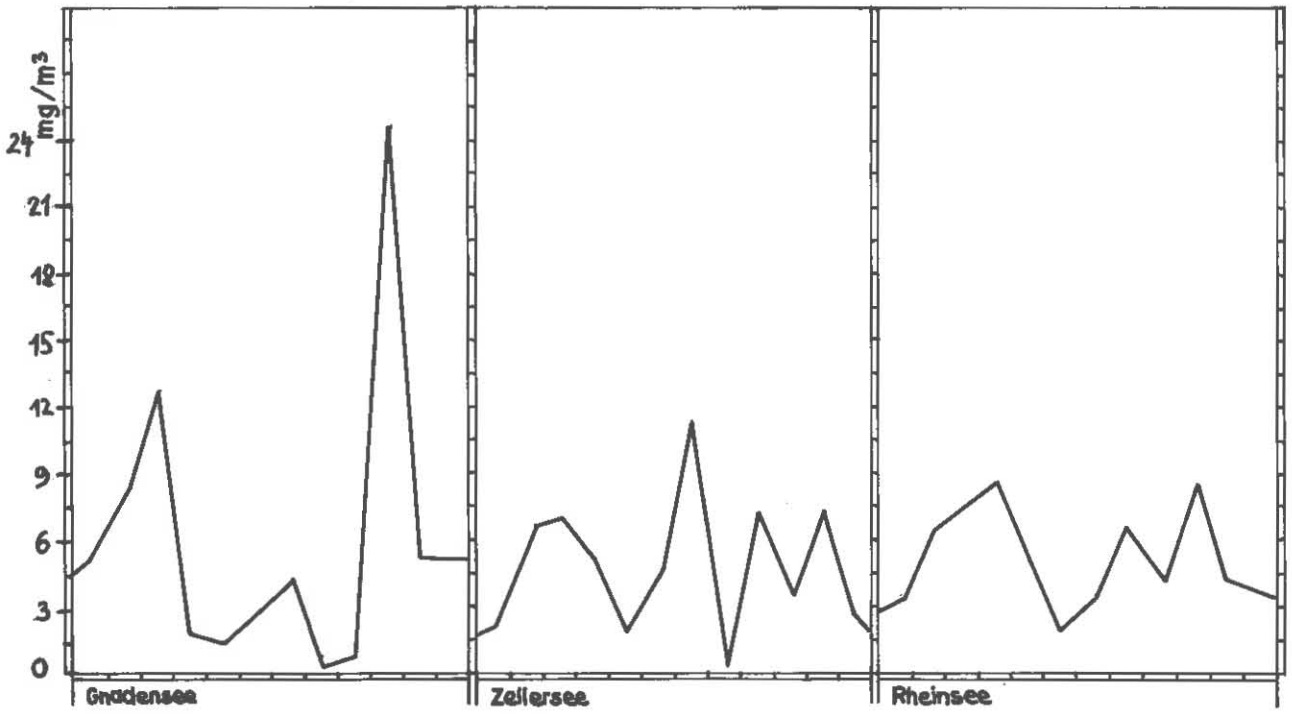


Abb. 71: Bodensee – Untersee:
Chlorophyll a + b + c im mg/m³ im Gnadensee, Zellersee und Rheinsee,
mittlere Konzentration 0–20 m Tiefe

Tabelle 1 (1)

Normal-Tiefenserien an den Stationen

Fischbach-Uttwil:	0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 230, 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 Sauerstoff- und Temperaturmessungen: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 m.
Überlinger See:	0, 5, 10, 20, 30, 60, 100, 140 m.
Zellersee:	0, 5, 10, 15, 20, 22 oder 23 oder 24^{+} m.
Rheinsee:	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 44 oder 45 oder 46^{+} m.

$^{+}$je nach Seewasserstand

Tabelle 1 (2)

Untersuchungstermine Januar 1990 bis April 1991 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L), Bregenzer Bucht (B) und von Januar 1990 bis Dezember 1991 an den Stationen Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

OBERSEE-STATIONEN				UNTERSEE-STATIONEN		
09.01.1990	F	L		15.01.1990		R
24.01.			B	29.01.	Z	
06.02.	F	L		20.02.		R
19.02.			B	26.02.	Z	
06.03.	F	L		19.03.		R
03.04.	F	L		26.03.	Z	
02.05.			B	17.04.		R
08.05.	F	L		23.04.	Z	
12.06.	F	L		14.05.		R
26.06.			B	21.05.	Z	
03.07.	F	L		11.06.		R
07.08.	F	L		25.06.	Z	
02.09.			B	09.07.		R
04.09.	F	L		23.07.	Z	
02.10.	F	L		06.08.		R
23.10.			B	27.08.	Z	
06.11.	F	L		03.09.		R
28.11.			B	24.09.	Z	
04.12.	F	L		01.10.		R
				22.10.	Z	
08.01.1991	F	L		29.10.		R
09.01.			B	19.11.	Z	
05.02.	F	L		26.11.		R
19.02.			B	17.12.	Z	
05.03.	F	L				
06.03.			B	07.01.1991	Z	R
09.04.	F	L				

Tabelle 1 (3)

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

Temperatur	F	L	B	Z	R
Leitfähigkeit bei 20°C	F	L	B	Z	R
pH	F	L	B	Z	R
Sauerstoff	F	L	B	Z	R
Alkalinität	F	L	B	Z	R
Gesamthärte	F	L	B	Z	R
Calcium	F	L		Z	R
Magnesium	F	L			
Silikat	F	L		Z	R
Orthophosphat	F	L	B	Z	R
Phosphor gelöst (Im Filtrat nach Aufschluß)	F	L	B	Z	R
Phosphor partikulär	F	L	B	Z	R
Phosphor total (im Rohwasser nach Aufschluß)	F	L	B		
Ammonium	F	L	B	Z	R
Nitrit	F	L	B	Z	R
Nitrat	F	L	B	Z	R
Kjeldahl-Stickstoff im Filtrat	F	L			R
partikulärer Stickstoff direkt	F	L			
Chlorophyll (a+b+c) nach Goltermann	F			Z	R
Phaeophytin nach Goltermann	F			Z	R
Chlorid	F	L	B	Z	R
Sulfat	F	L	B		
Eisen total	F	L		Z	R
Mangan total	F	L			
Natrium	F	L			
Kalium	F	L			
$KMNO_4$-Verbrauch	F	L	B		
UV-Extinktion (260 nm)	F	L		Z	R

Berechnete Inhaltsstoffe:

pH korrigiert auf aktuelle Temperatur	F L	Z R
Sauerstoffsättigung in %	F L B	Z R
Rest-Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen Komponenten	F L	Z R
Rest-Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen und organischen Komponenten	F L	
Anorganischer Kohlenstoff	F L	Z R
Gleichgewichts-CO_2 (Gas)		Z R
Magnesium (aus Gesamthärte und Calcium)		Z R
H_2CO_3+CO_2	F L	Z R
Hydrogenkarbonat	F L	Z R
Karbonat	F L	Z R
Gleichgewichtskohlensäure	F L	Z R
Calcitsättigung	F L	Z R
ausgefallener Kalk (nach Jacobsen/Langmuir)	F L	Z R
Phosphor total (P gelöst + P part.)	F L	Z R
Phosphor hydrolisierbar (P gelöst - PO_4-P)	F L B	Z R
Organischer Stickstoff gelöst (N-KJF - NH_4-N)	F L	
Organischer Stickstoff total (N-KJF + N part.)	F L	
Gesamtstickstoff anorganisch (NO_3+NO_2+NH_4)-N	F L B	Z R
Gesamtstickstoff	F L	
Summe der Kationen	F L B	Z R
Summe der Anionen	F L B	Z R

Tabelle 2: SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil), Seejahr 1990 (Meßdaten vom 03.04.90 bis 09.04.91)

IV bis XII: Monate 1990; I bis III, IV-91: Monate 1991

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)		Hypolimnion (200 - 252,5 m)		Beginn - Ende Seejahr	3.4. bis 4.9.	4.9. bis 9.4.91
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 03.04.90	Ende 09.04.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^{12} Kcal	20,2 4,8	IX II,III	5,8 4,4	VI III,IV-91	245	234	355 214	VII III	89,3 19,6	VIII II,III	8,4 6,5	VI III,IV-91	- 11	+ 104	- 115
Sauerstoff (a) mg/l, (b) 10^3 t	13,0 9,3	IV IX	9,2 4,3	III,IV-91 IX	523	485	523 426	IV IX,XII	55 43	IV IX	13,4 8,8	IV-91 IX	- 38	- 97	+ 59
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	30 1	III VI-VIII,X	76 31	IX IV-91	1440	1280	1500 1170	III XI	129 <1	III VI-X	89 46	XII IV-91	- 160	- 200	+ 40
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	15 1	V III	10 2	X III	267	128	407 94	VII III	52 3	V III	12 4	X III,IV-91	- 139	- 90	- 49
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	31 4	III VIII	84 34	IX IV-91	1702	1411	1702 1401	IV XI	132 17	III VIII	100 50	XII IV-91	- 291	- 288	- 3
Phosphor partikulär (a) mg/m³, (b) t	28 1	V II,III	4 <1	IV-91 II	172	165	318 11	V III	106 4	V II,III	3,7 <1	IV-91 II,III	- 7	- 53	+ 46
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	49 10	V VIII,IX,XI	86 37	IX III	1874	1575	1874 1522	IV XI	179 44	IV,V XI	102 54	XII IV-91	- 299	- 341	+ 42
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1000 440	II VIII	1010 780	IV-91 XI	47416	46888	47698 41455	II XI	4323 2056	II IX	1455 1250	X,IV-91 XI	- 528	-2473	+1945
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	17 <1	VII II,III	7 <1	VIII IV,V,II	23	238	238 <1	IV-91 III	70 <1	VII III	4 <1	XI IV,V	+ 215	+ 114	+ 101
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	50 <1	XII IV,V,II,III	30 <1	VIII IV-VII,IX	<1	146	819 <1	VIII IV,V	131 <1	VII,VIII IV,V,II	35 <1	XI IV,V,VII	+ 146	+ 240	- 94
Stickstoff partikulär (a) mg/m³, (b) t	110 < 1	V I	60 <1	III V	1260	743	1974 131	VI I	423 22	V I	29 <1	VI V	- 517	- 568	+ 51
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) 10^3 t	2,9 <1	I VIII	6,4 4,9	XI VI	137	136	149 134	VII XII,II	12 <1	I,II VIII	7,5 6,0	XI V,XII	- 1	+ 9	- 10
Kalium (a) mg/l, (b) 10^3 t	1,4 1,1	IV VIII,XI	1,4 1,2	IV V	63,8	62,0	63,8 56,4	IV V,XI	5,8 5,1	IV VIII,XI	2,1 1,7	IV V	- 1,8	- 2,9	+ 1,1
Natrium (a) mg/l, (b) 10^3 t	4,5 3,4	XII,II,III IX	4,6 3,8	II VIII,IX	210	210	214 178	II IX	20 15	XII,II IX	6,5 5,5	II VIII	± 0	- 32	+ 32

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)								Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)		Hypolimnion (200 - 252,5 m)		Beginn - Ende Seejahr	3.4. bis 4.9.	4.9. bis 9.4.91
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 03.04.90	Ende 09.04.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Calcium (a) mg/l, (b) 10^3 t	49,1 35,9	IV VIII	50,9 47,7	IV VI,III	2350	2282	2350 2200	IV VI	213 163	IV VIII	73 68	II VI	- 68	- 116	+ 48
Magnesium (a) mg/l, (b) 10^3 t	9,6 7,3	IV-91 VI	9,7 8,1	VI IV	392	436	463 392	VI IV	41 32	IV-91 VI	14 12	VI,VIII IV,II	+ 44	+ 28	- 16
Chlorid-Cl (a) mg/l, (b) 10^3 t	5,8 4,1	III IX	6,1 5,1	III,IV-91 VIII,X	250	274	278 230	III IX	25,0 18,0	III,IV-91 IX,X	8,8 7,3	III X	+ 24	- 20	+ 44
Sulfat-SO_4 (a) mg/l, (b) 10^3 t	35,8 31,2	V VIII	33,8 31,8	XII VIII	1612	1624	1648 1597	V VII	155 137	V VIII	49 48	III,IV-91 IV,VI-X,XII,I,II	- 12	- 13	+ 25
Eisen total (a) mg/m³, (b) t	58 5	VI VIII	34 7	V,IV-91 IX,XI	1230	451	1230 358	IV I	132 24	VI VIII	33 6	IV III	- 779	- 790	+ 11
Mangan total (a) mg/m³, (b) t	4 <1	VI VII,VIII	127 4	VIII III	90	83	137 58	IX VII	9,8 2,2	VI VIII	37,8 3,3	IX IV	- 7	+ 26	- 33
Kohlenstoff anorg. total (a) mg/l, (b) 10^3 t	29,9 23,4	II VIII	34,4 31,0	IV IV-91	1460	1431	1467 1389	II VI	129 105	II,III VIII	45 43	IX,X IV,VI,VIII	- 29	- 31	+ 2
Alkalinität (a) mmol/l, (b) 10^6 kmol	2,48 1,94	V VIII	2,67 2,51	X VI-91	117	117	119 113	X VI	10,7 9,1	V IX	3,8 3,6	X IV,VI-VIII,XI,I III,IV-91	± 0	± 0	± 0
chem. Sauerstoffbedarf ($KMnO_4$-Verbrauch) (a) mg/l, (b) 10^3 t	12,3 7,0	VI IV	10,6 6,5	IV-91 IV	327	382	409 327	V IV	44 33	VI IV,II	13 10	IV-91 IV,V,IX,II	+ 55	+ 64	- 9
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,205 0,128	V IX	0,188 0,148	X III											
elektr. Leitfähigkeit µS cm^{-1}, 20°C	346 264	IV VIII	367 330	XII I											
pH-Wert	8,86 7,66	V II	7,89 7,21	III IV											
Chlorophyll (a+b+c) (a) mg/m³	27,5 0,3	V XII													

Tabelle 3

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Obersees
Seejahr 1990/91 an den Stationen
Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L) und Bregenzer Bucht (B)

Meßwerte in "0" m	F	L	B
Temperatur in ^{o}C			
Maximum	22,5	20,1	20,2
Minimum	4,5	4,5	2,8
Sauerstoff in mg O_2/l			
Maximum	12,7	12,7	12,0
Minimum	10	9,4	8,8
Leitfähigkeit bei 20° in $\mu S\ cm^{-1}$			
Maximum	319	318	339
Minimum	237	244	276
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,86	8,94	8,6
Minimum	7,66	7,61	8
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3			
Maximum	20	29	20
Minimum	< 1	< 1	< 1
Phosphor gelöst in mg P/m^3			
Maximum	31	32	24
Minimum	4	4	< 4
Phosphor total in mg P/m^3			
Maximum	39	42	26
Minimum	10	10	< 10
Nitrat in mg NO_3-N/m^3			
Maximum	990	1030	900
Minimum	440	450	520
Ammonium in mg NH_4-N/m^3			
Maximum	40	20	110
Minimum	< 1	< 1	< 10
Eisen total in mg.Fe/m^3			
Maximum	58	35	-,-
Minimum	6	8	-,-
Kohlenstoff anorg. in mmol C/l			
Maximum	2,47	2,50	-,-
Minimum	1,95	1,98	-,-
Phosphor partik. in mg P/m^3			
Maximum	18	17	-,-
Minimum	1	< 1	
Stickstoff partik. in mg N/m^3			
Maximum	90	80	-,-
Minimum	< 1	< 1	

Meßwerte in Seebodennähe	F 250 m	L 200 m	B 60 m
Temperatur in ^{o}C			
Maximum	4,8	5,0	5,4
Minimum	4,4	4,4	3,3
Sauerstoff in mg O_2/l			
Maximum	9,2	7,7	11,1
Minimum	4,3	5,6	7,2
pH in pH-Einheiten			
Maximum	7,89	7,73	8,5
Minimum	7,21	7,34	8,0
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3			
Maximum	76	71	40
Minimum	31	30	15
Nitrat in mg NO_3-N/m^3			
Maximum	1010	990	1040
Minimum	780	900	630
Ammonium in mg NH_4-N/m^3			
Maximum	30	30	150
Minimum	<1	<1	<10
Eisen total in mg Fe/m^3			
Maximum	34	86	-,-
Minimum	7	5	-,-
Kohlenstoff anorganisch in mmol C/l			
Maximum	2,86	2,81	-,-
Minimum	2,58	2,53	-,-
Phosphor total in mg P/m^3			
Maximum	86	81	47
Minimum	37	37	29

Tabelle 4: **SEEKENNDATEN**

Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1990 (Meßwerte vom 29.01.90 - 07.01.91)

I - XII: Monate 1990; I-91: Januar 1991

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn - Ende Seejahr	29.1. bis 23.7.	23.7. bis 07.1.91
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 29.01.90	Ende 07.01.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^9kcal	24,0 4,0	VII I	10,8 4,1	X I	749	824	3465 749	VII I	2332 427	VII I	+ 75	+2716	-2641
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	14,0 8,1	IV IX	12,36 <1	II VII-X	2115	2107	2415 1294	II VIII	1408 868	IV IX	- 8	- 526	+ 518
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	35 <1	I VII,VIII	454 16	VIII II	6,6	5,7	7,7 0,8	VIII IV	3,7 <0,1	I VII,VIII	- 0,9	- 4,0	+ 3,1
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	12 2	I VII	38 8	IX II,XI	2,1	1,2	2,1 0,7	I,IV VII	1,2 0,2	I,I-91 VII	- 0,9	- 1,4	+ 0,5
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	47 2	I VII	486 24	VIII II	8,7	7,8	9,3 2,9	VIII IV	4,9 0,2	I VII	- 0,9	- 5,4	+ 4,5
Phosphor partikul. (a) mg/m³, (b) t	35 4	III VII	132 12	II I-91	2,1	1,6	5,2 1,1	III VII	3,5 0,5	III VII	- 0,5	- 1,0	+ 0,5
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	60 6	I VII	537 52	X III	10,7	9,3	12,1 4,5	VIII VII	0,2 0,9	I VII	- 1,4	- 6,1	+ 4,8
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1320 410	XII VII	1590 <1	III VIII-X	237	246	246 99	XII,I-91 VIII	140 53	XII VIII	+ 9	- 118	+ 127
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	27 8	XI I,VII	62 <1	V VIII-X	1,6	2,2	5,0 1,6	XI I	2,8 0,9	XI I	+ 0,6	+ 1,1	- 0,5
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	140 10	XI I-X,XII,I-91	1310 10	X XII,I-91	2,0	1,9	25,0 1,9	XI XII,I	14,4 1,1	XI I-X,XII,I-91	- 1,0	+ 4,4	- 4,5
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) t	3,0 0,3	XII VII	7,0 2,6	X II	385	509	563 271	XII VII	320 60	XII VII	+ 124	- 114	+ 238
Calcium (a) mg/l, (b) t	55,3 41,7	IV VIII	59,3 49,3	VIII XI	9750	9770	10340 8560	IV VIII	5900 4550	IV VIII	+ 20	-1040	+1060
Magnesium (a) mg/l, (b) t	7,1 5,4	II,XII,I-91 VIII	7,8 6,6	VIII I,XI	1230	1320	1320 1090	II,XII,I-91 VIII	750 580	II,XII,I-91 VIII	+ 90	- 100	+ 190
Chlorid (a) mg/l, (b) t	10,6 6,7	XII VI	12,6 9,5	III X	1900	1840	1990 1430	XII VI	1130 720	XII VI	- 60	- 400	+ 340

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)				
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 29.01.90	Ende 07.01.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	29.1. bis 23.7.	23.7. bis 7.1.91
Eisen total (a) mg/m³, (b) t	40 17	III VII	708 59	V I,VII	6,0	6,2	8,6 4,6	V VII	4,0 2,0	III VII	+ 0,2	- 1,4	+ 1,6
Kohlenstoff anorg. (a) mg/l, (b) t	31,0 22,6	IV VIII	37,8 30,3	VIII I,XII	5632	5671	5769 4835	IV VIII	3258 2464	IV VIII	+ 39	-714	+ 753
Alkalinität (a) mmol/l, (b) 10^3 kmol	2,60 1,91	IV VIII	2,96 2,36	VIII XI	464	469	486 398	IV VIII	277 207	IV VIII	+ 5	- 55	+ 60
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,570 0,385	I-91 VIII	0,745 0,485	X IV									
elektr. Leitfähigkeit (a) µS cm^{-1}, 20°C	309 233	II,IV VIII	331 250	III XI									
pH-Wert	8,78 8,02	IV XII	8,26 7,51	II VI,VII									
Chlorophyll (a+b+c) Mittelw. 0-20 m, mg/m³	11,2 0,2	VII VIII											

Tabelle 5: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1990 (Meßdaten vom 15.01.90 - 07.01.91)

I - XII: Monate 1990; I-91: Januar 1991

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)				
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 15.01.90	Ende 07.01.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	15.01. bis 09.07.	09.07. bis 07.01.91
Thermik (a) °C, (b) 10^9kcal	24,2 4,6	VIII II	8,6 4,1	X II	2400	2600	8470 2400	VIII II	4980 1090	VIII II	+ 200	+4740	-4540
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	16,3 7,6	III IX	11,2 0,5	IV X	5160	5560	6060 2930	III IX	2850 1880	III X	+ 400	-1170	+1570
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	48 1	II IX,X	141 17	X IV	10,4	10,3	15,7 4,8	II V	6,1 0,2	II IX	- 0,1	- 2,3	+ 2,2
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	11 <1	VI I-91	6 1	VI IX,X,I-91	2,1	0,2	4,8 0,2	VI I-91	2,4 0,2	VI I-91	- 1,9	+ 0,2	- 2,1
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	52 5	II VIII	142 22	X IV,XI,I-91	12,5	10,5	18,5 8,3	II V	7,6 1,3	II VIII	- 2	- 2,1	+ 0,1
Phosphor partikul. (a) mg/m³, (b) t	37 2	III XI	82 3	VII XI	3,4	3,2	10,3 1,5	IV XI	5,0 0,5	III XI	- 1,2	+ 1,3	- 1,5
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	61 9	II VIII	233 25	X XI	15,8	13,7	23,9 11,7	II XI	10,0 2,7	II VIII	- 2,1	- 0,6	- 1,5
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1090 390	II IX	1180 580	II X	480	490	570 320	II IX	230 90	II IX	+ 10	- 90	+ 100
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	18 4	XI III	21 4	V VI	5,1	4,1	8,8 3,1	V III	3,9 1,3	XI III	- 1,0	+ 0,4	- 0,9
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	79 4	VI VIII	168 11	X VI,IX	3,4	18,7	33,1 3,4	XI I	16,5 1,3	VI I	+ 15,3	+ 15,4	- 0,1
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) t	3,57 0,22	V VIII	8,06 3,04	X IV	1360	1630	1700 1280	VI VIII	730 100	I-91 VIII	+ 250	- 30	+ 300
Calcium (a) mg/l, (b) t	50,1 36,3	IV VIII	53,1 47,7	VI XI	25,1	25,0	25,4 22,4	IV X	10,8 8,4	IV VIII,IX	- 0,1	- 2,0	+ 1,9
Magnesium (a) mg/l, (b) t	9,7 7,5	III VII	9,6 7,5	III I-91	4,5	3,9	4,8 3,9	III I-91	2,1 1,7	III I-91	- 0,6	- 0,4	- 0,2
Chlorid (a) mg/l, (b) t	8,9 5,0	XI VIII	8,6 5,6	II XI	3100	2980	3520 2910	XI VII	1650 1100	XI VIII	- 120	- 190	+ 70

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)				
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 15.01.	Ende 07.01.91	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	15.01. bis 09.07.	09.07. bis 07.01.91
Eisen total (a) mg/m³, (b) t	23 2	X XI	63 3	X XI	3	3	8 1	X XI	3,9 0,4	IX XI	± 0	± 0	± 0
Kohlenstoff anorg. (a) mg/l, (b) t	29,6 21,1	III VIII	32,4 28,2	X I-91	14,5	14,6	14,8 13,2	III VIII,IX	6,2 4,8	IV VIII,IX	- 0,1	- 0,9	+ 1,0
Alkalinität (a) mmol/l, (b) 10^3 kmol	2,44 1,78	III VIII	2,54 2,29	X XI	1180	1190	1230 1070	III,IV IX	520 440	III,IV X	+ 10	- 60	+ 70
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm													
elektr. Leitfähigkeit (a) µS cm^{-1}, 20°C	310 208	II VIII	316 256	X IV									
pH-Wert	8,65 7,59	III I-91	8,19 7,48	IV VIII									
Chlorophyll (a+b+c) Mittelw.0-20 m, mg/m³	8,8 2,3	IV VI											

Tabelle 6

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Untersees
Seejahr 1990/91 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

Meßwerte in "0" m	Z	R
Temperatur in ^{o}C		
Maximum	24	24,2
Minimum	2	1,7
Sauerstoff in mg O_2/l		
Maximum	14	12,62
Minimum	8,1	9,04
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,78	8,36
Minimum	8,03	7,66
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3		
Maximum	34	19
Minimum	<1	1
Phosphor partikulär in mg P/m^3		
Maximum	29	28
Minimum	4	2
Nitrat in mg NO_3-N/m^3		
Maximum	1310	1090
Minimum	410	400
Ammonium in mg NH_4-N/m^3		
Maximum	130	74
Minimum	10	4
Eisen total in mg Fe/m^3		
Maximum	40	20
Minimum	17	2

Tabelle 6

Meßwerte in Seebodennähe	Z 22-24 m+)	R 44-46 m+)
Temperatur in °C		
Maximum	10,8	8,6
Minimum	3,1	3,5
Sauerstoff in mg O_2/l		
Maximum	11,1	11,3
Minimum	< 1	0,5
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,11	8,19
Minimum	7,51	7,48
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3		
Maximum	470	206
Minimum	21	17
Nitrat in mg NO_3-N/m^3		
Maximum	2660	1560
Minimum	< 1	580
Ammonium in mg NH_4-N/m^3		
Maximum	1310	168
Minimum	10	11
Eisen total in mg Fe/m^3		
Maximum	629	63
Minimum	59	3

+ je nach Seewasserstand

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg:	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 34 39 Kernerplatz 9 D-7000 Stuttgart 10
Bayern:	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstraße 67 D-8000 München 19
Österreich:	Amt der Vorarlberger Landesregierung Römerstraße 15 A-6901 Bregenz
Schweiz:	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) CH-3003 Bern

Technische Herstellung, Grafik und Druck:
Siegl-Druck GmbH · 7990 Friedrichshafen · Adelheidstraße 26-28 · Telefon (0 75 41) 92 07-0