Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 20

Jahresbericht Januar 1992 bis März 1993
– Freiwasser, Schadstoffe in Sedimenten –

ISSN 1011-1271

ISSN 1011-1271 Jber.Int.Gewässerschutzkomm. Bodensee: Limnol.Zust.Bodensee, 20 (1994)

Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 20

Jahresbericht Januar 1992 bis März 1993
– Freiwasser, Schadstoffe in Sedimenten –

Bearbeiter: H. Müller

– 1994 –

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 1992/93. Die allgemeinen Grundlagen und limnologischen Zusammenhänge, die zum Verständnis dieses Berichtes notwendig sind, wurden im Bericht Nr. 9: Limnologischer Zustand des Bodensees - Grundlagen (2. Auflage, Stand 1993) dargestellt.

Am Bericht haben mitgearbeitet:

Dr. Heinrich Bührer, Dübendorf
Dr. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf
Mag. Dietmar Buhmann, Bregenz
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
Dipl.Chem. Walter Schnegg, Frauenfeld
Dr. Hans Bernd Stich, 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.

I N H A L T

	Seite	Abb.	Tab.
Einleitung	5	1	1
Zustandsbeschreibung für das Seejahr 1992/93 (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	
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
Weitere Stoffdaten			2
Phytoplankton		26 - 28	
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 Phosphorverbindungen	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 Kohlenstoff-verbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	47,48	4	67,68	5
Eisen	46,49	4	66,69	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

Anhang

Untersuchung von Schadstoffen in Bodensee-Sedimenten

Auskünfte

E I N L E I T U N G

Der Bericht zum Seejahr 1992/93 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 1992/1993

Bodensee-Obersee:
Die Phosphorkonzentration nahm im Seejahr 1992/93 leicht ab und betrug im Frühjahr 1993 30 mg/m³ (1992: 32 mg/m³). Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - lag wie im Vorjahr bei 0,98 g/m³. Die Biomasse des Phytoplanktons lag geringfügig unter dem Vorjahreswert. Die Sauerstoffverhältnisse im See haben sich nach mehreren ungünstigen Jahren wieder weitgehend erholt. Insbesondere die Versorgung der grundnahen Wasserschichten mit Sauerstoff war das ganze Jahr 1992 über besser als 1991.

Die **hydrologische Situation** des Sees ist 1992 im Vergleich zum Vorjahr durch ein wärmeres Frühjahr, einen wärmeren Hochsommer, kühleren September und wärmeren Spätherbst beeinflußt worden. Durch den insgesamt wärmeren Witterungsverlauf haben der Wärmeinhalt und die Hauptschichtung des Sees bis zum Jahreswechsel im Vergleich zum Vorjahr deutlich weniger abgenommen. Die folgende 12-tägige Frostperiode bewirkte die stärkste Auskühlungsphase des Winters 1992/93. Die Deckschicht vertiefte sich jedoch nur bis 60 m und das Hypolimnion wurde lediglich bis 140 m Tiefe teilweise erneuert. Die im Vergleich zum Vorjahr höhere Lufttemperatur im Januar bewirkte eine durchgehende leichte Erwärmung des Sees bis in 220 m Tiefe.

Mehrere Frostphasen ab Februar hatten eine vertikale Zirkulation Ende Februar bis 190 m Tiefe und eine teilweise Erneuerung des Tiefenwassers bis wenige Meter über Grund zur Folge. Erst Ende März erreichte der Wärmeinhalt des Hypolimnions sein Minimum, während bereits die Hauptschichtung oberhalb 40 m Tiefe eingesetzt hatte. Das Temperaturniveau im Hypolimnion lag im Vergleich zum Vorjahr insgesamt etwas höher. Dies äußerte sich auffallend im veränderten Gang der Wassertemperatur über Grund, die vom Minimum von 4,30° C Mitte Februar 1992 bis Ende März 1993 stetig auf 4,46° C zunahm, ohne ein erneutes Minimum im Winter 1992/93 zu erreichen.

Die Konzentration des **Gesamtphosphors** im Rohwasser betrug im Frühjahr 1993 während der Monate Februar bis April im Mittel 30 mg/m³ (Abb. 2 A). Gemessen an den jeweils deutlichen jährlichen Phosphorabnahmen in den 80er Jahren, hat sich die 1992 erstmals beobachtete verlangsamte Phosphorabnahme fortgesetzt (Frühjahr 1990: 39 mg/m³; 1991: 33 mg/m³, 1992: 32 mg/m³).

Der Orthophosphat-Phosphor war Anfang Juni und Anfang August in begrenzten Tiefenbereichen der Produktionszone bis auf 1 mg/m³ und darunter aufgezehrt (1991 von Anfang Juli bis Anfang August). Im Juli lag er um 2 mg/m³.

Der **anorganische Stickstoff** (N aus $NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+$) mit Nitrat als Hauptkomponente lag 1992 im Jahresmittel (volumengewichtet) mit 0,98 g/m³ auf dem Niveau des Vorjahres (1990: 0,96 g/m³; 1989: 0,94 g/m³; Abb. 2 C).

Chlorid als Indikator vielfältiger Salzbelastungen wies 1992 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von 5,7 g/m³ auf. Damit hat es geringfügig zugenommen (1991: 5,6 g/m³; 1990 5,2 g/m³), liegt aber immer noch unter dem bisherigen Höchstwert von 6,0 g/m³, der 1987 gemessen wurde (Abb. 2 C).

Die **Sauerstoffsituation** des Obersees war im Jahre 1992 erneut günstiger als im Vorjahr. Die gilt insbesondere für die Sauerstoffkonzentrationen über Grund, die in Seemitte das ganze Jahr über stets über den entsprechenden Vorjahreswerten lagen. So übertraf auch der im November gemessene Minimalwert von 6,3 mg/m³ den Vorjahreswert von 5,0 mg/m³ deutlich (Abb. 2 B).

Der durchschnittliche Sauerstoffinhalt des Obersees im März und April lag 1993 mit 509.000 Tonnen jedoch geringfügig unter jenem von 1992 mit 513.000 Tonnen. Die teilweise sehr ungünstigen Werte der Jahre 1989 bis 1991 (1989: 464.000, 1990: 506.000 und 1991: 470.000 Tonnen) wurden jedoch nicht mehr erreicht.

Insgesamt zeigte sich im Jahre 1992 in der Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes des Sees eine spürbare Erholung in der Versorgung der grundnahen Wasserschichten vor allem in der kritischen 2. Jahreshälfte, wo saisonbedingt die höchsten Zehrungsraten gemessen werden. Allerdings konnte dieses hohe Niveau der Sauerstoffgehalte im laufenden Jahr 1993 bislang nicht gehalten werden. So war die Sauerstoffversorgung in den Monaten Januar bis April unterhalb einer Wassertiefe von etwa 150 Metern deutlich schlechter als 1992, was auch auf den oben genannten Sauerstoff-Gesamtinhalt durchschlägt. Dies ist offensichtlich eine Folge der festgestellten mangelhaften Zirkulation, nach einem vergleichsweise milden und windarmen Winter 1992 /93.

Das **Phytoplankton** erreichte 1992 im Jahresmittel eine Biomasse von 11,8g/m² (0 - 20 m Tiefe). Sie lag damit zwar noch unter der Konzentration des Vorjahres mit 12,3 g/m², jedoch ist die seit einigen Jahren beobachtete starke Abwärtsbewegung (1990: 16,3 g/m²; 1989: 25,1 g/m²) nach dem Extremjahr 1988 (33,9 g/m³) vorläufig zum Stillstand gekommen (Abb. 3).

Der Trend zu weiter absinkenden Frühjahrsmaxima hat sich 1992 nicht fortgesetzt. Die Frühjahrsblüte erreichte Mitte Mai einen Wert von 32,6 g/m²; sie lag damit höher als im Vorjahr (28,4 g/m²) und erreichte ihren Maximalwert zwei Wochen später; gleichzeitig war das der Jahreshöchstwert. Im Jahresverlauf folgten noch drei weitere Maxima, wobei das erste Anfang Juli mit 31,5 g/m² nahezu die Höhe der Frühjahrsblüte erreichte.

Das Frühjahrsmaximum wurde vor allem von Cryptophyceen dominiert, daneben hatten auch die Kieselalgen einen starken Anteil. Beim Sommermaximum im Juli waren vor allen Kieselalgen und Dinophyceen präsent, während im Gegensatz zum Vorjahr die Conjugatophyceen fast vollständig fehlten. Das danach folgende Maximum im September zeigte eine ausgeglichene Zusammensetzung ohne Dominanz einer bestimmten Algengruppe. Die Blaualgen gingen im Vergleich zu den Vorjahren noch weiter zurück; erst im Oktober traten sie in höherer Individuendichte auf. Das letzte Maximum im November wurde vor allem durch Kieselalgen dominiert. Anfang Dezember war die Winterbiomasse mit ca. 4 g/m² erreicht (Abb. 27, 28).

Beim **Crustaceenplankton** hat sich der Jahresmittelwert der Gesamtanzahl 1992 um ca. 20% gegenüber 1991 verringert. Diese Abnahme ist vor allem auf einen Rückgang der Copepodenbestände von 820.000 auf 640.000 Tiere/m² zurückzuführen.

Die Bestände der Cladoceren verzeichneten dagegen eine leichte Zunahme, die besonders bei der Gruppe der Daphnien ausgeprägt war. Die Bestände der übrigen Cladocerengruppen (Bosmina, Bythotrephes, Leptodora) bewegten sich in der gleichen Höhe wie im Vorjahr.

Die Bestandsdichten der vorwiegend h e r b i v o r lebenden Copepoden, die sich vor allem aus Erwachsenen- und Jugendstadien der Diaptomiden zusammensetzen, zeigte einen leichten Rückgang.

Die Bestandsdichte der vorwiegend c a r n i v o r lebenden Copepodengruppen - hierzu zählen vor allem ältere Entwicklungsstadien von Mesocyclops leuckarti und Cyclops vicinus - zeigten eine deutliche Abnahme. So fiel der Wert für Cyclops vicinus von 243.000 auf 91.000 Tiere/m^2. Dagegen war für die Bestandsdichte des "alteingesessenen", als omnivor geltenden Cyclops abyssorum eine deutliche Zunahme zu verzeichnen (Abb. 29 - 31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - zeigten innerhalb der Produktionszone (0 - 20 m) einen vergleichweise langsamen Anstieg im Frühjahr mit einem relativ schwach enwickelten Maximum im Mai von 7 x 10^6 Bakterien/ml. Das nachfolgende Minimum während des Klarwasserphase im Juni war ebenfalls im Vergleich zu den Vorjahren geringer ausgeprägt. Auch während der gesamten Sommermonate bewegten sich die Bakterienzahlen auf niedrigem Niveau zwischen 3 - 5 x 10^6 Bakterien/ml. Von Mitte September bis Mitte Oktober wurde nochmals ein leichter Anstieg der Bakteriendichten beobachtet. Danach setzte der herbstliche Abfall der Zelldichten ein. Das Winterminimum wurde Ende Januar mit 1,2 x 10^6 Bakterien/ml erreicht (Abb. 32).

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

Die Konzentration von **Gesamtphosphor** im Rohwasser hat 1992 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) mit 34 mg/m^3 wieder etwas zugenommen (1991: 32 mg/m^3; 1990: 35 mg/m^3). Eine deutliche Zunahme ergab sich im Zellersee auf 43 mg/m^3. In diesem Seeteil waren im Vorjahr nur 35 mg/m^3 und 1990 45 mg/m^3 gemessen worden.

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus NO_3^-+NO_2^-+NH_4^+) mit Nitrat als Hauptkomponente verharrte 1992 im Rheinsee auf dem Niveau des Vorjahres. Er betrug im Jahresmittel (volumengewichtet) erneut 0,92 mg/l (1990: 0,85 mg/l). Im Zellersee wurde ebenfalls eine Stagnation bei 1,03 mg/l beobachtet (1990: 0,97 mg/l).

Die **Sauerstoffsituation** hat sich im Zellersee gegenüber dem Vorjahr weiter verschlechtert, im Rheinsee entsprach sie in etwa der Situation von 1991. Im Zellersee, der in der Tiefe bereits seit Jahrzehnten zeitweise völligen Sauerstoffschwund aufweist, wurde der Sauerstoff in Seebodennähe von August bis Oktober völlig aufgezehrt (1991: nur im Oktober). Im Rheinsee lag die Sauerstoffkonzentration in Seebodennähe im August um 2 mg/l und im September und Oktober unter 1 mg/l. Dies entspricht in etwa den Befunden aus dem Vorjahr.

Beim **Phytoplankton** im Zellersee setzte sich der Trend der weiter absinkenden Biomassen fort: Im Jahr 1992 lag die Durchschnittsbiomasse mit 13,7g/m² (0-20 m Tiefe) deutlich unter den Werten der letzten Jahre (1991: 18,0g/m²; 1990: 20,2 g/m²; 1989: 27,6 g/m², 1988: 52,1 g/m²).

Die Frühjahrsentwicklung begann wie im Vorjahr bereits Mitte Februar, wobei fast vollständig die Kieselalgen dominieren. Das Maximum wurde aber erst Anfang Mai mit 24 g/m² erreicht, wobei sich die Cryptophyceen in den Vordergrund schoben.

Nach einem Klarwasserstadium in der 2. Junihälfte mit 3,3 g/m² folgte Anfang Juli ein länger andauerndes bis in den September reichendes Maximum. Die Jahreshöchstbiomasse mit 29,7 g/m² wurde Anfang August erreicht; sie war von Chrysophyceen und Kieselalgen dominiert. Anfang Oktober sank die Biomasse auf 4 g/m² ab, danach folgten noch zwei kleinere Maxima mit 12,5 g/m² bzw. 13 g/m², die vor allem aus Kieselalgen und Cryptophyceen bestanden. Ende Dezember sank die Biomasse auf eine Winterkonzentration von ca. 4 g/m² ab (Abb. 51 und 52).

Bewertung und Schlußfolgerungen

Der limnologische Zustand des Bodensees im Freiwasser war im Seejahr 1992/93 etwa dem des Vorjahres vergleichbar. Die Dank der Abwassersanierung im Einzugsgebiet des Bodensees seit Anfang der 80er Jahre eingetretene stetige Abnahme der Phosphorkonzentration ist 1992 beinahe zum Stillstand gekommen und hat sich bis zum Frühjahr 1993 nur noch geringfügig fortgesetzt. Dies trifft auch für die Entwicklung des Phytoplanktons zu. Insgesamt gesehen scheinen sich der Ober- und der Untersee derzeit einem Gleichgewichtszustand zu nähern.

Die 1992 gegenüber dem Vorjahr günstigere Sauerstoffsituation des Obersees über Grund darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß sich der Sauerstoffinhalt im Frühjahr 1993 wieder geringfügig verschlechtert hat. Dies ist der klimabedingt unvollständigen vertikalen Zirkulation zuzuschreiben. Ein Vergleich der Zirkulationsphasen des Obersees seit 1974 ergibt, daß etwa seit Mitte der 80er Jahre ein Trend zu kürzeren und unvollständigen Vertikalzirkulationen und damit insgesamt zu klimatisch bedingten schlechteren Sauerstoffverhältnissen zu beobachten ist. Gleichzeitig ist seit einigen Jahren eine zunehmende Erwärmung des Tiefenwassers zu beobachten.

In Anbetracht dieser Entwicklung kommt einer weiteren Absenkung der Phosphorkonzentration besondere Bedeutung zu, denn nur auf diese Weise kann das Produktionspotential des Sees und die dadurch bedingte Belastung des Sauerstoffhaushalts im Tiefenwasser auch bei ungünstigeren klimatischen Bedingungen verringert werden. Die im Bau- und Investitionsprogramm vorgegebene Strategie zur weiteren Abwasserreinigung muß daher konsequent weiterverfolgt werden. Dazu gehört auch, daß die dort vorgeschlagenen weiteren Maßnahmen zur Phosphorreduktion, vor allem in der Landwirtschaft, in Angriff genommen bzw. fortgeführt werden.

Abbildungen und Tabellen

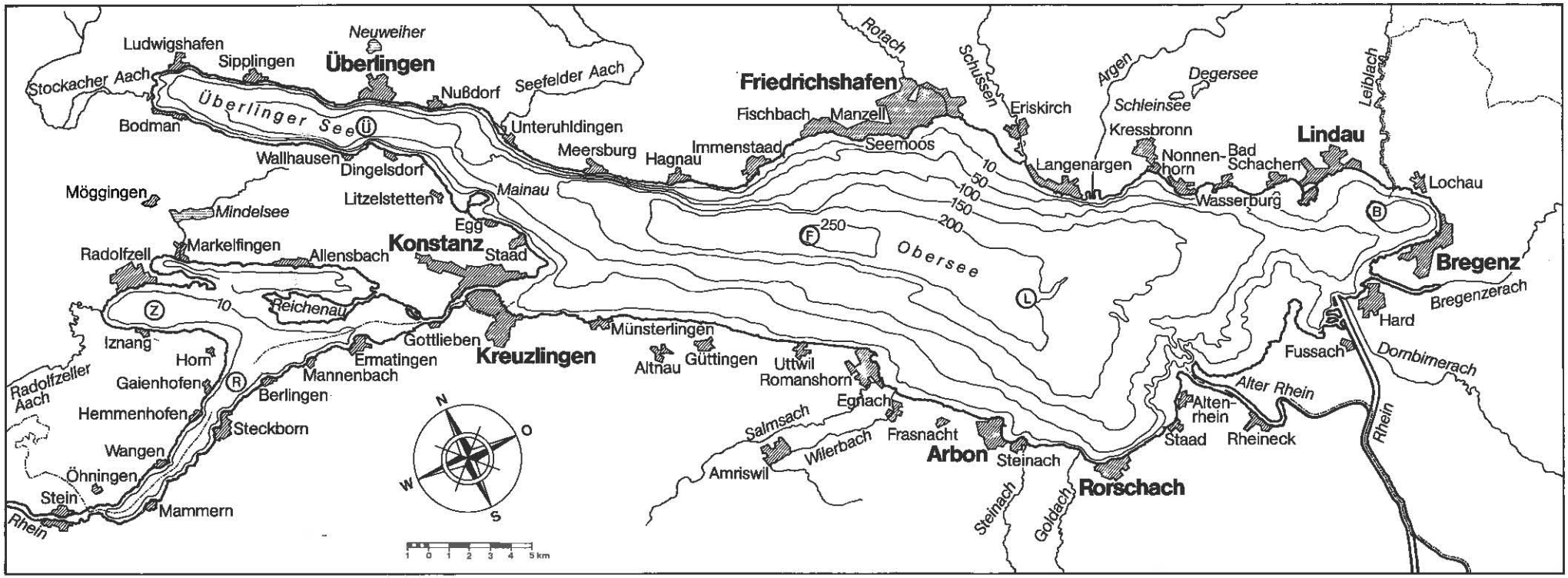


Abb. 1: Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

a) Freiwasser:

Obersee: Fischbach-Uttwil (F)
Langenargen-Arbon (L)
Bregenzer Bucht (B)
Überlinger See (Ü)

Untersee: Zellersee (Z)
Rheinsee (R)

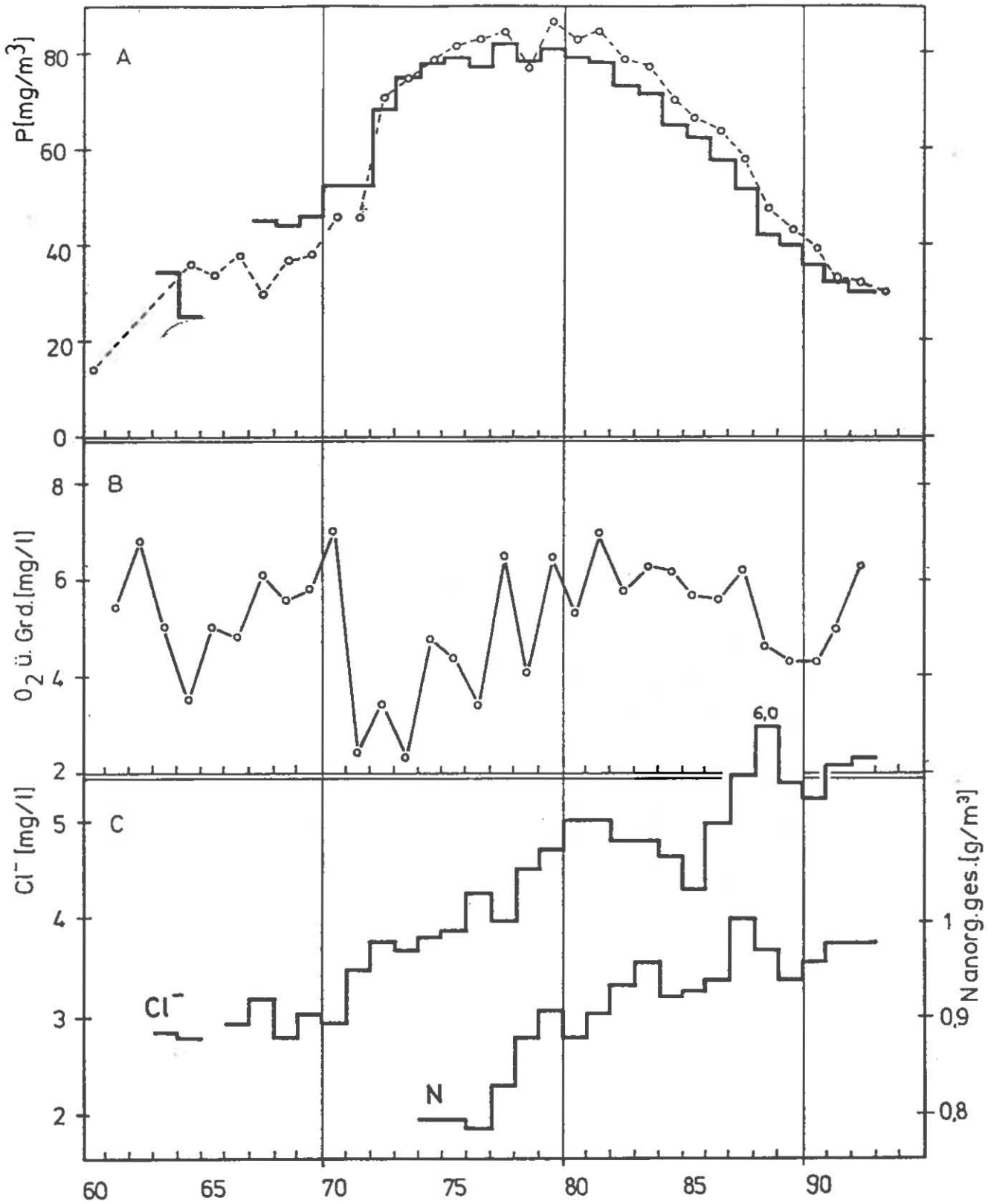


Abb. 2: Bodensee – **Obersee**, Fischbach-Uttwil:
Langfristige Entwicklung der Phosphor-, Sauerstoff-, Stickstoff-, und Chloridkonzentration.

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 (0-20m Tiefe), Jahresmittel

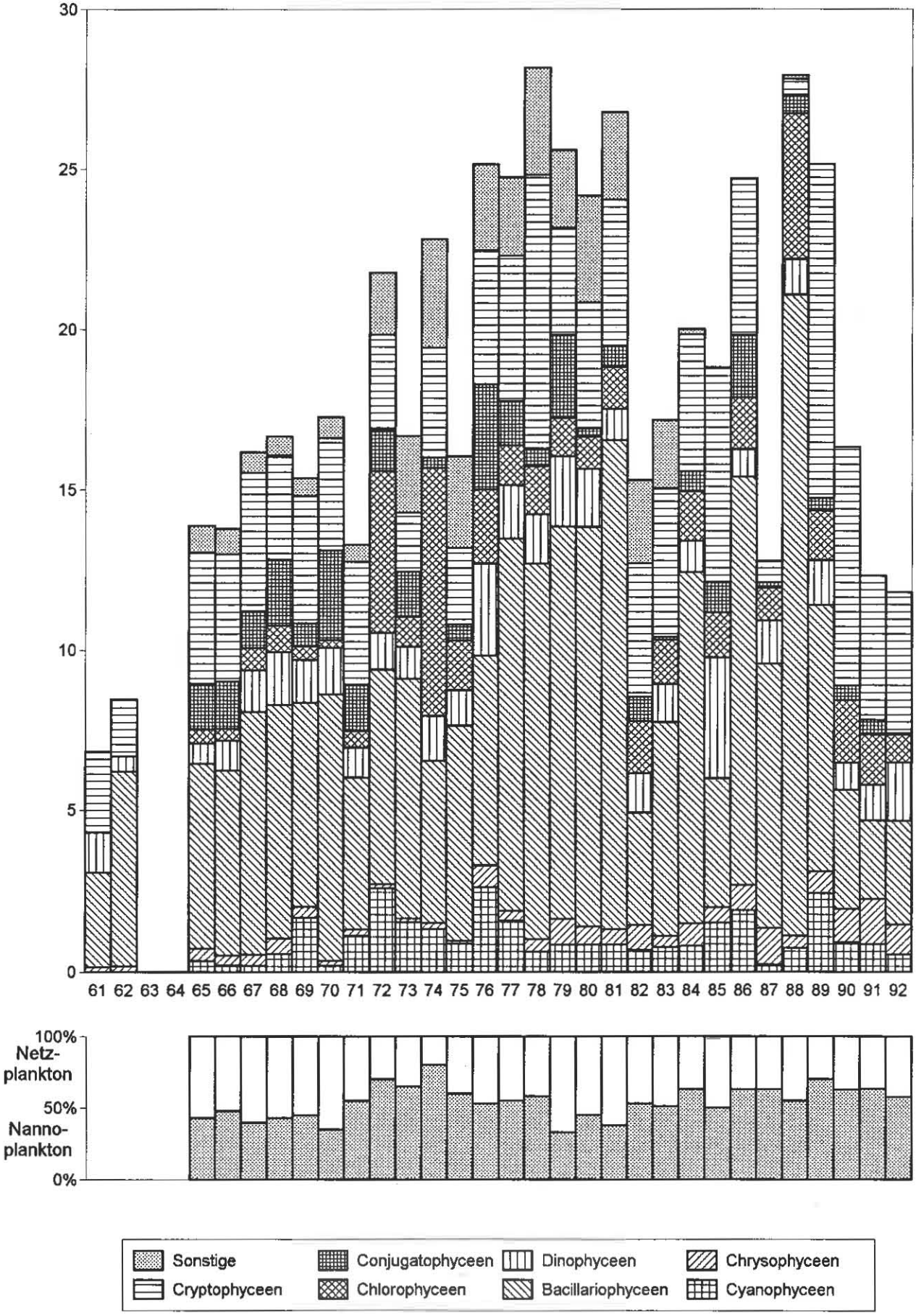


Abb. 4 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil: Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons, Tiere/m², Jahresmittel

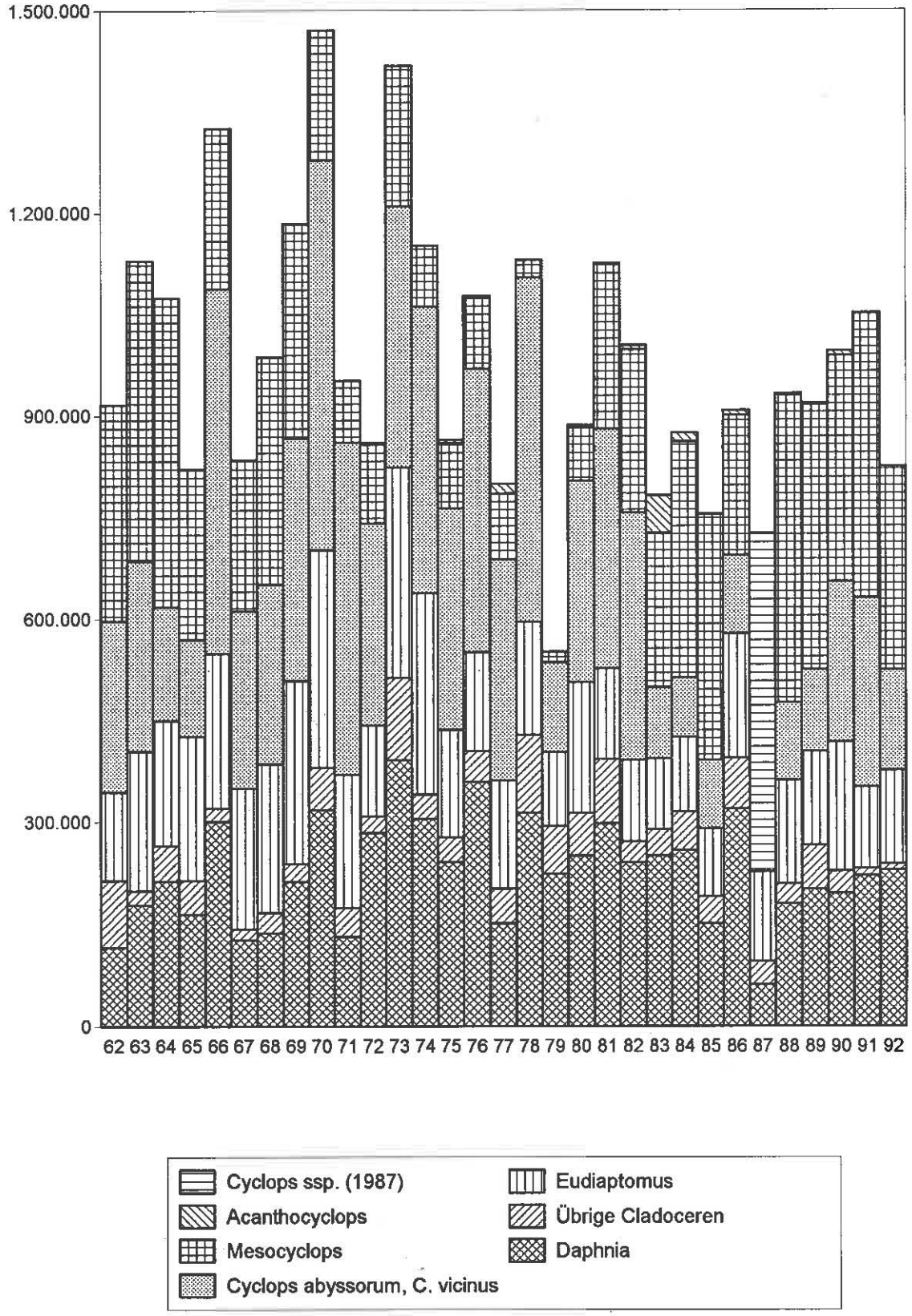
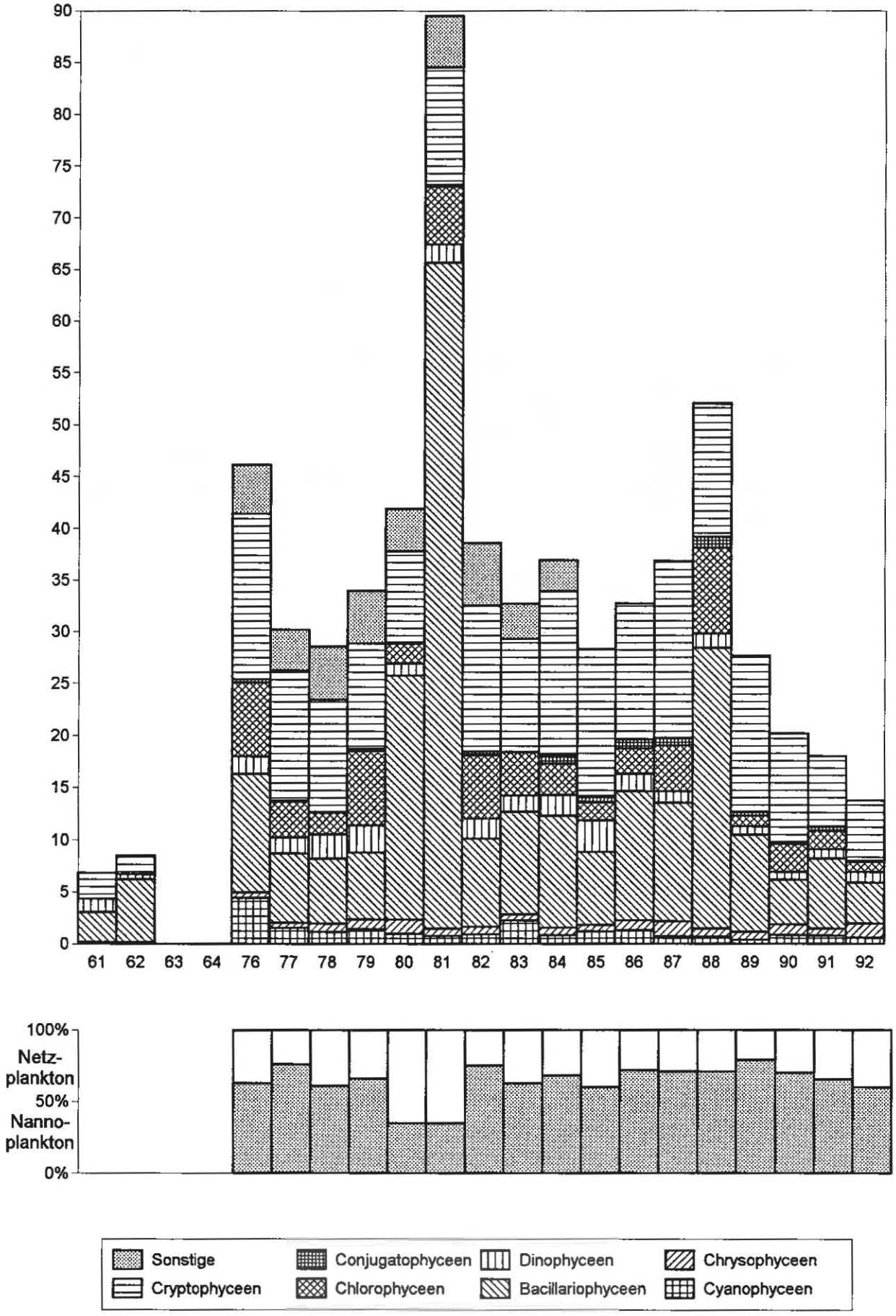


Abb. 5 Bodensee-Untersee, Zellersee:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons
Biomassen in g/m² (0-20m Tiefe), Jahresmittel



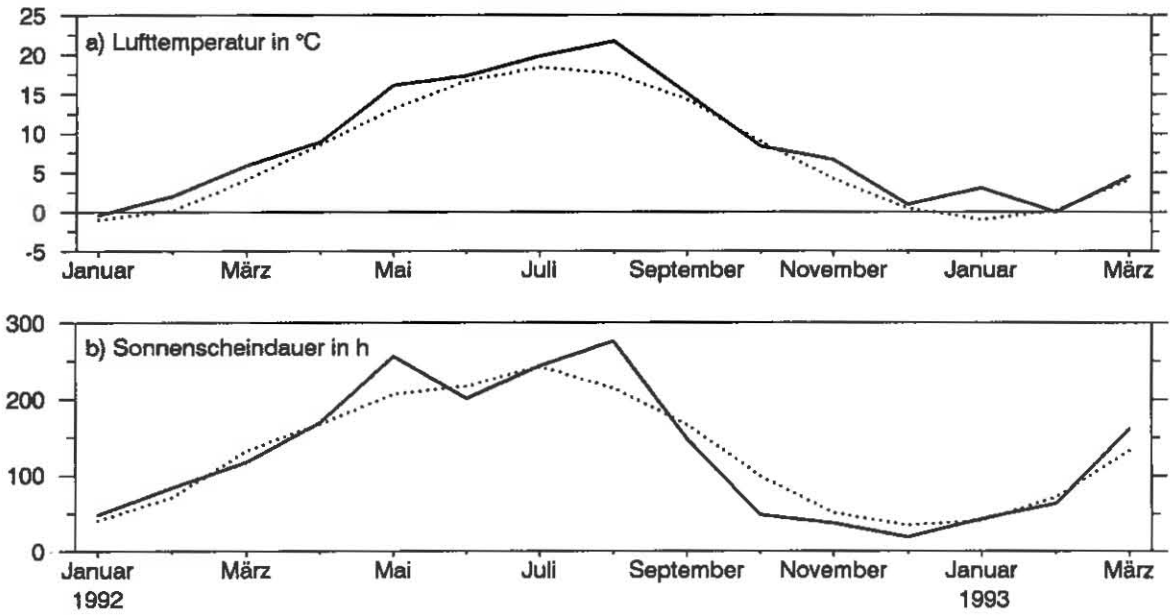


Abb. 6: Bodensee – Obersee:
Monatliche Klimadaten der Wetterwarte Konstanz*)
a. —— Monatsmitteltemperatur
····· langjährige Monatsmitteltemperatur (1931–1960)
b. —— monatliche Sonnenscheindauer in h
····· langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (1951–1970)

*) Die Wetterstation Friedrichshafen wurde aufgelöst

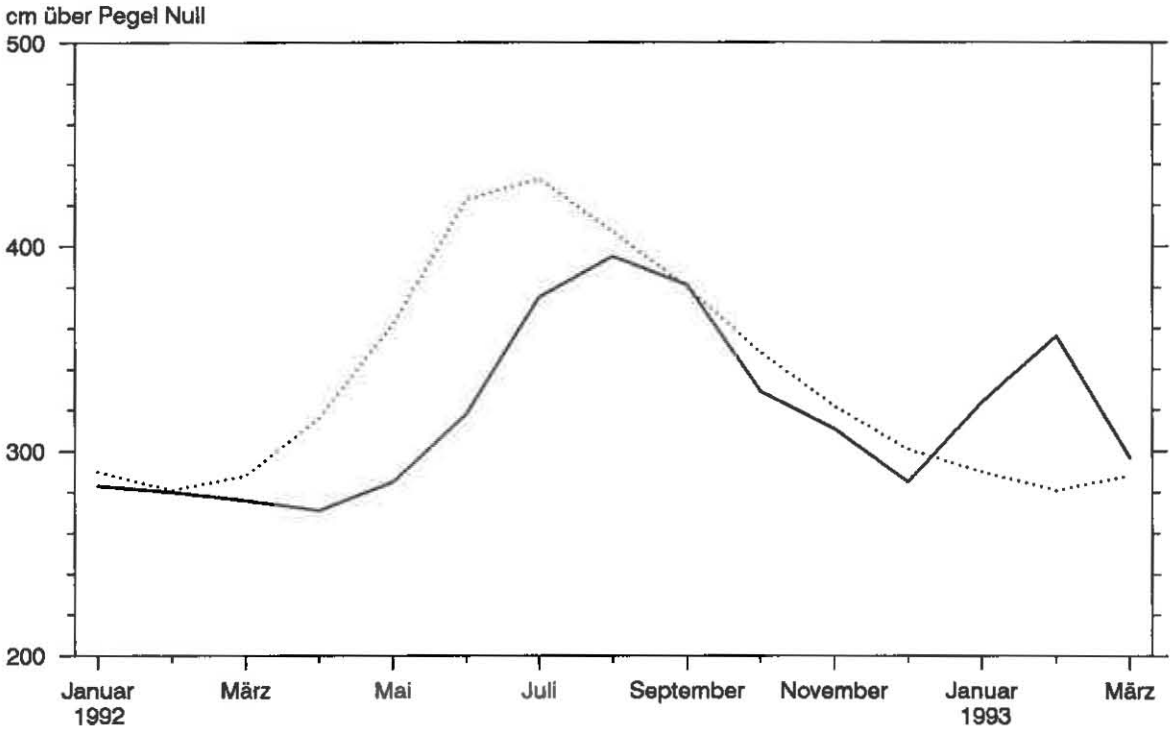


Abb. 7: Bodensee – Obersee:
Wasserstand am Pegel Konstanz
—— mittlerer monatlicher Wasserstand
····· langjähriger monatlicher Wasserstand (1877–1964)

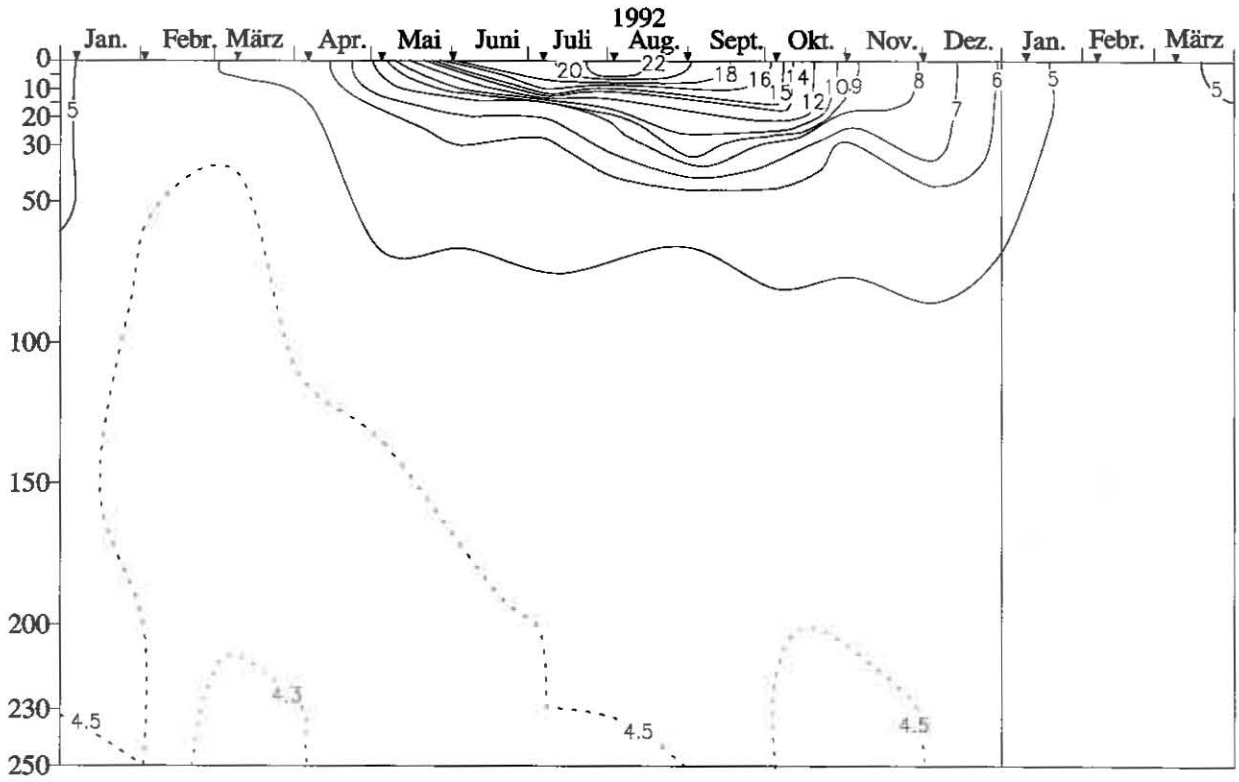


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Temperatur °C

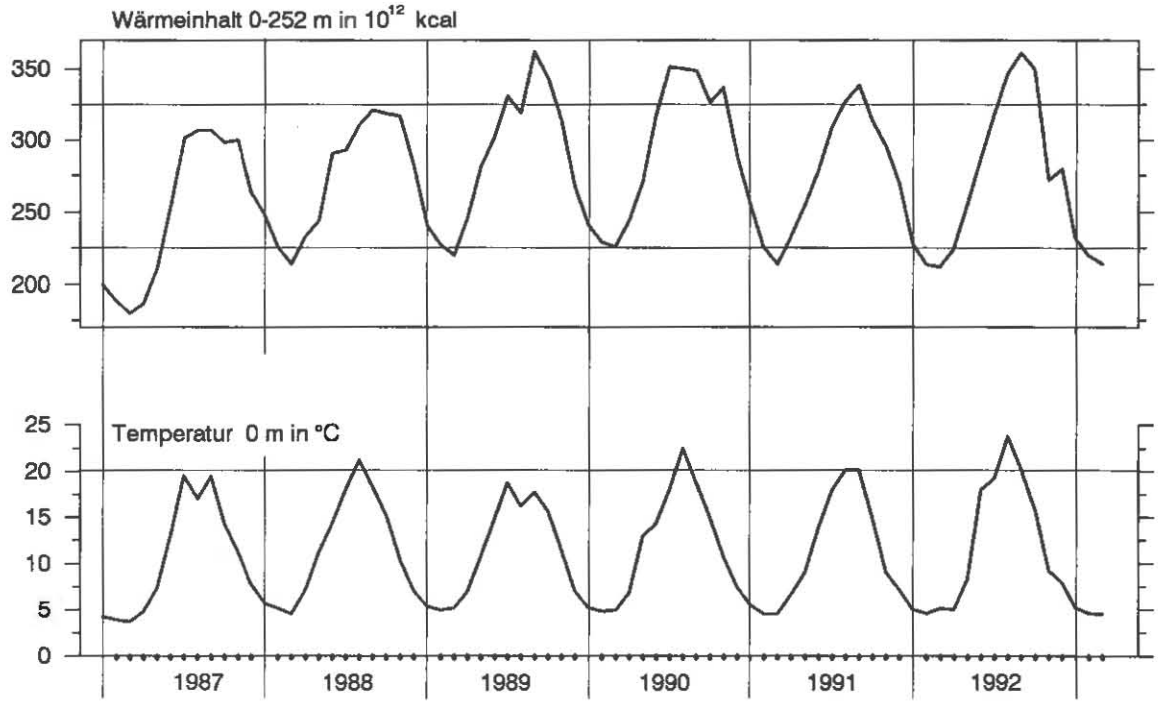


Abb. 9: Bodensee – Obersee:
Thermik

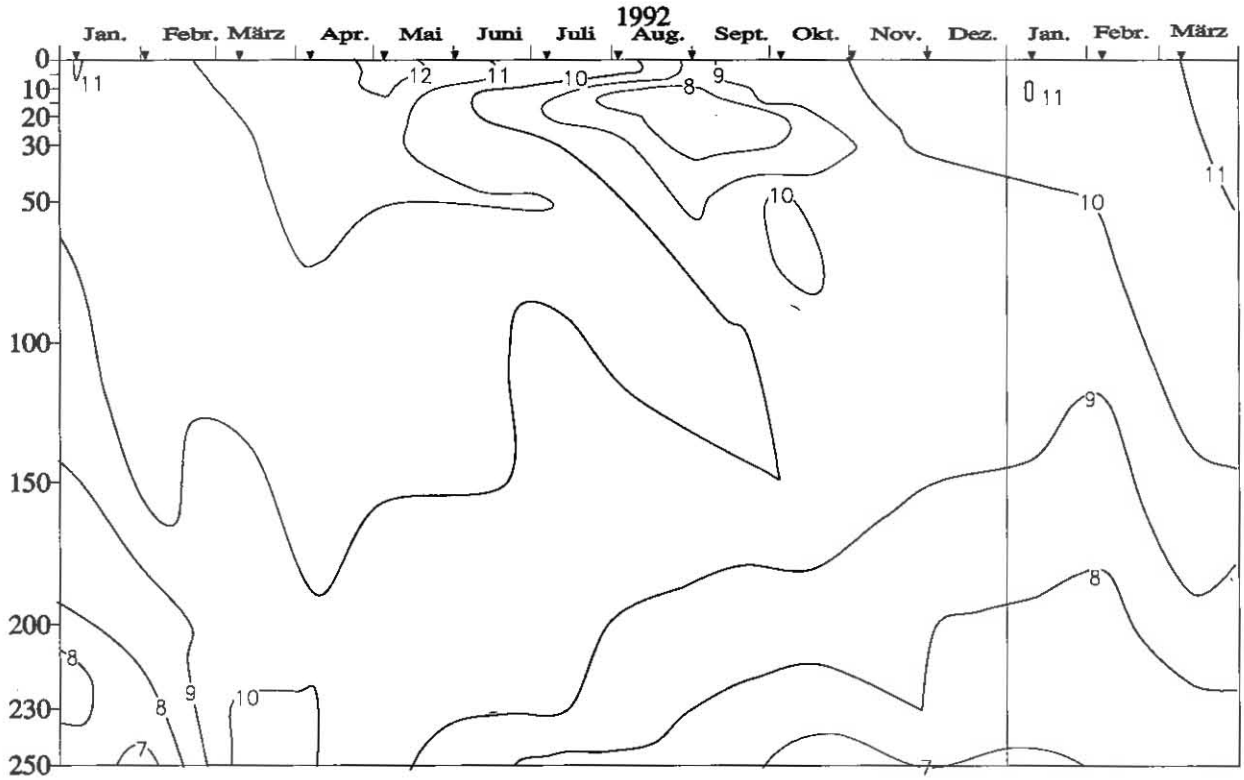


Abb. 10: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Sauerstoff (mg/l)

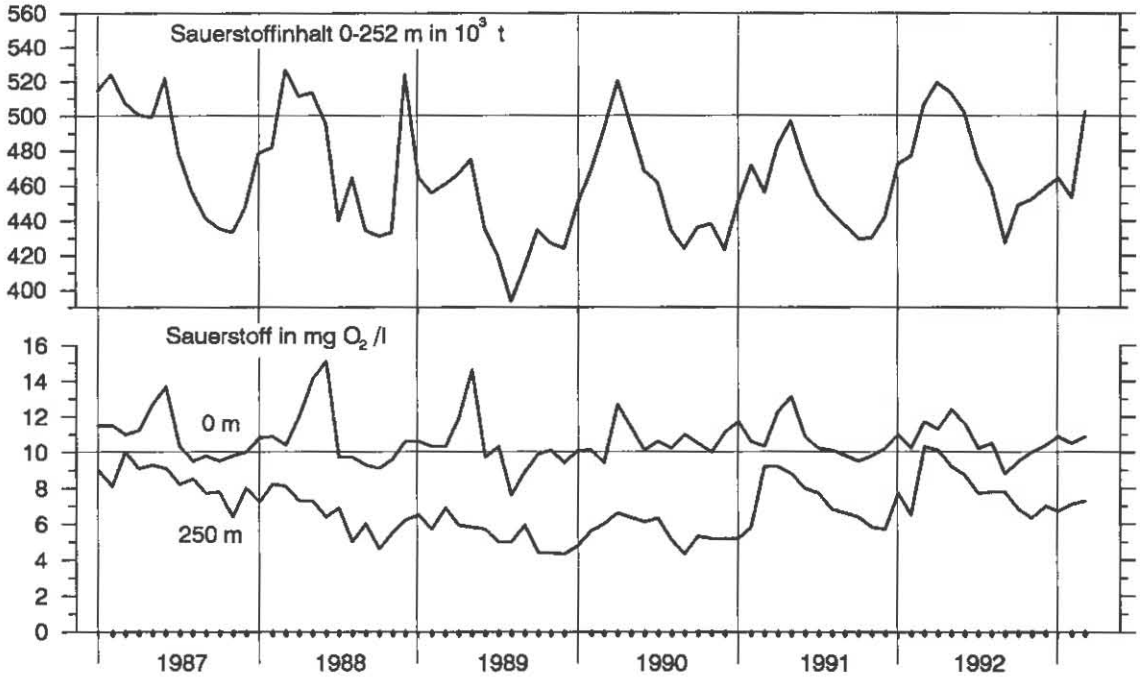


Abb. 11.: Bodensee – Obersee:
Sauerstoffinhalt 0–252 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 250 m Tiefe

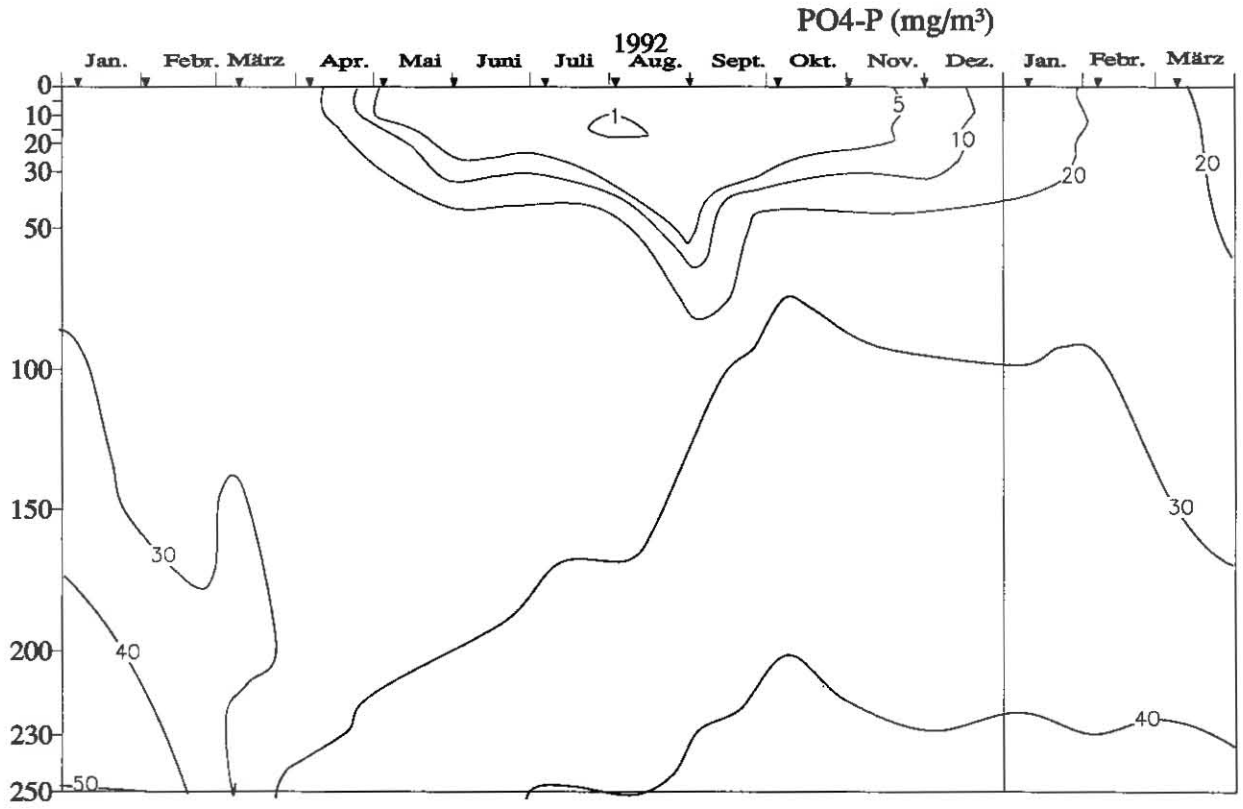


Abb. 12: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m³)

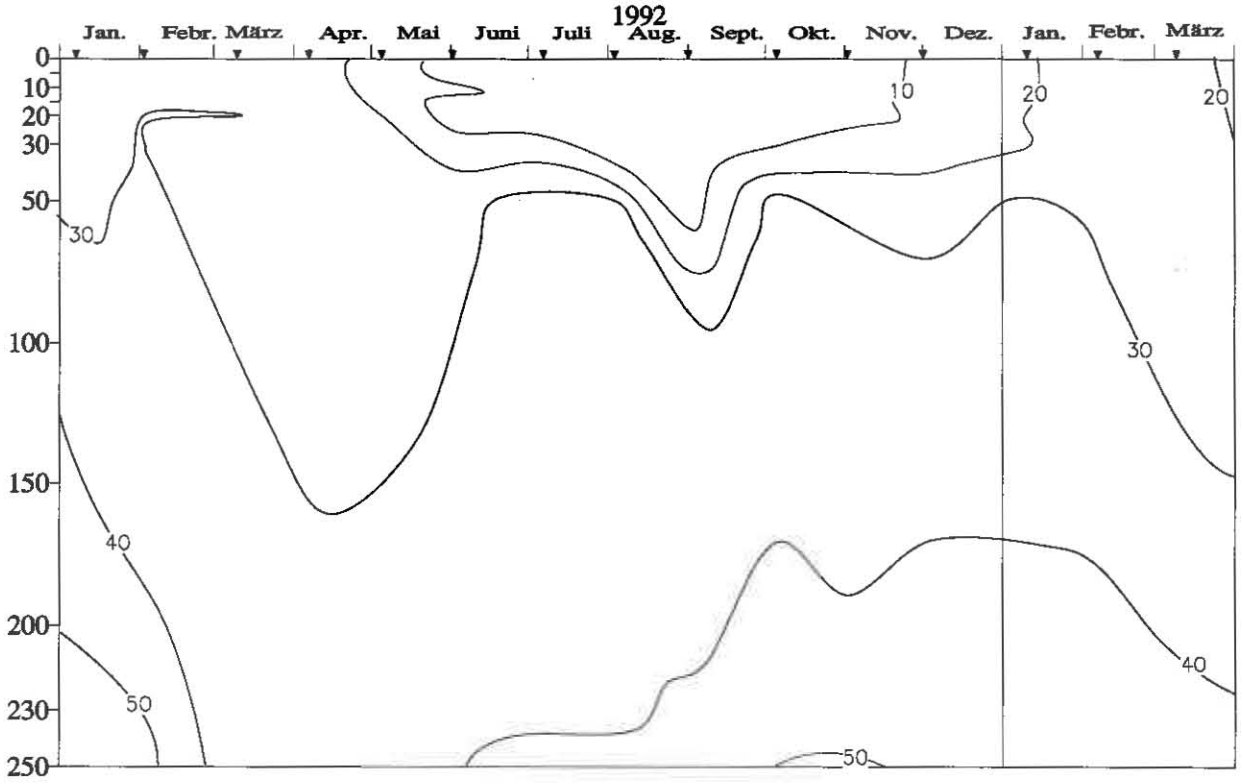


Abb. 13: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m³)

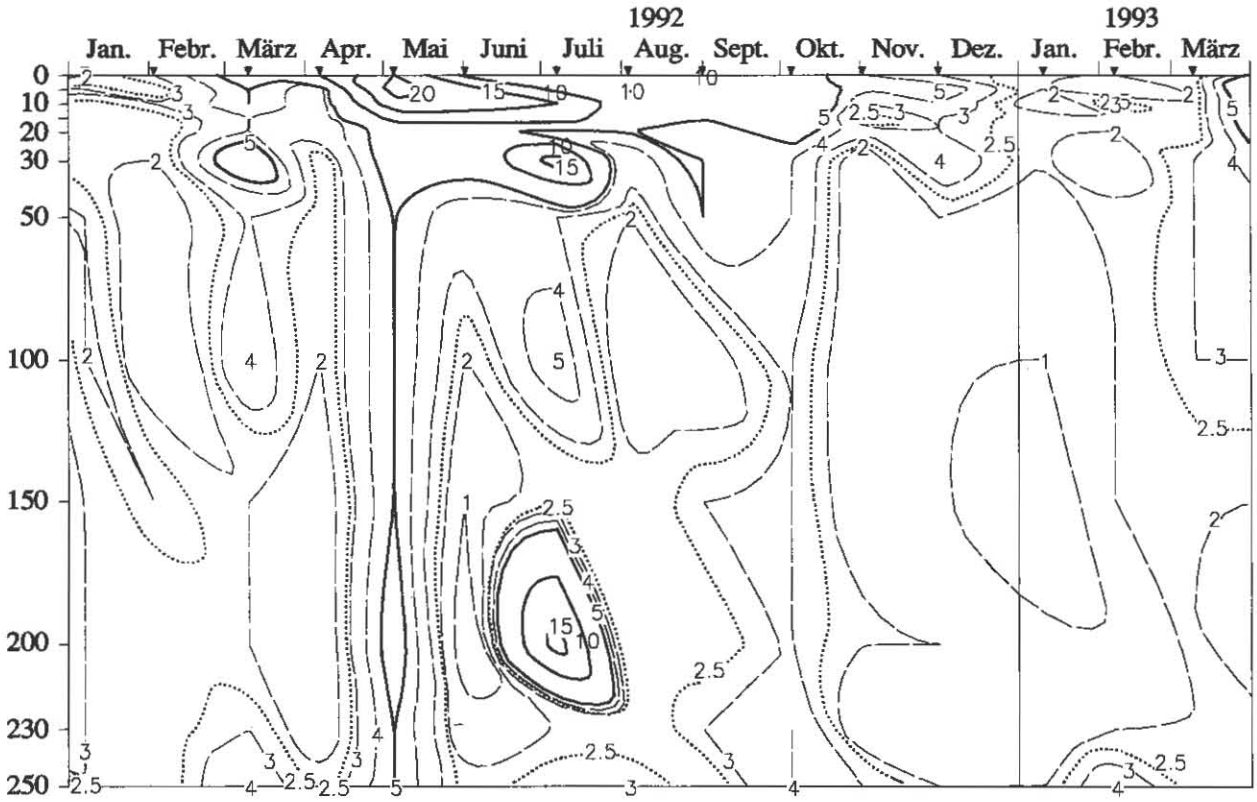


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

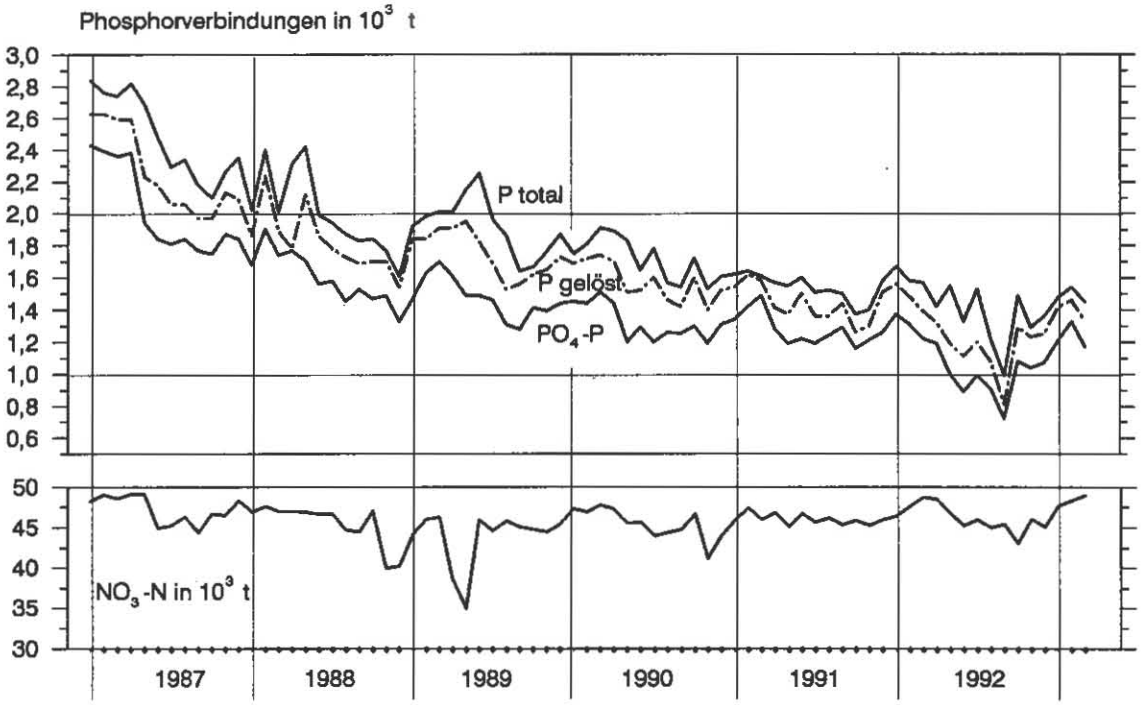


Abb. 15: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (P, NO_3-N) 0–250 m Tiefe

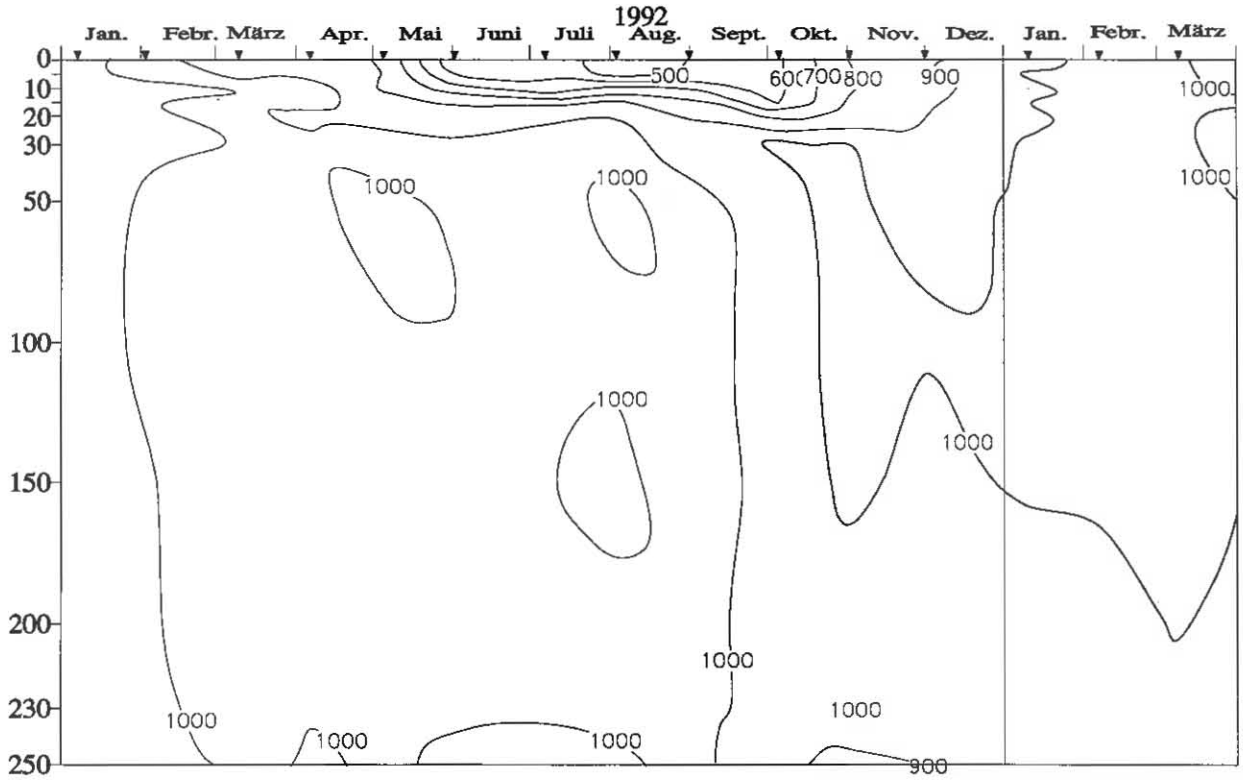


Abb. 16: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

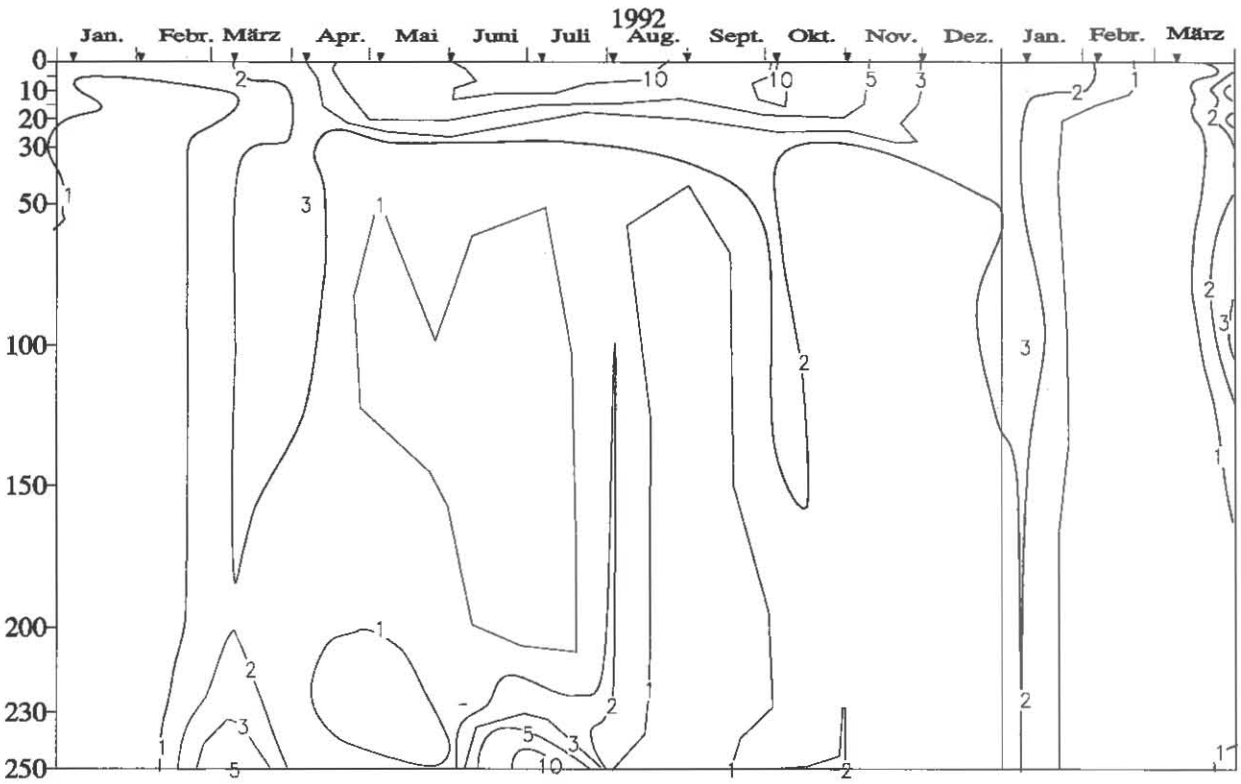


Abb. 17: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

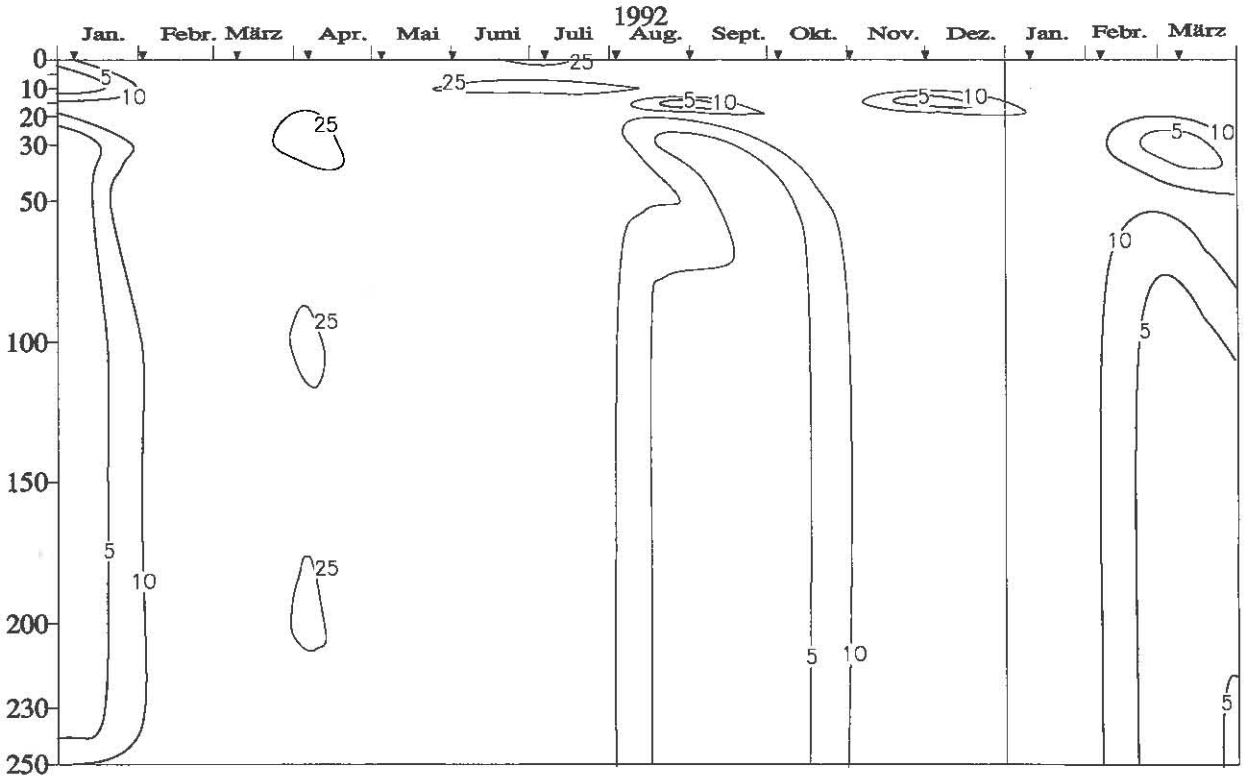


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

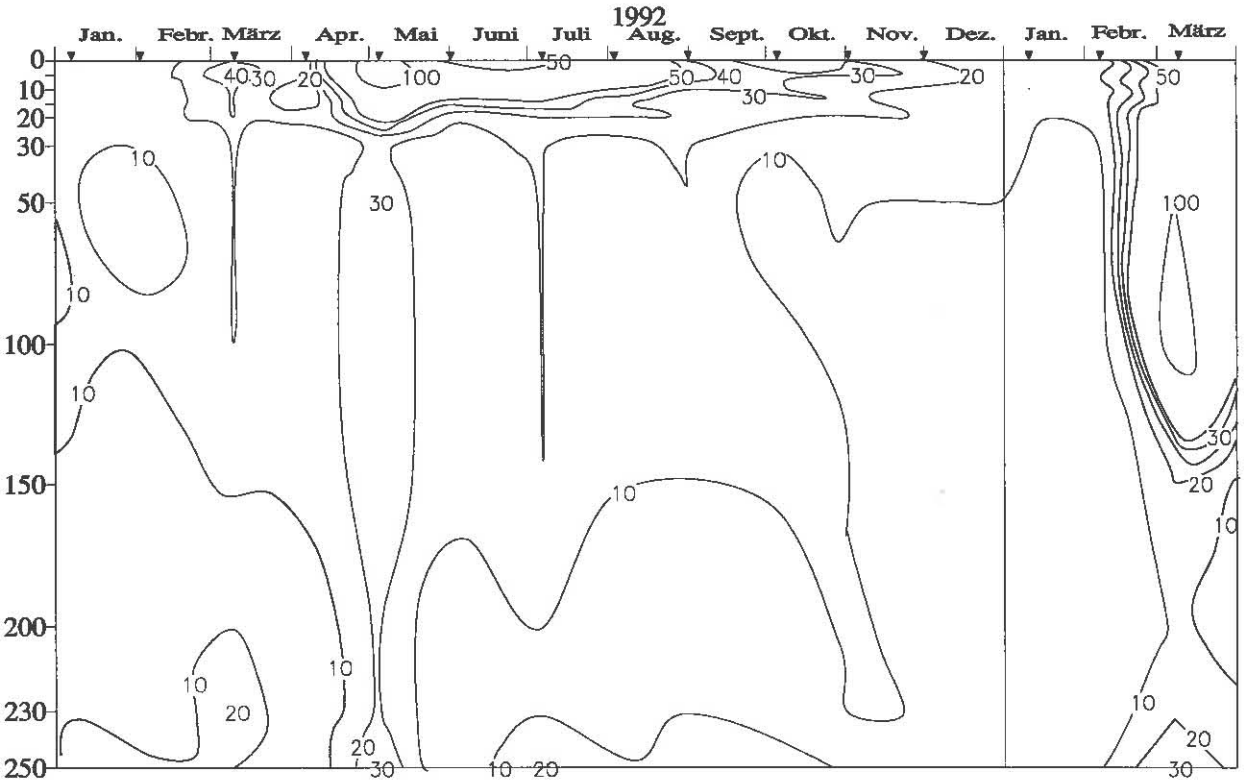


Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Stickstoff (mg/m^3)

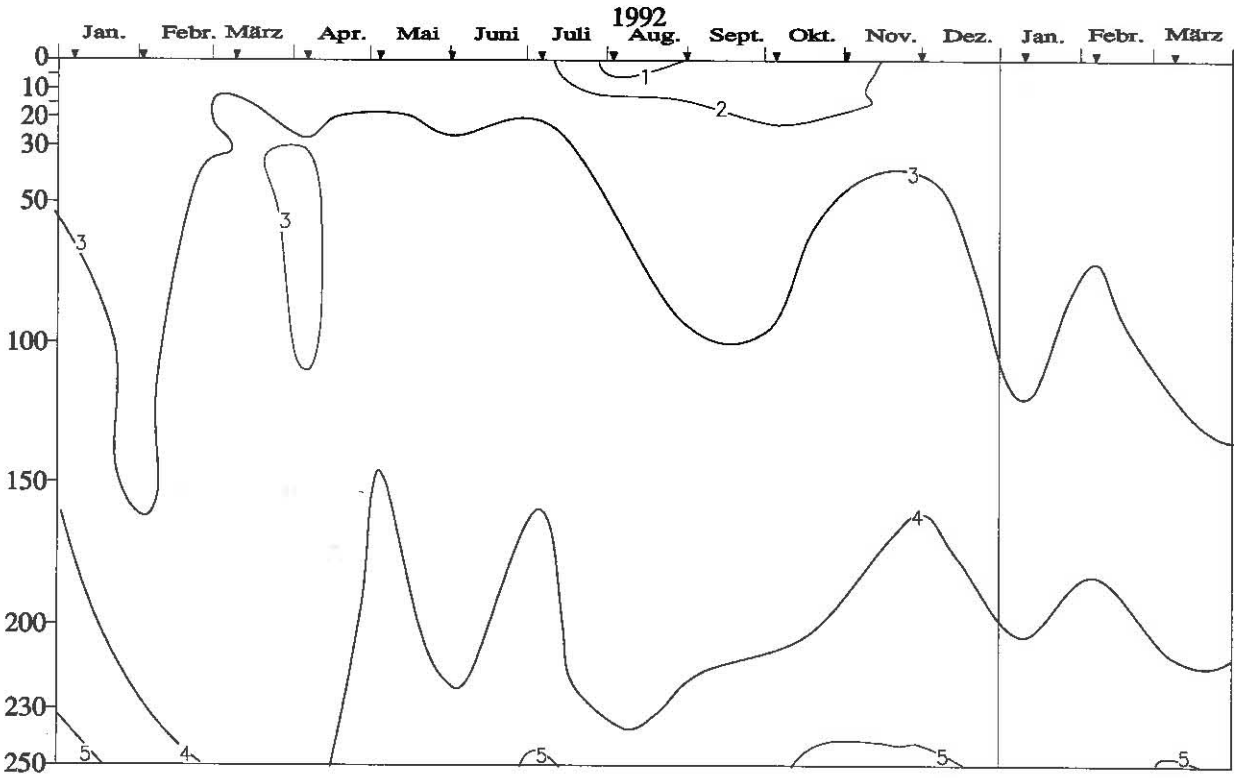


Abb. 20: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Silikat (mg/l)

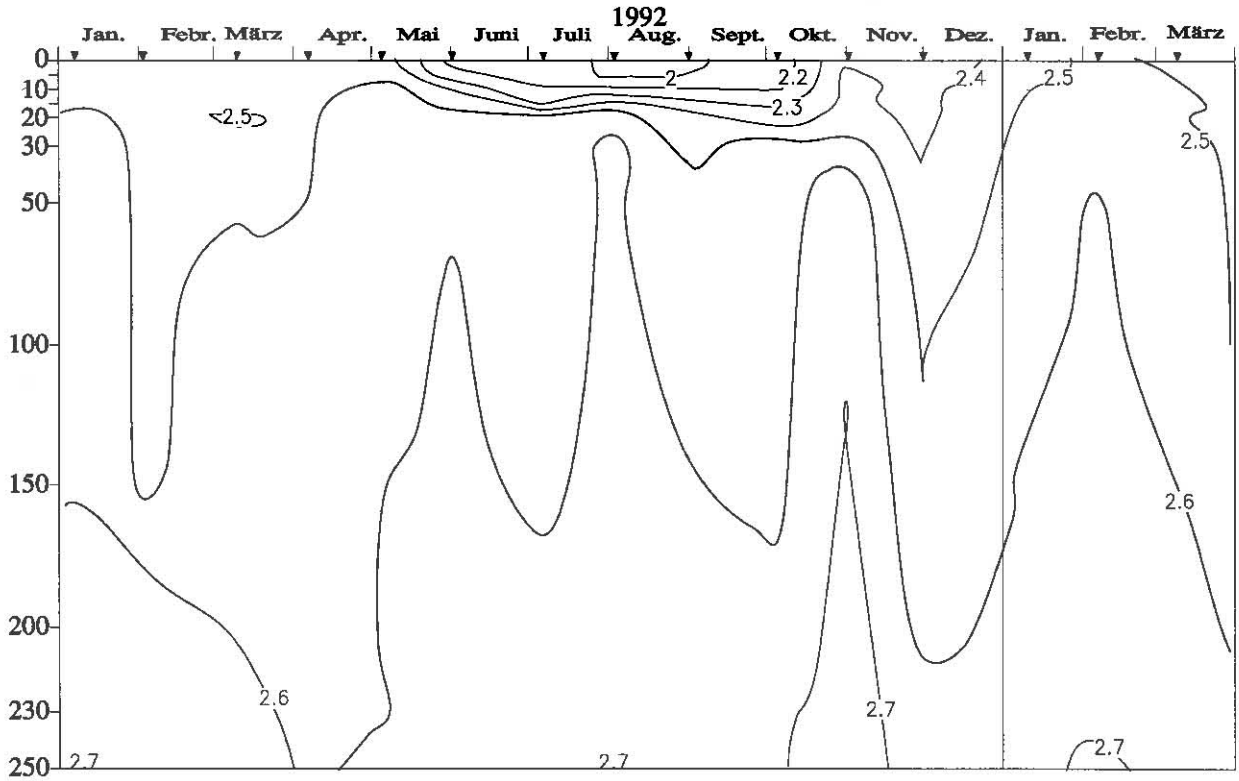


Abb. 21: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

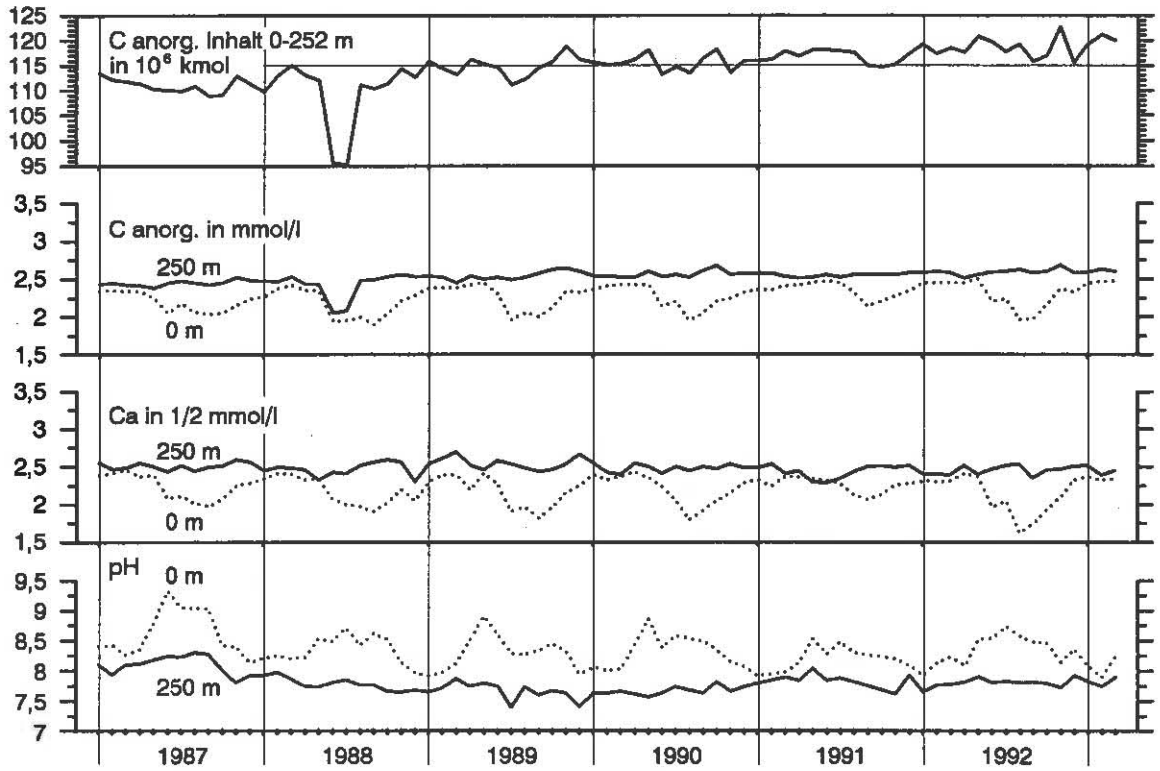


Abb. 22: Bodensee – Obersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

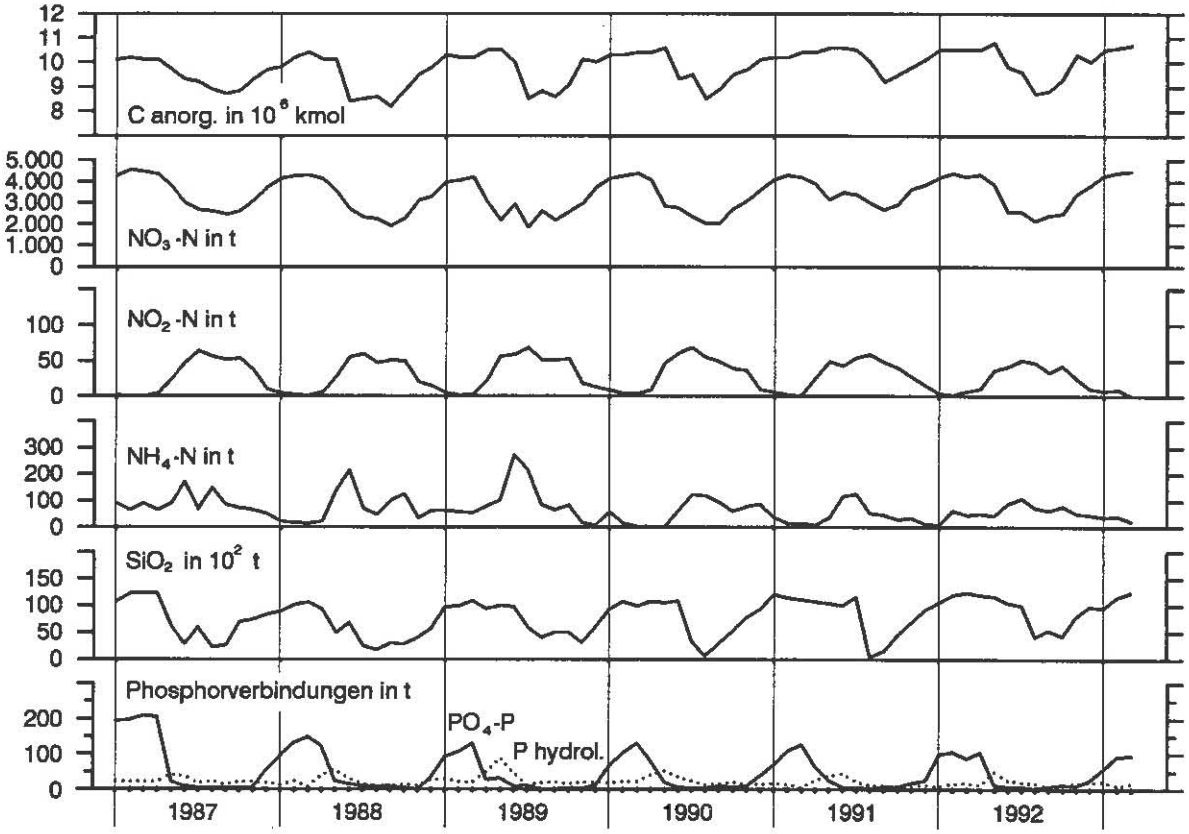


Abb. 23: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (Phosphor, Stickstoff, Silikat,
anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

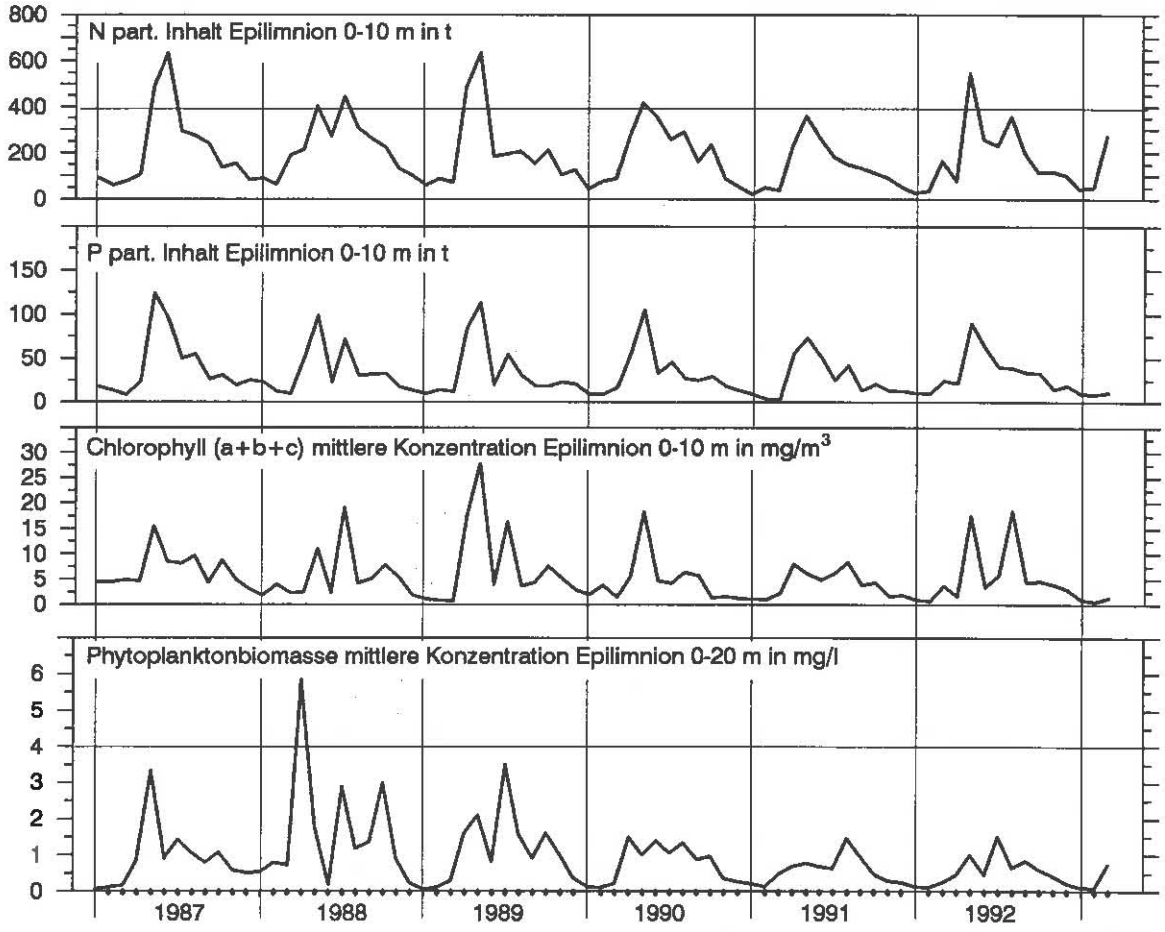


Abb. 24: Bodensee – Obersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

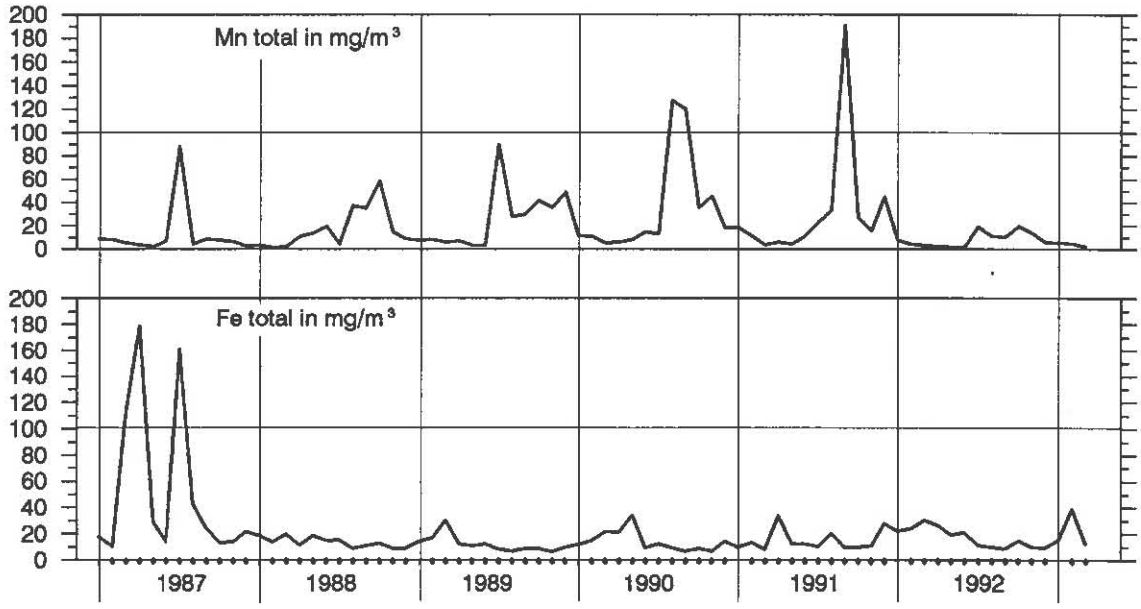


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Konzentrationen von Eisen total und Mangan total in 250 m Tiefe

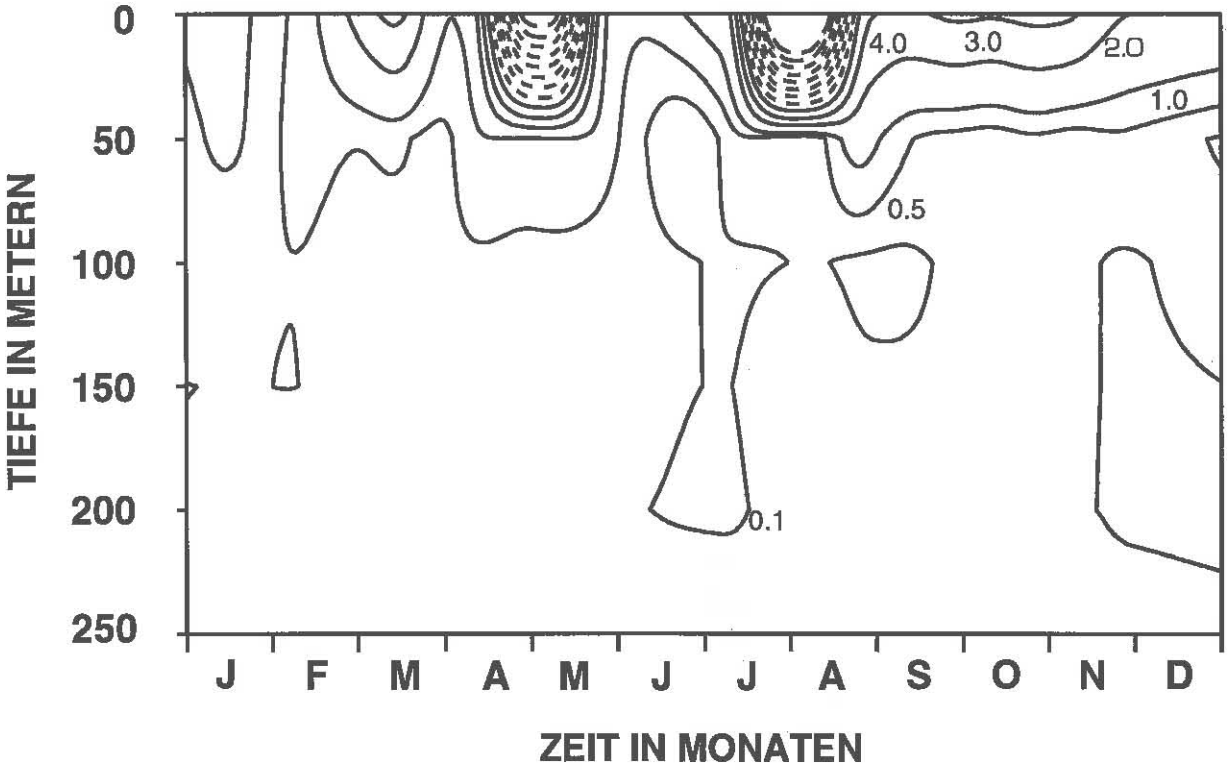


Abb. 26: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Chlorophyll a (mg/m^3)

Abb. 27 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil: Entwicklung des Phytoplanktons Biomassen in g/m² (0-20m Tiefe), Monatsmittel 1992/93

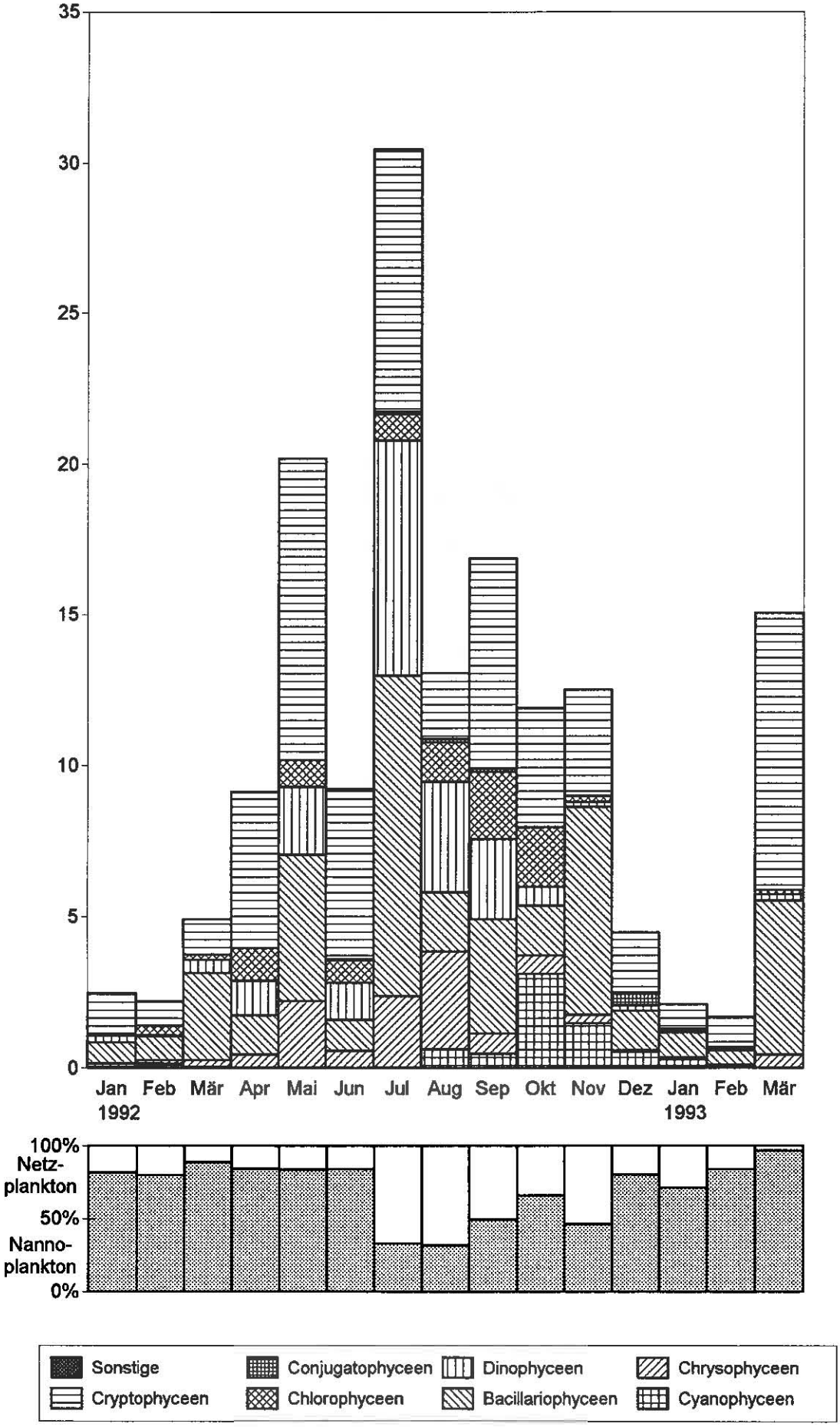


Abb. 28 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons,
Biomassen der Hauptarten in g/m² (0-20m Tiefe), Monatsmittel 1992/93

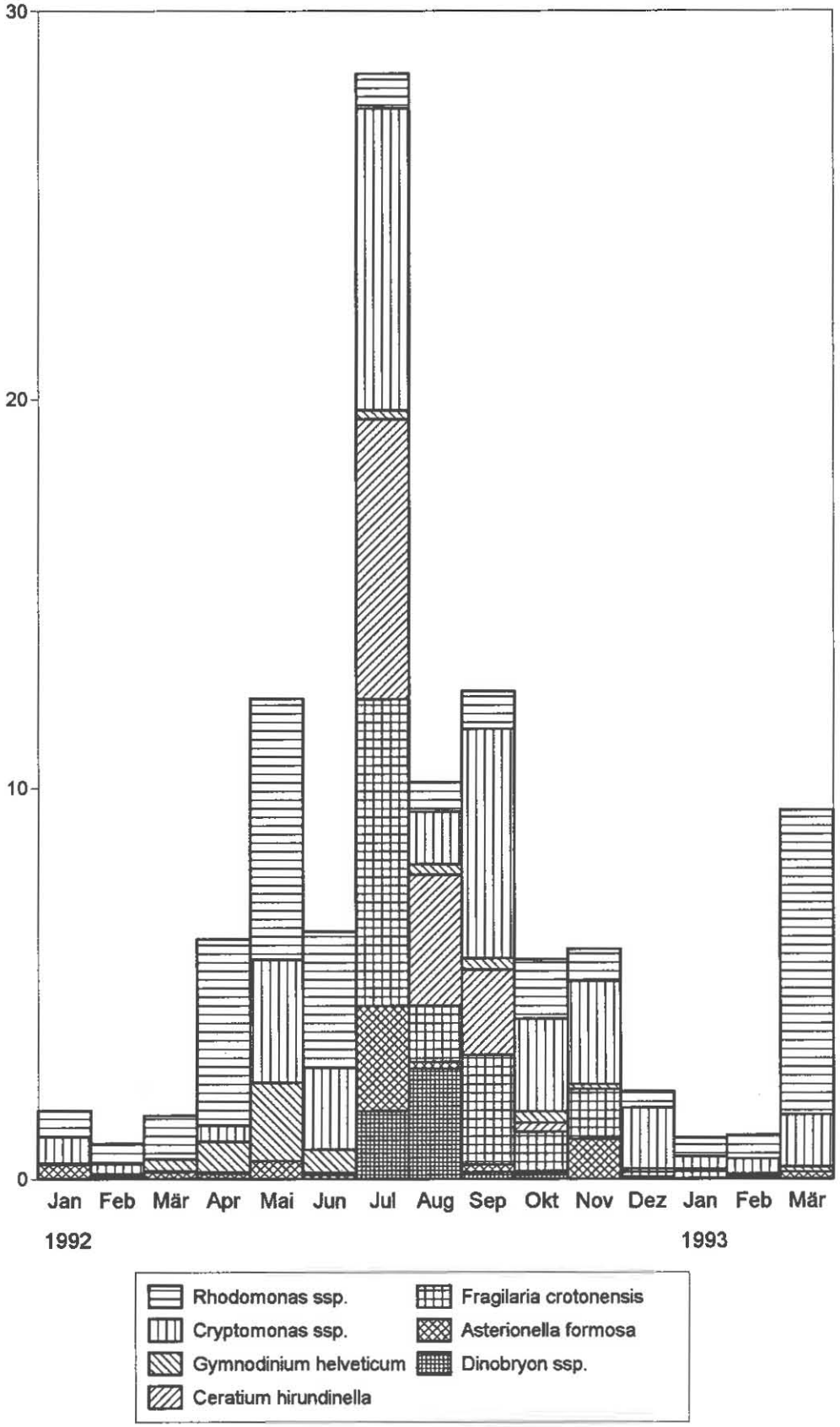


Abb. 29 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil: Entwicklung der Cladoceren Tiere je m², Monatsmittel 1992/93

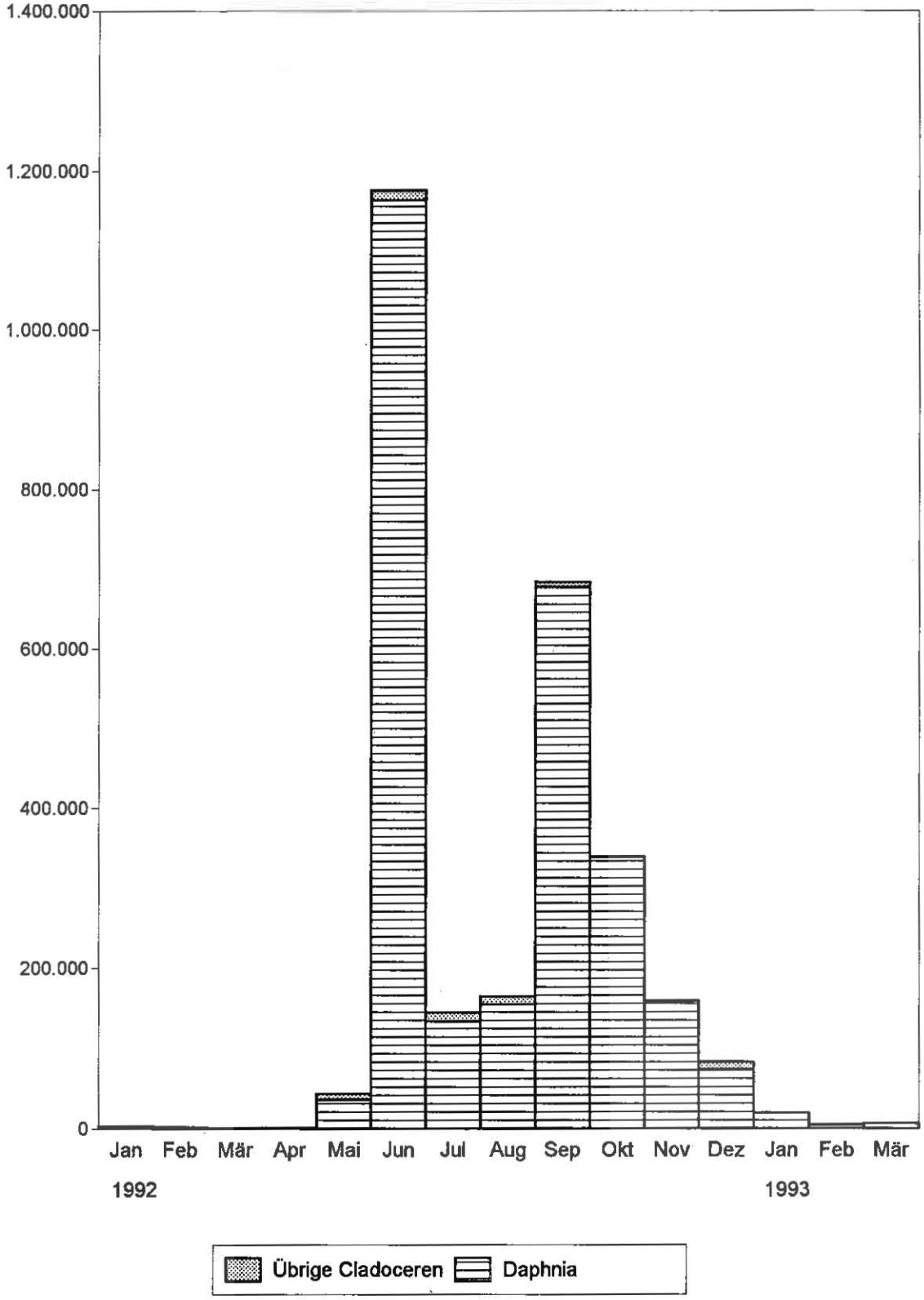


Abb. 30 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil: Entwicklung der Copepoden, adulte Tiere und Copepodite, Tiere/m², Monatsmittel 1992/93

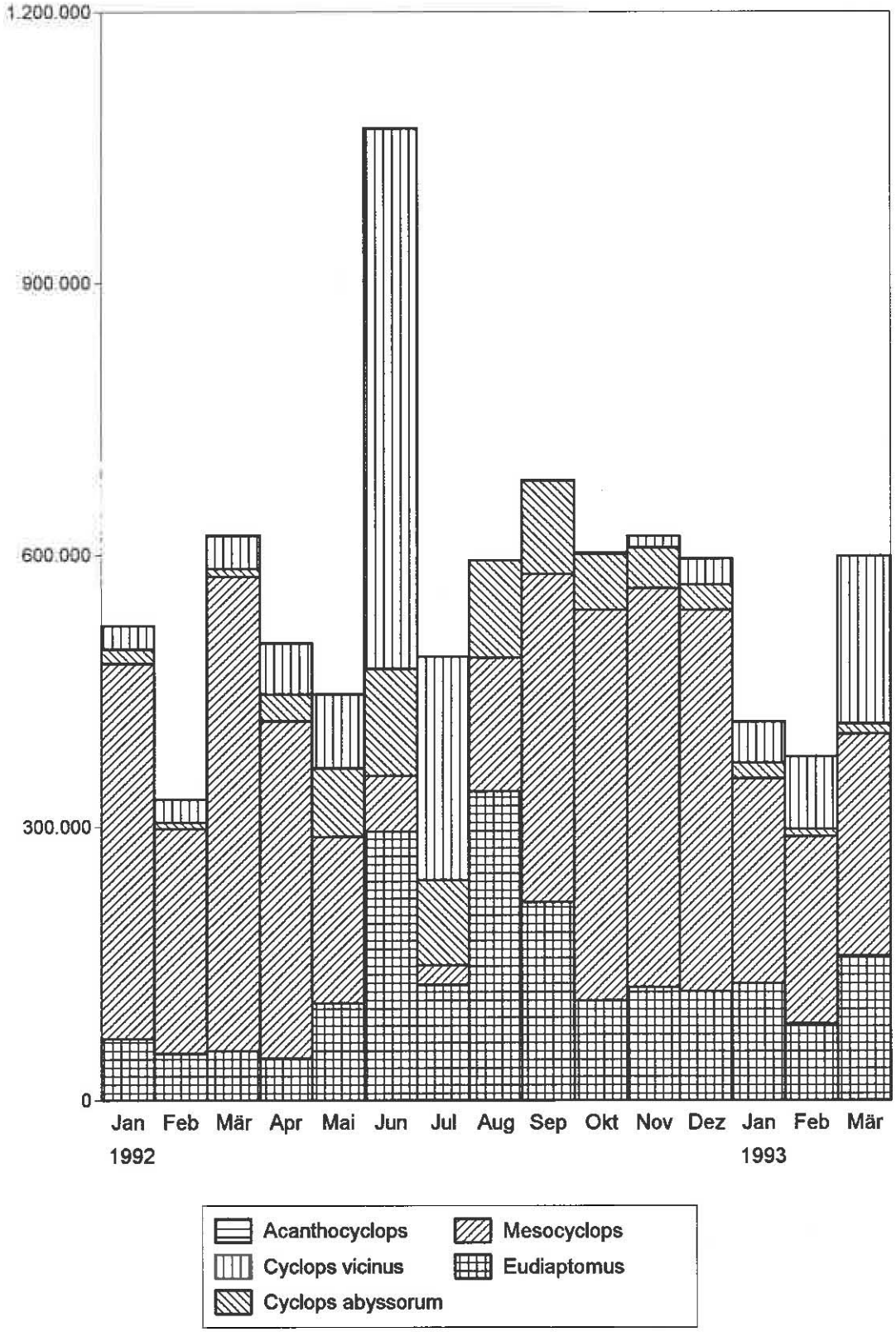


Abb. 31 Bodensee-Obersee, Fischbach-Uttwil: Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen, Tiere/m², Monatsmittel 1992/93

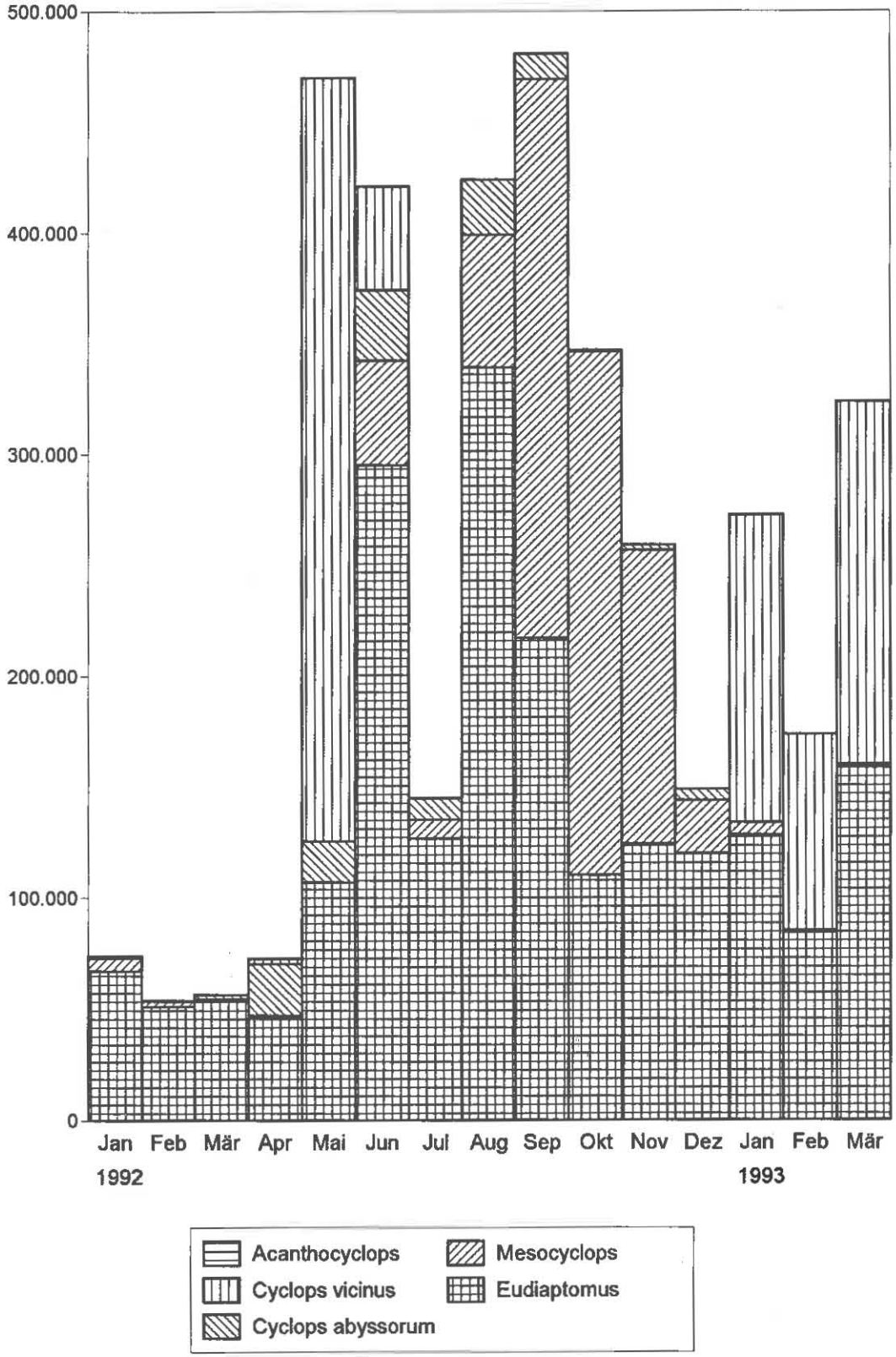
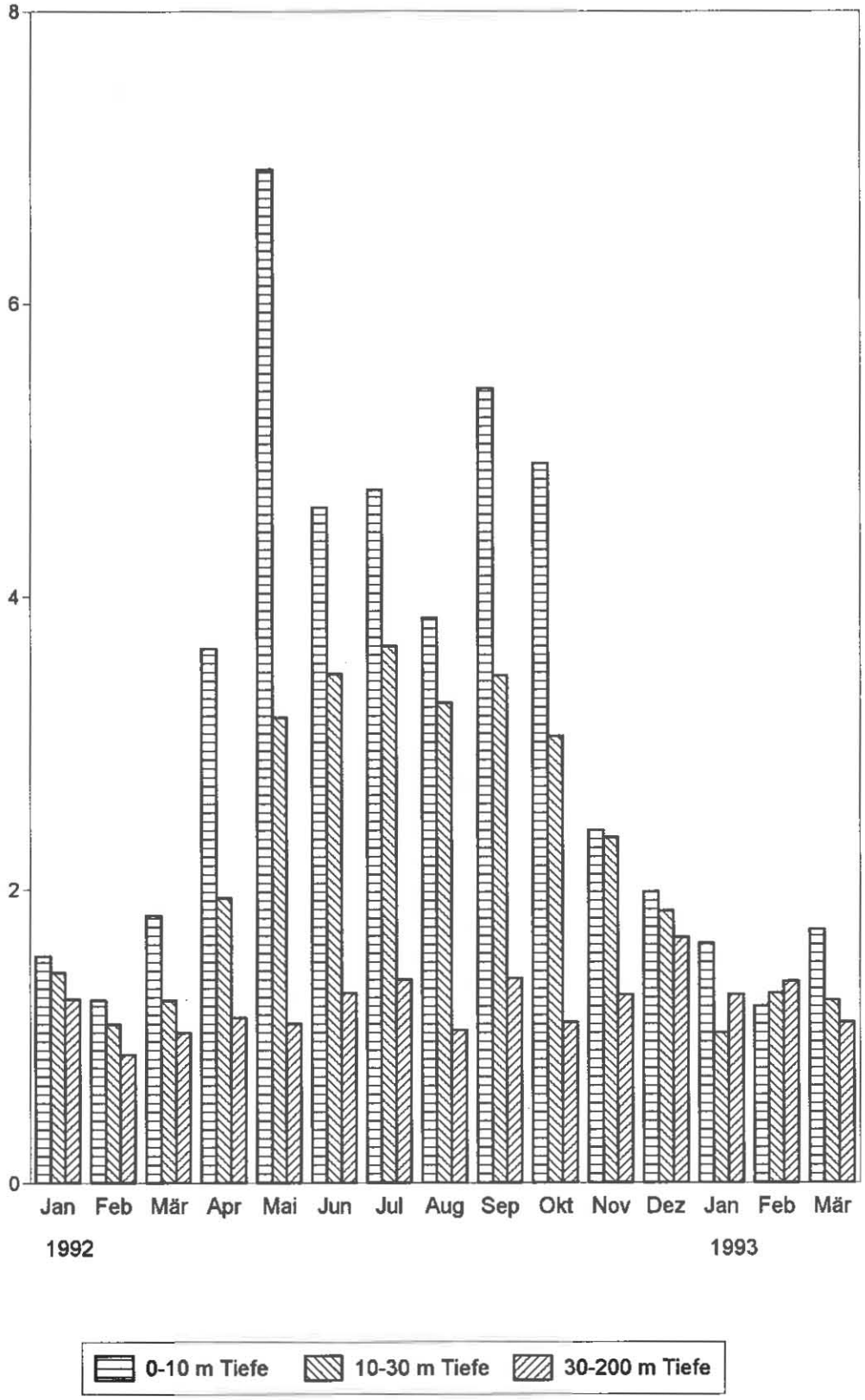


Abb. 32 Bodensee-Obersee, Langenargen-Arbon: Entwicklung des Bakterienplanktons, Gesamtkeimzahlen (Millionen Zellen/ml), Monatsmittel 1992/93



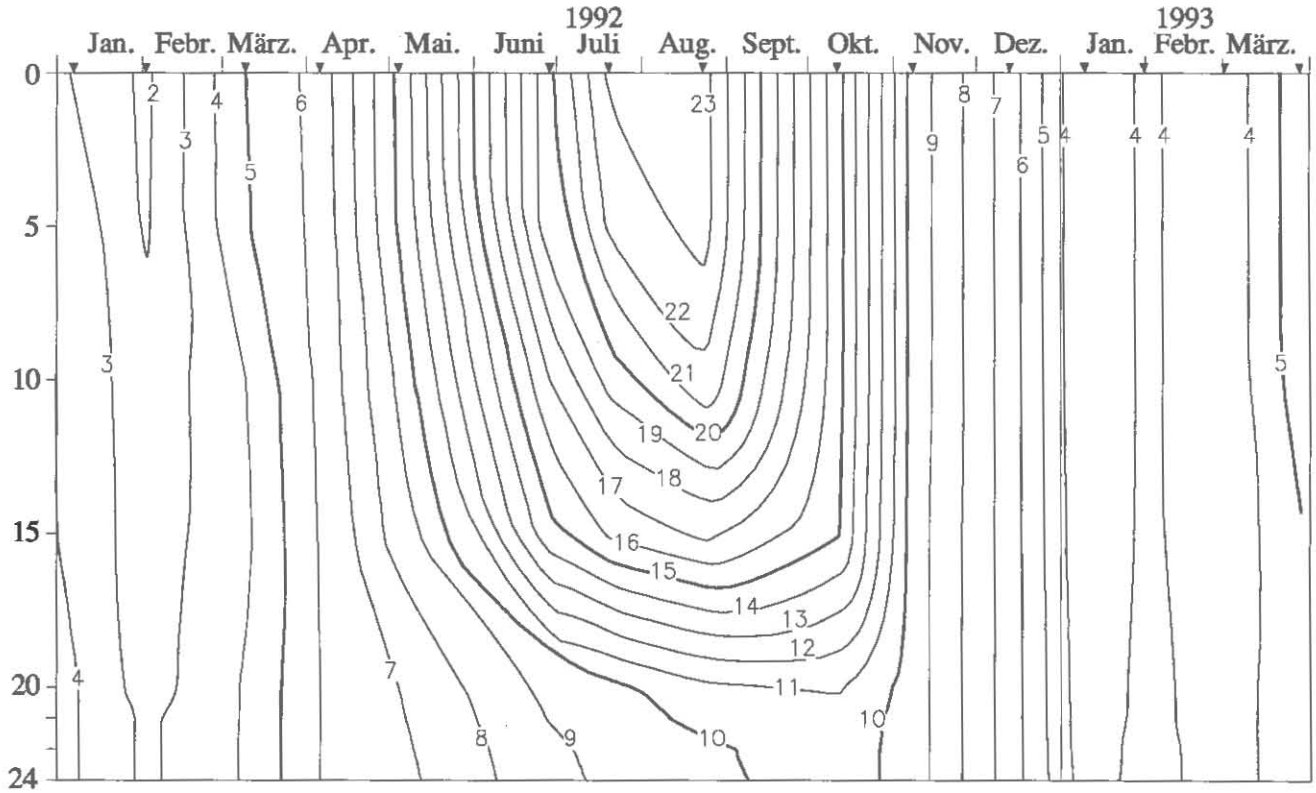


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Temperatur °C

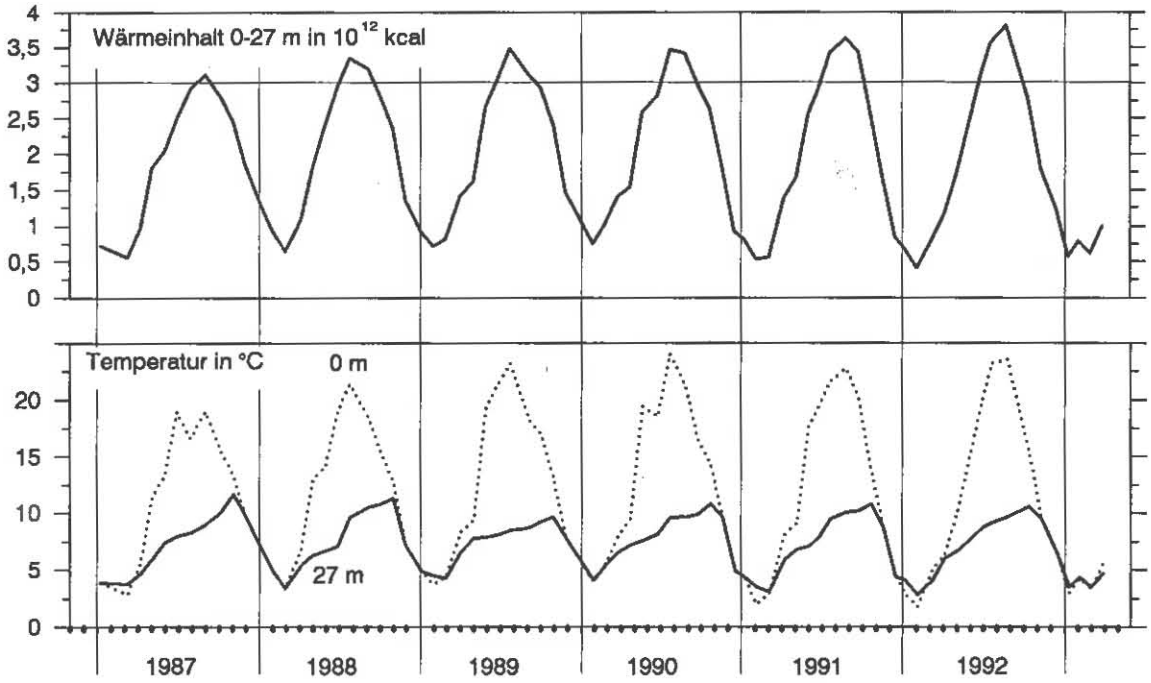


Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Thermik

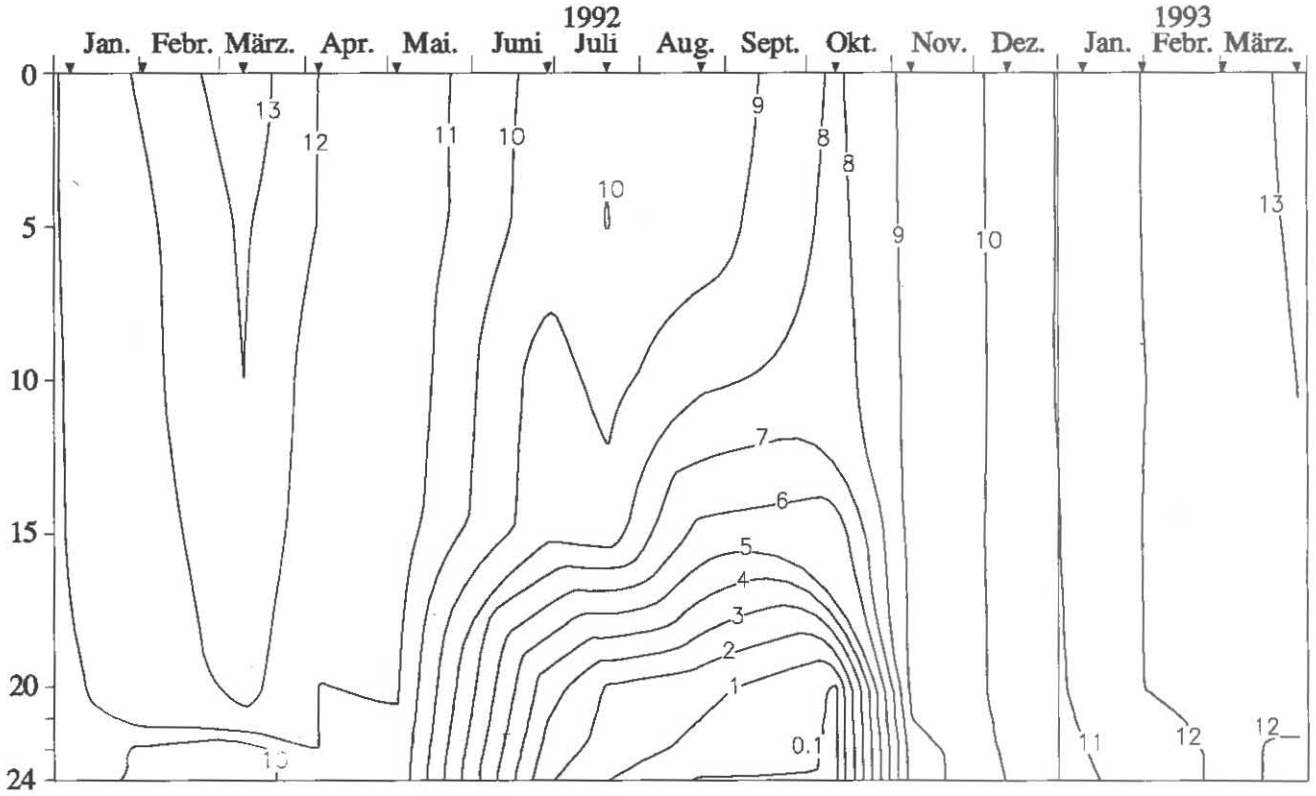


Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoff (mg/l)

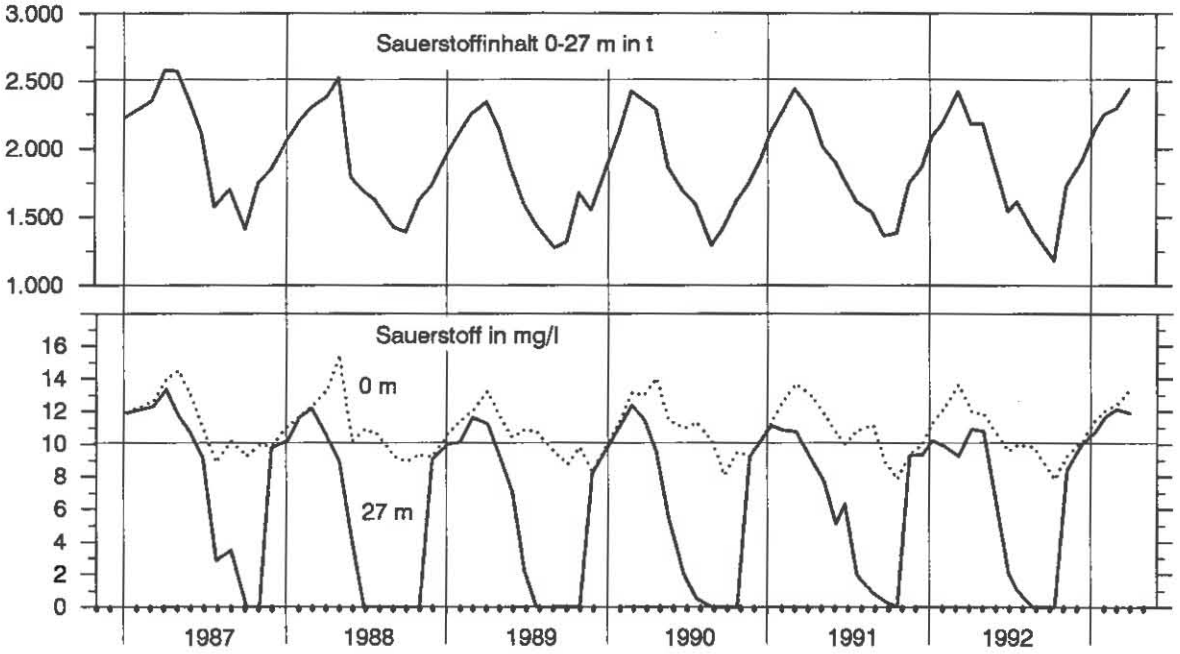


Abb. 36: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoffinhalt 0–27 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 27 m Tiefe

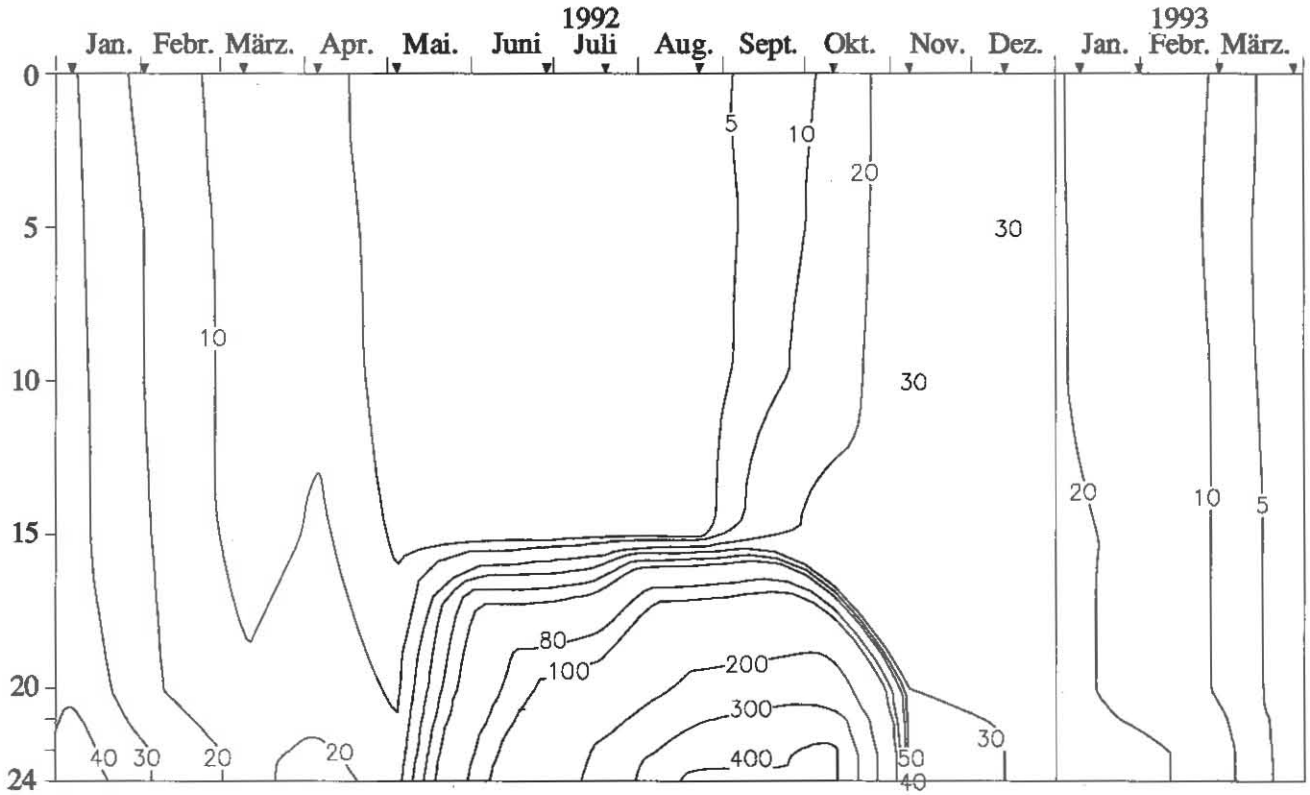


Abb. 37: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ortophosphat – Phosphor (mg/m^3)

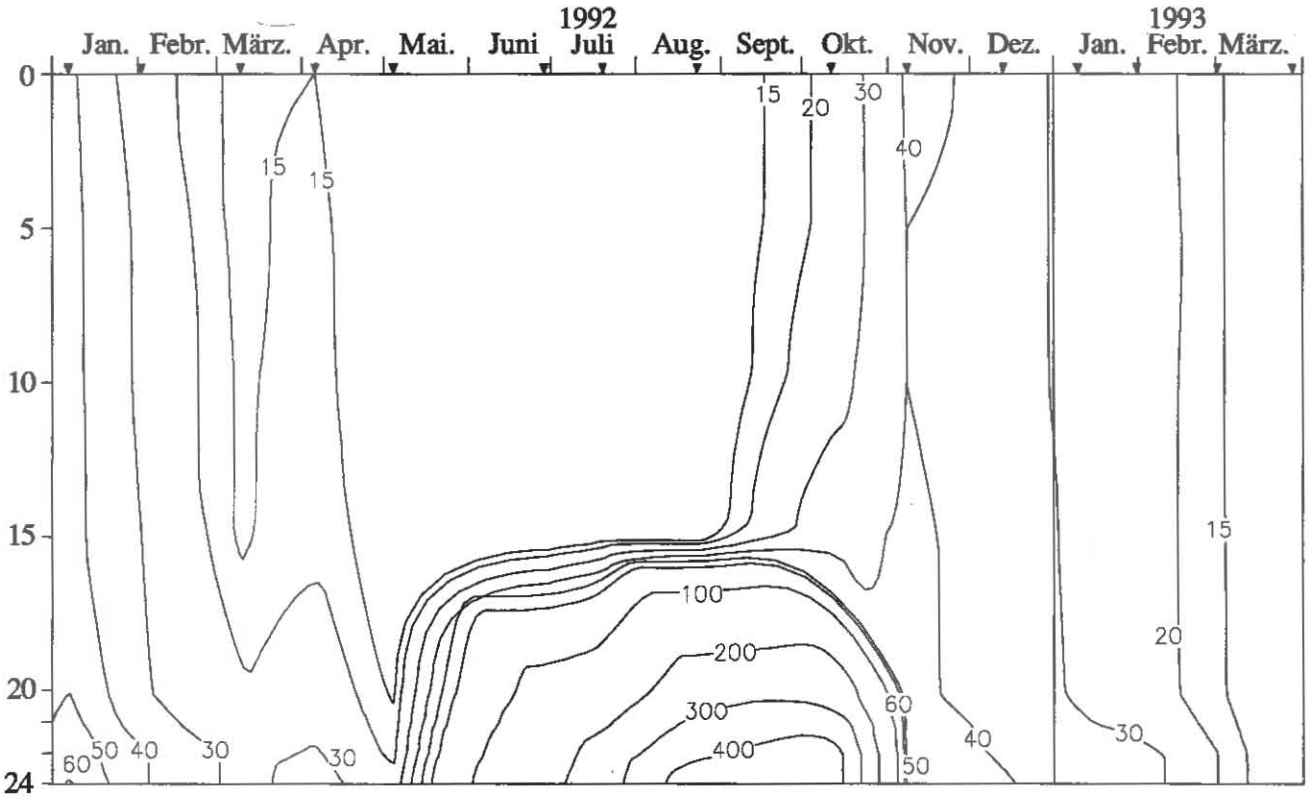


Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m^3)

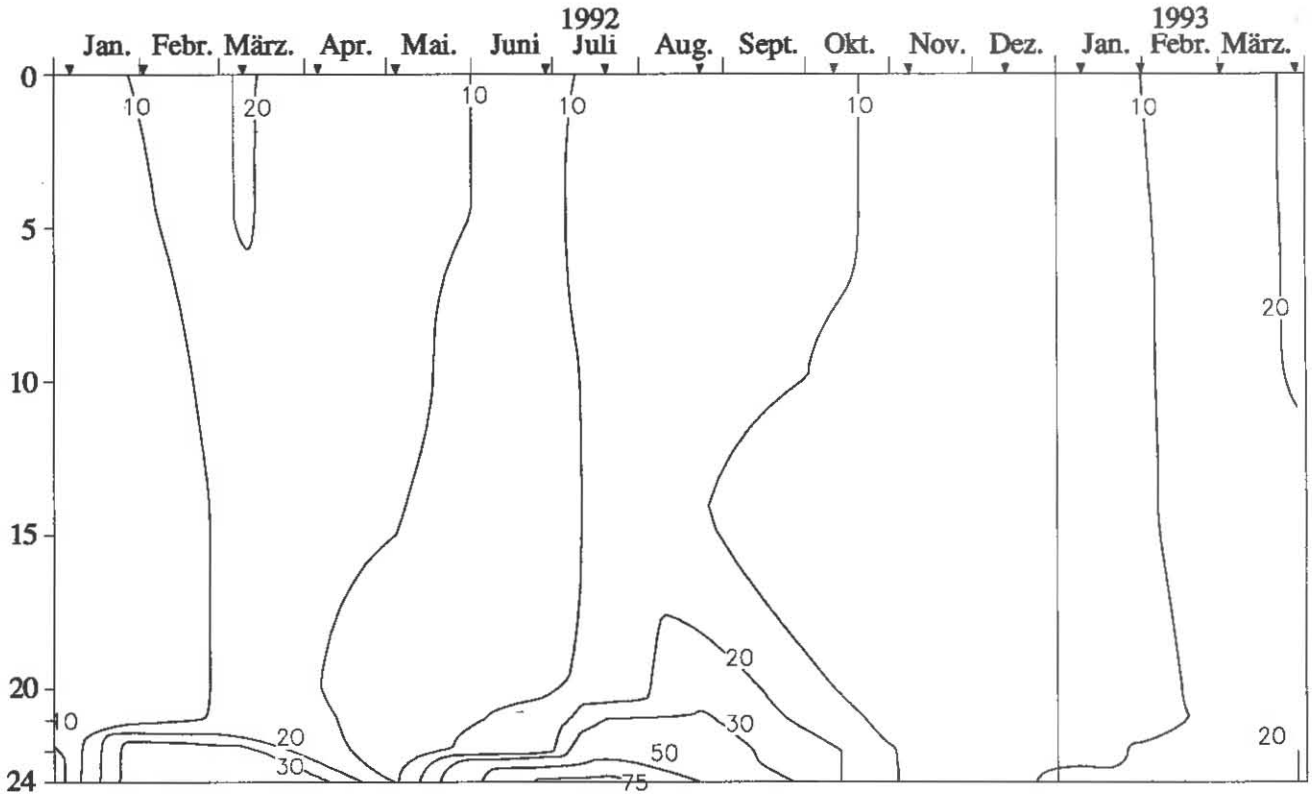


Abb. 39: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

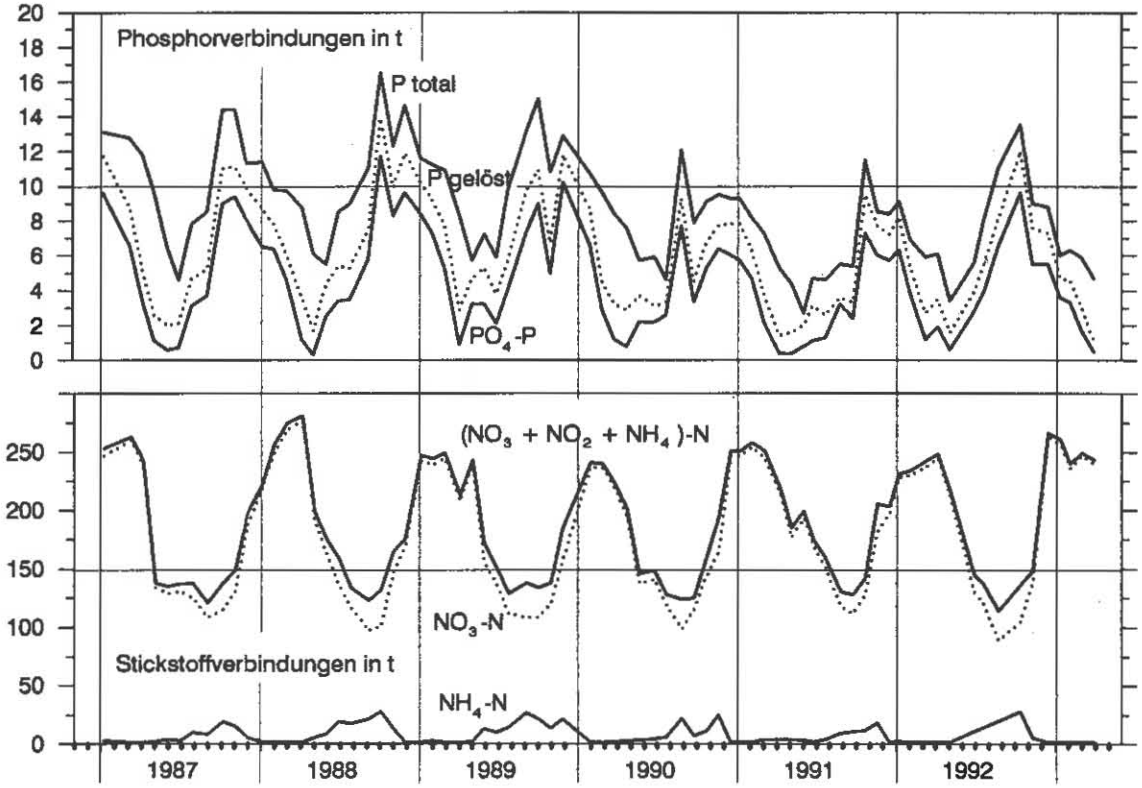


Abb. 40: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt 0–27 m Tiefe

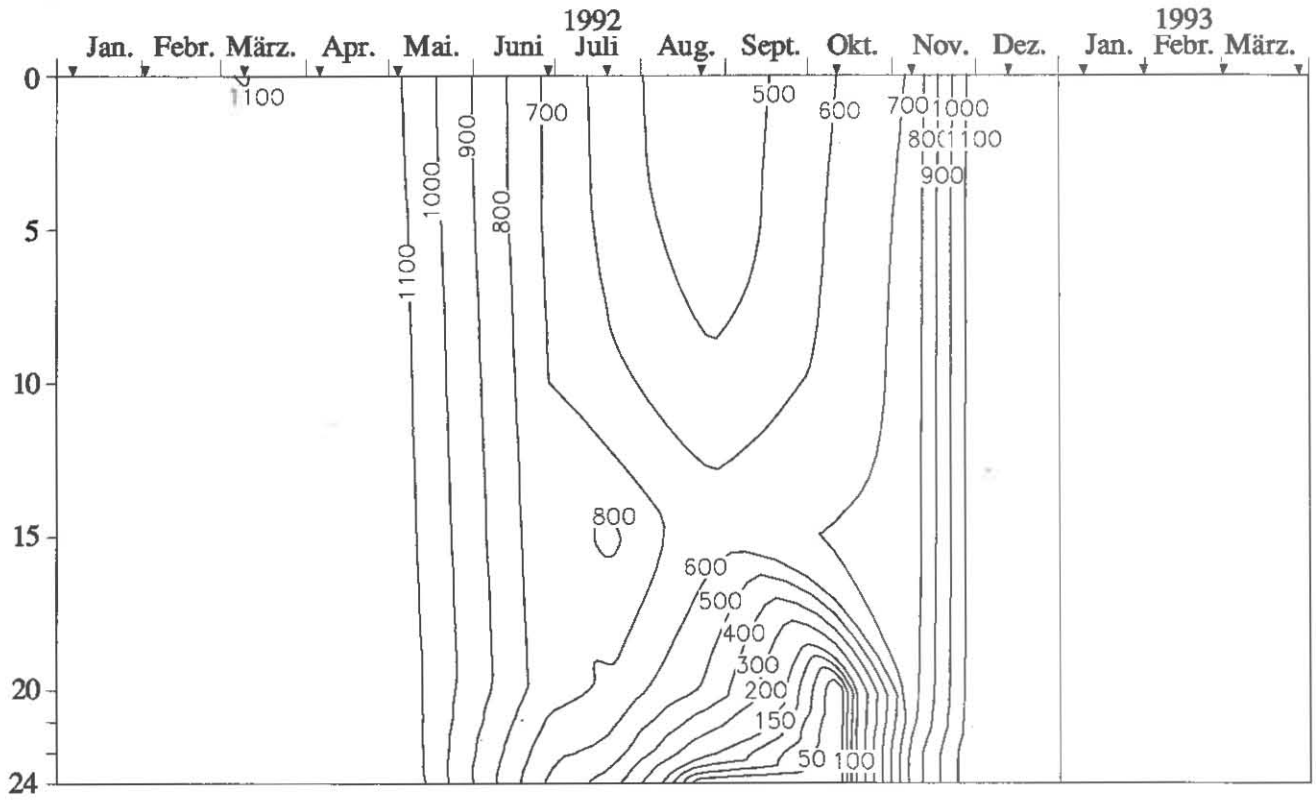


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

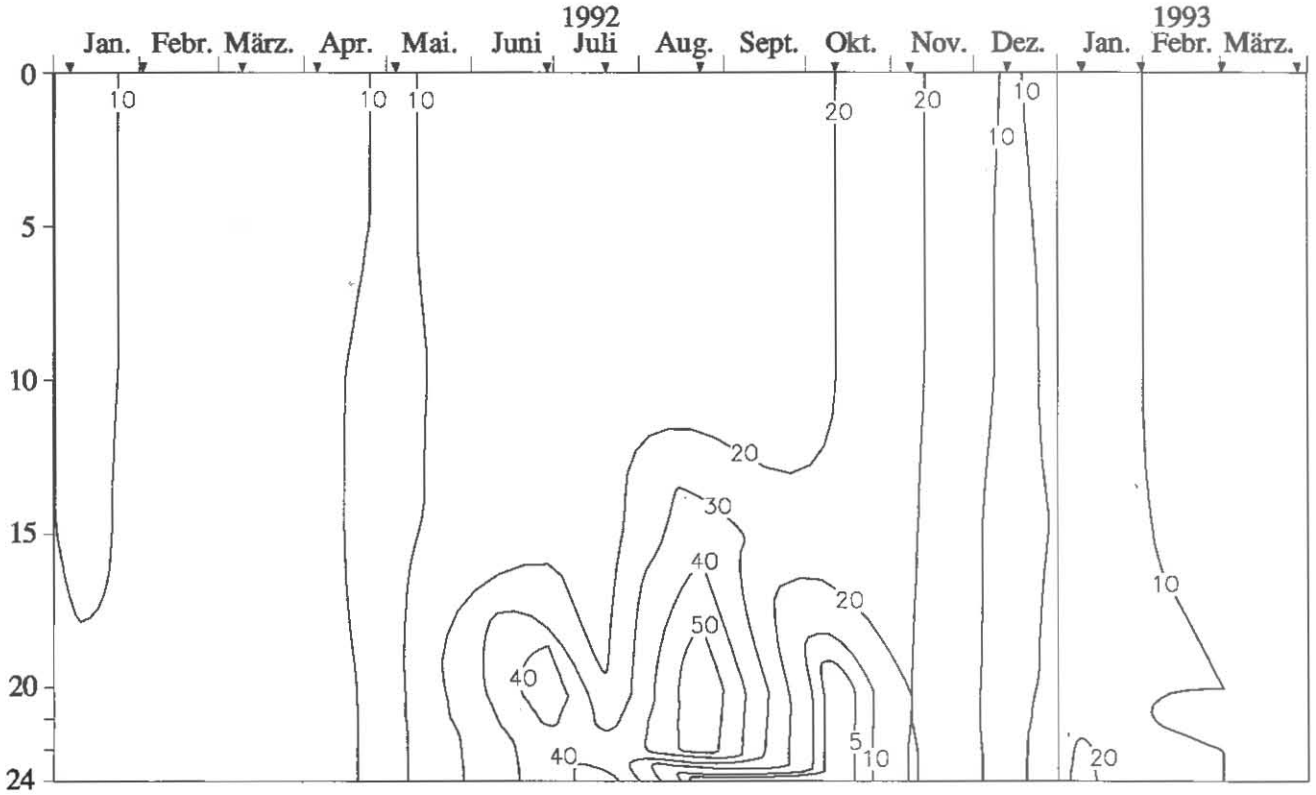


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

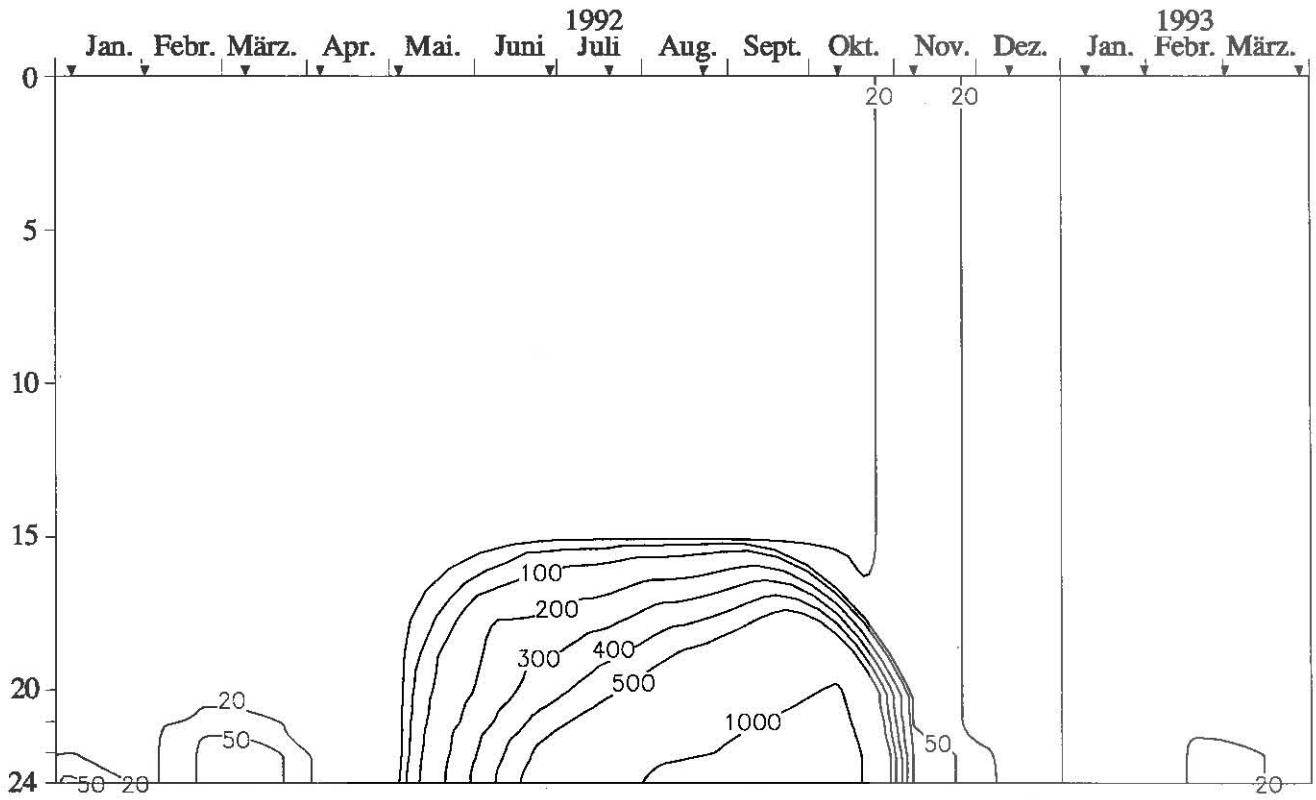


Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

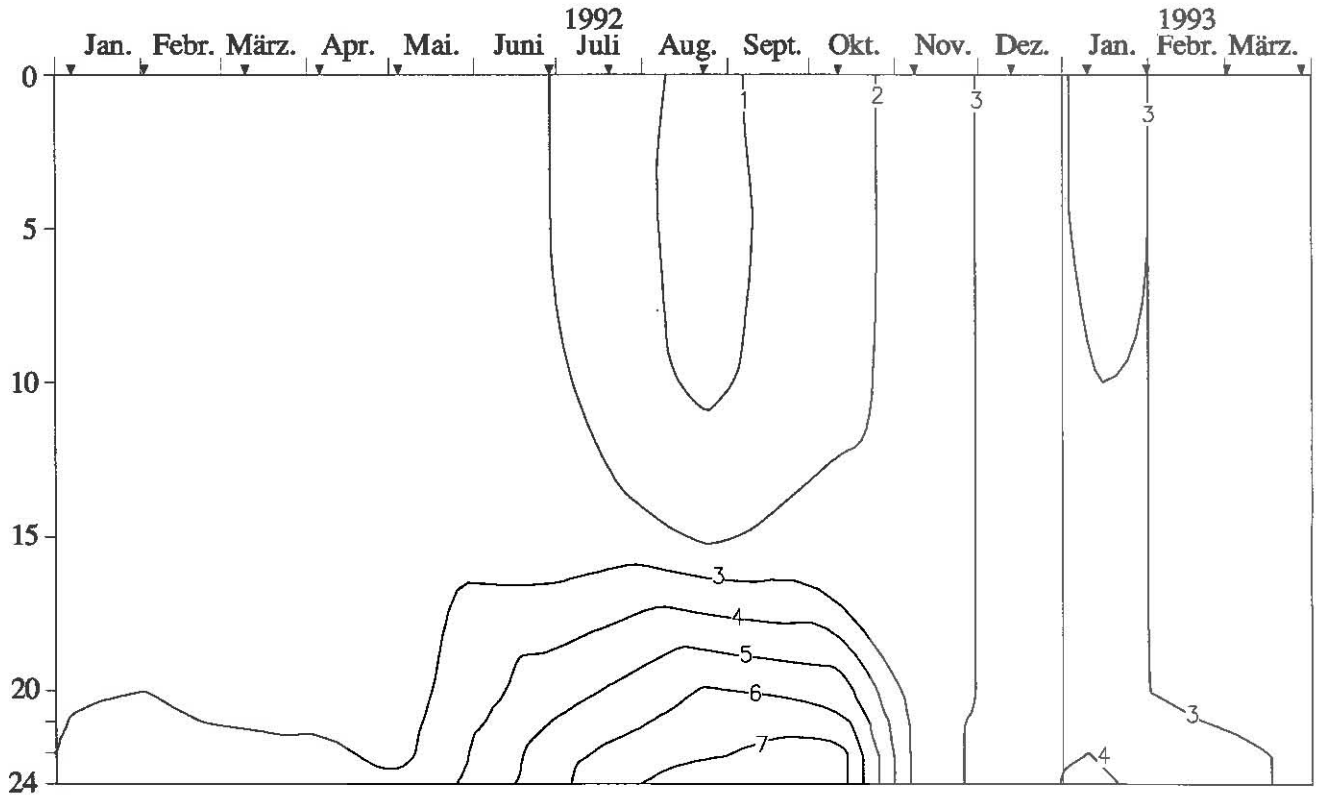


Abb. 44: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Silikat (mg/l)

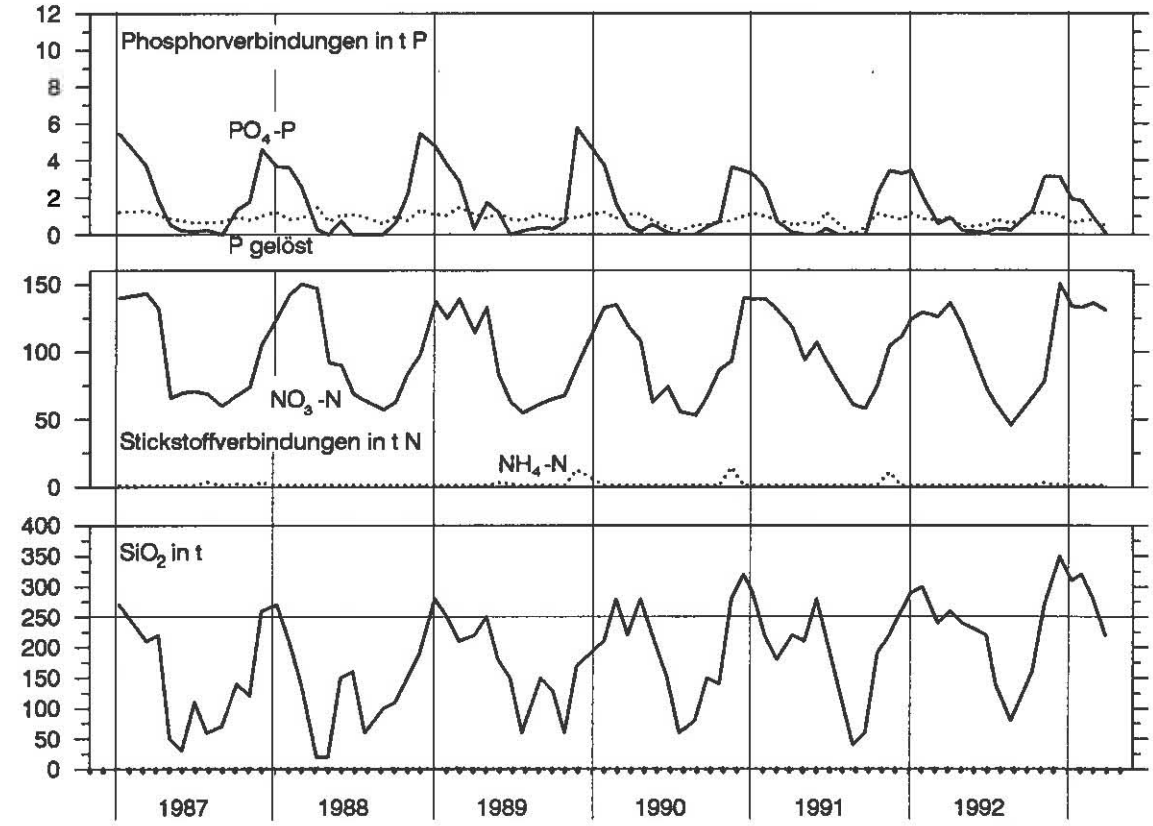


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

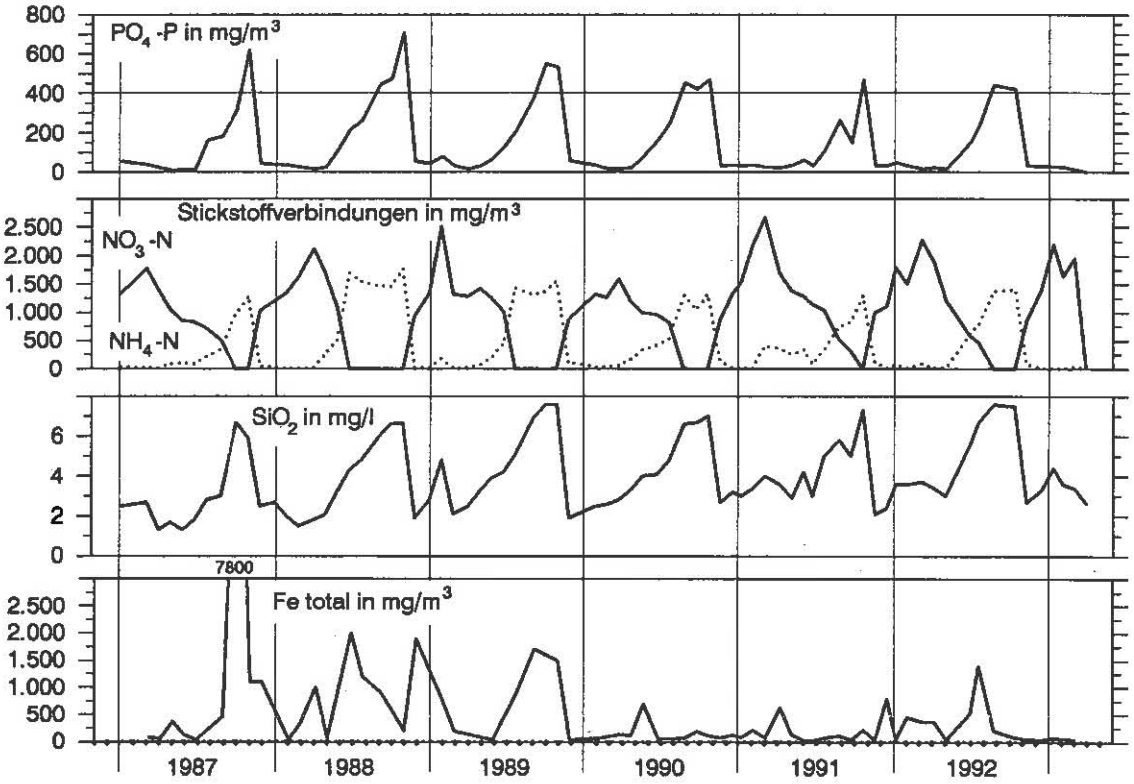


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

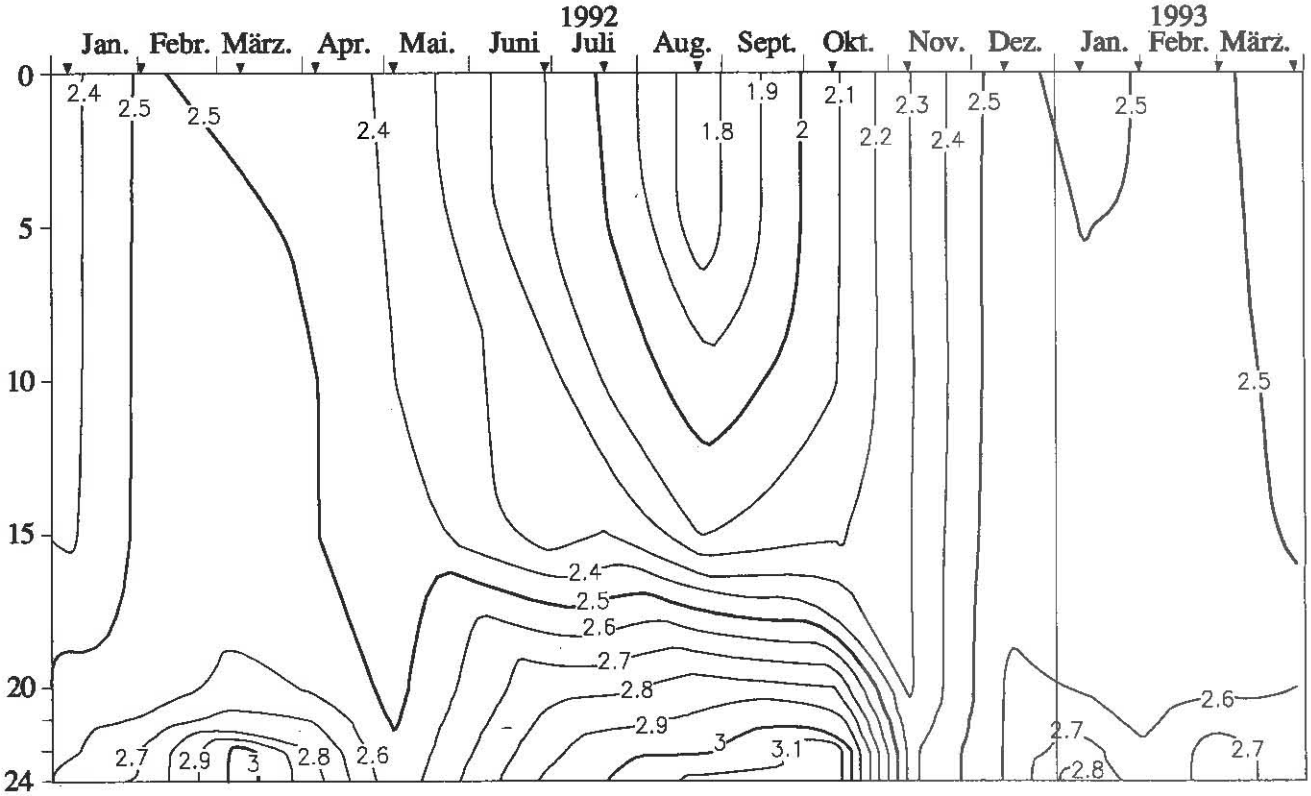


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

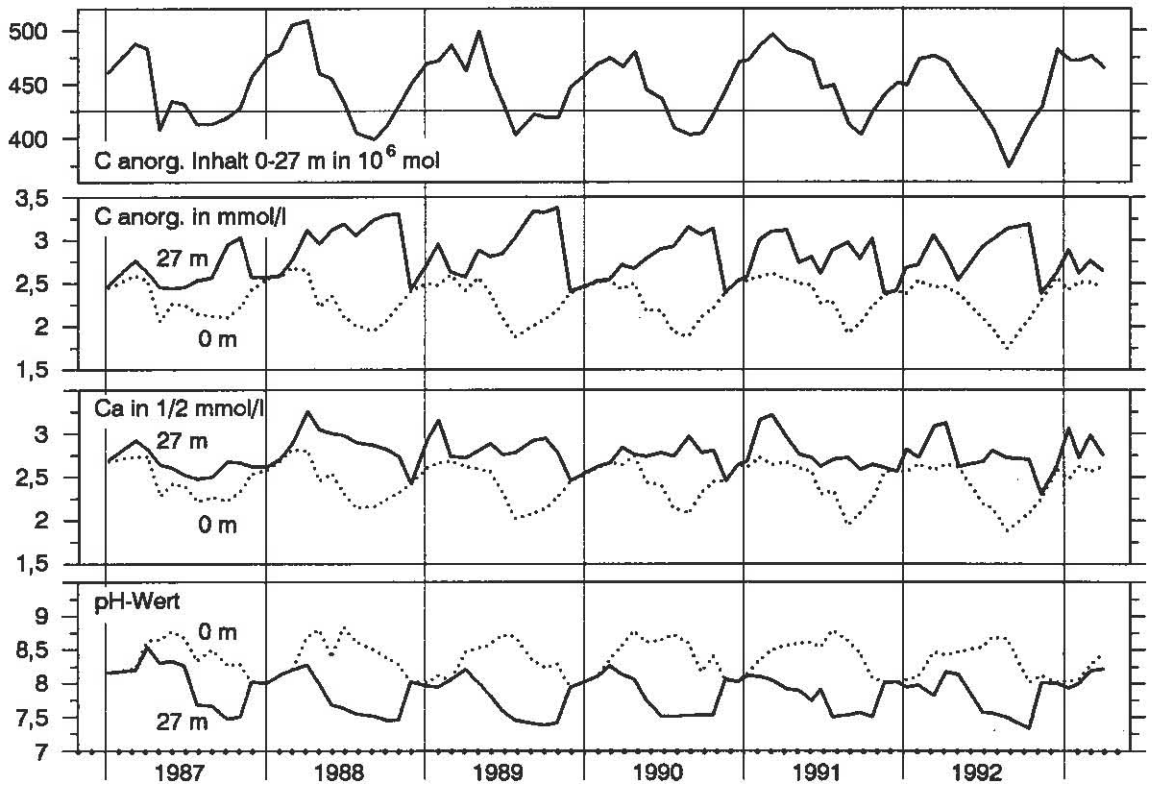


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–27 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium,
pH-Wert

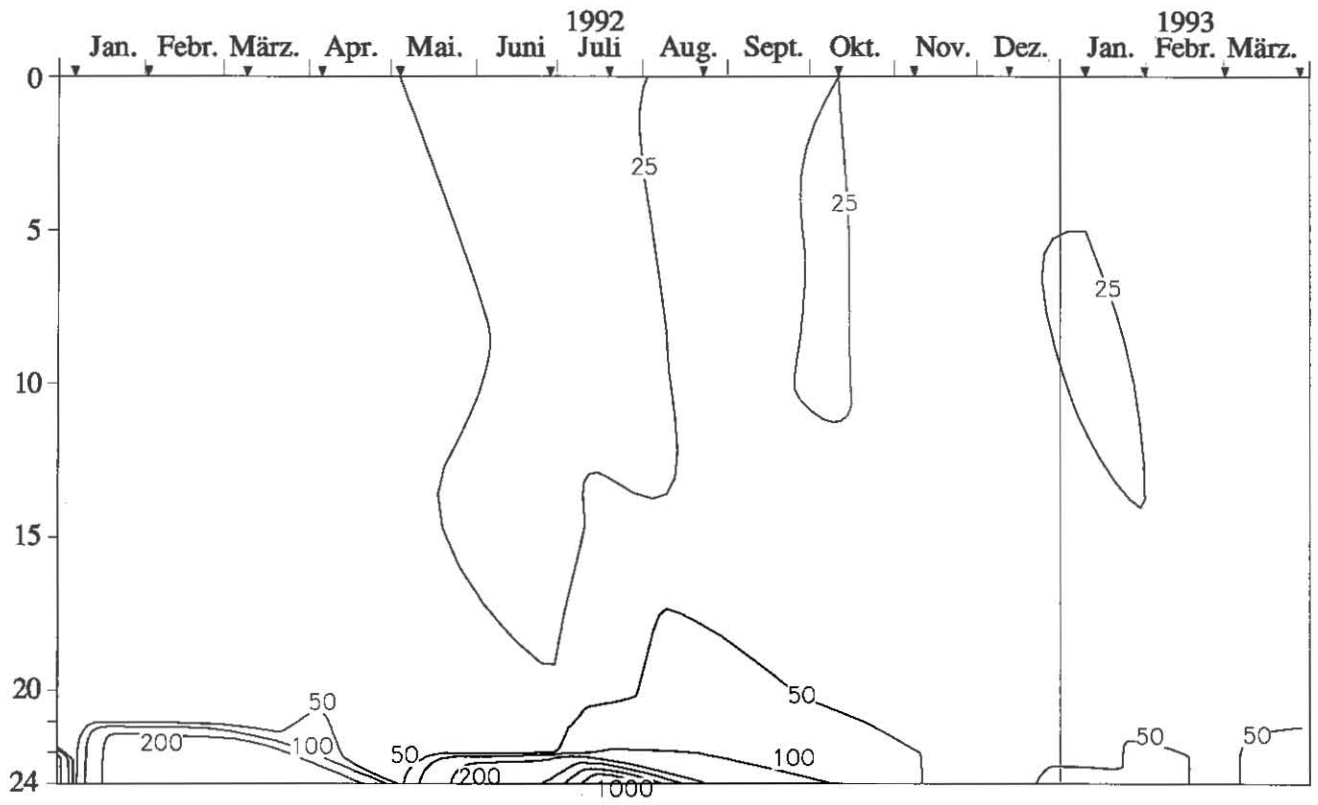


Abb. 49: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

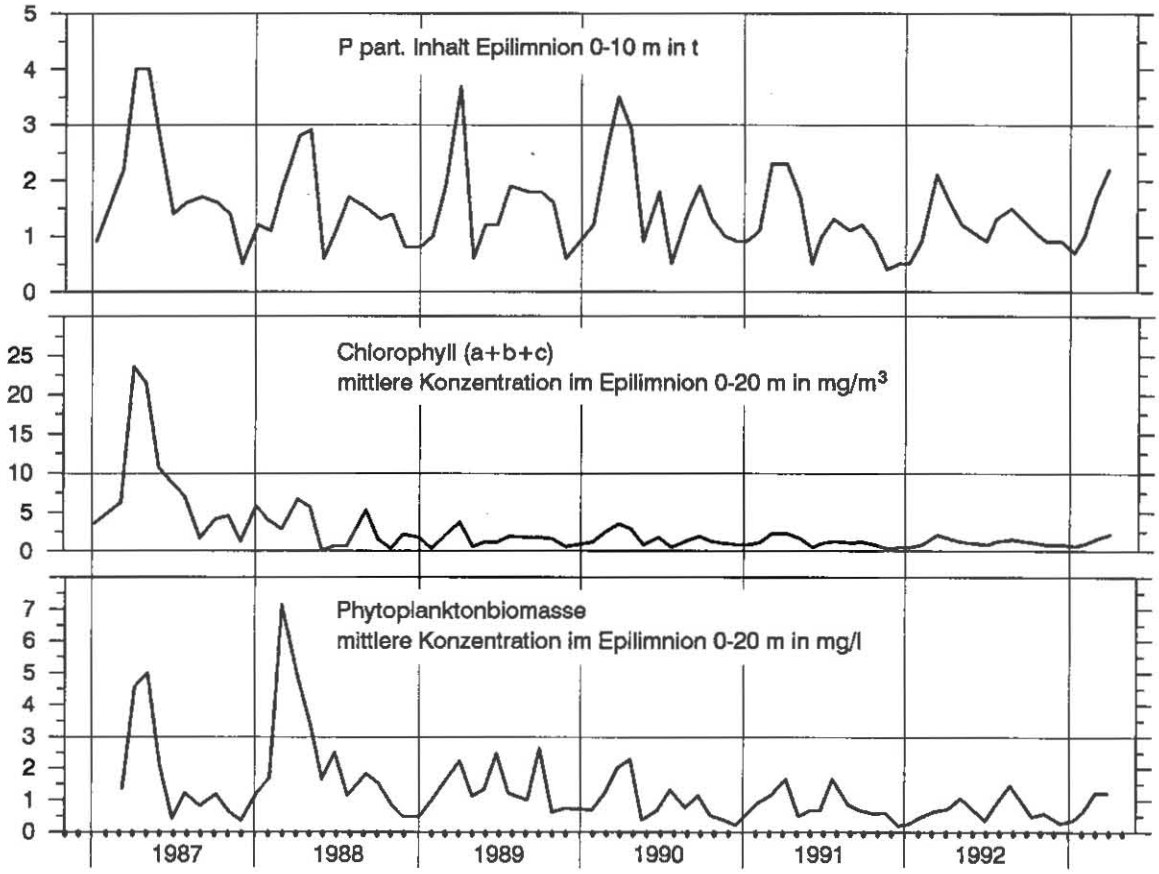


Abb. 50: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Chemische Biomassenindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

Abb. 51 Bodensee-Untersee, Zellersee:
Entwicklung des Phytoplanktons
Biomassen in g/m² (0-20m Tiefe), Monatsmittel 1992/93

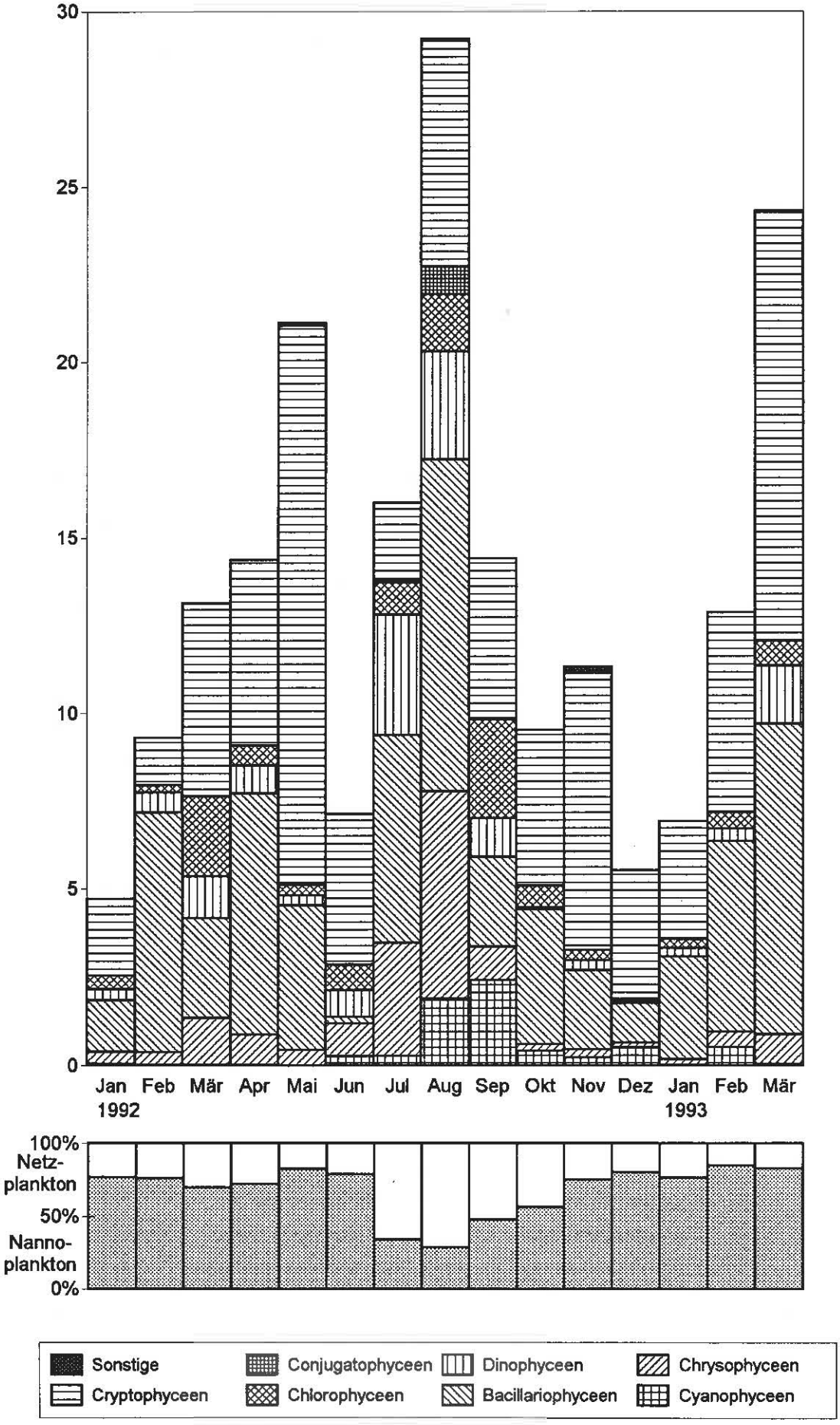
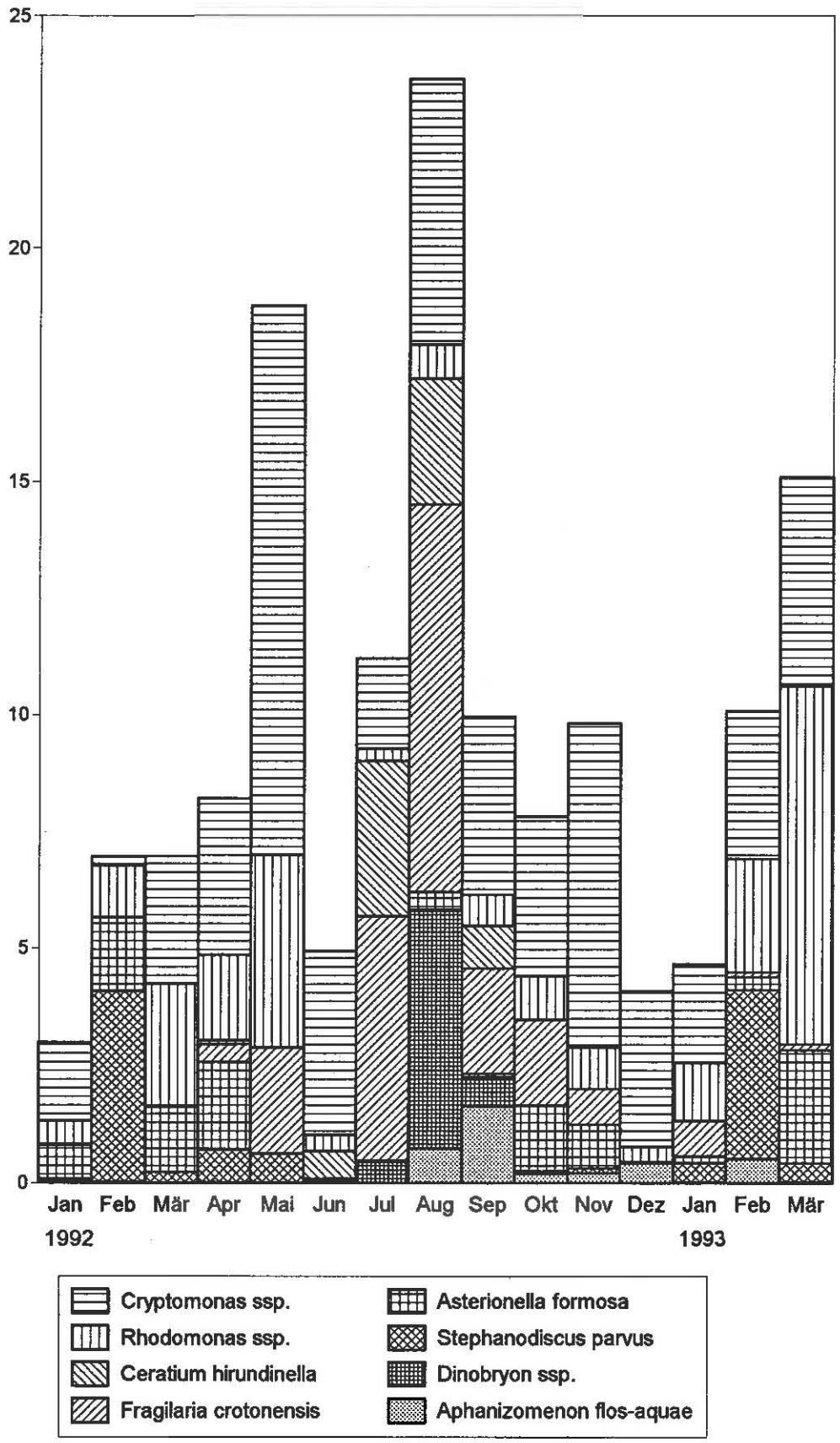


Abb. 52 Bodensee-Untersee, Zellersee:
Entwicklung des Phytoplanktons,
Biomassen der Hauptarten in g/m² (0-20m Tiefe), Monatsmittel 1992/93



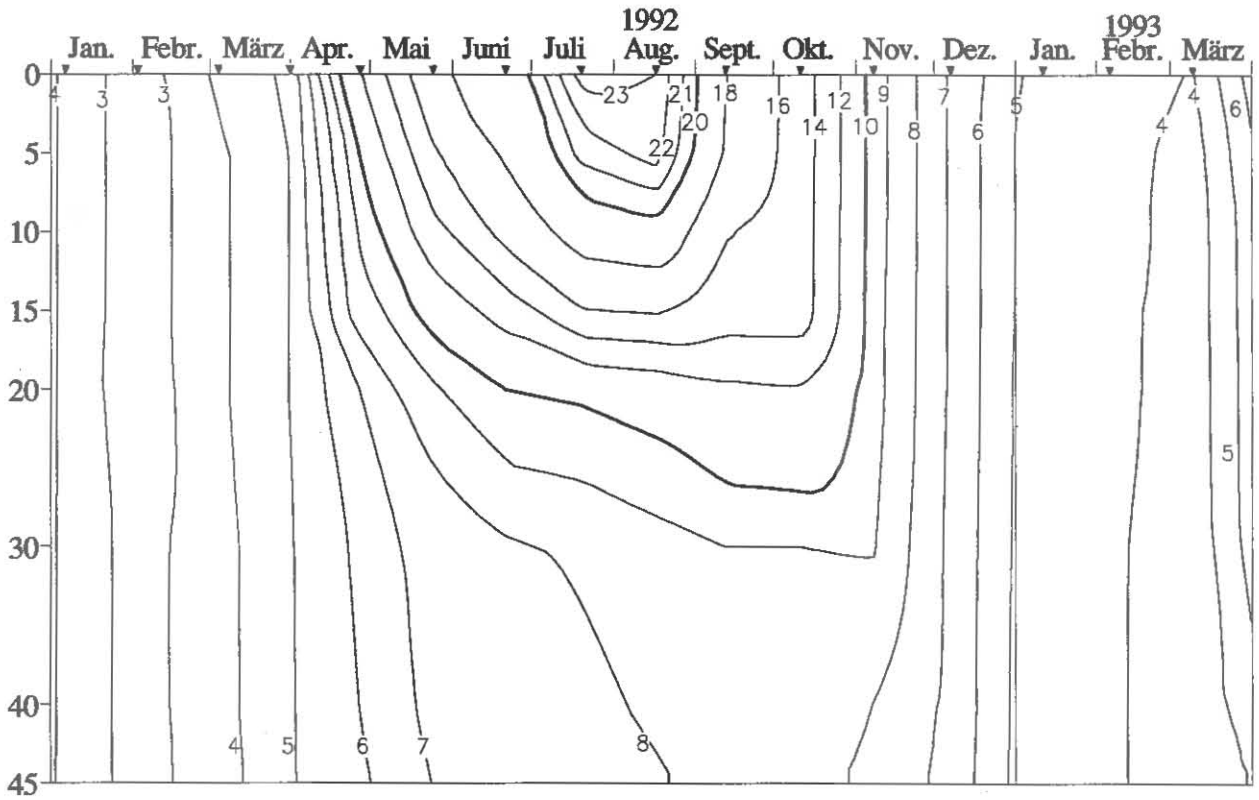


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Temperatur °C

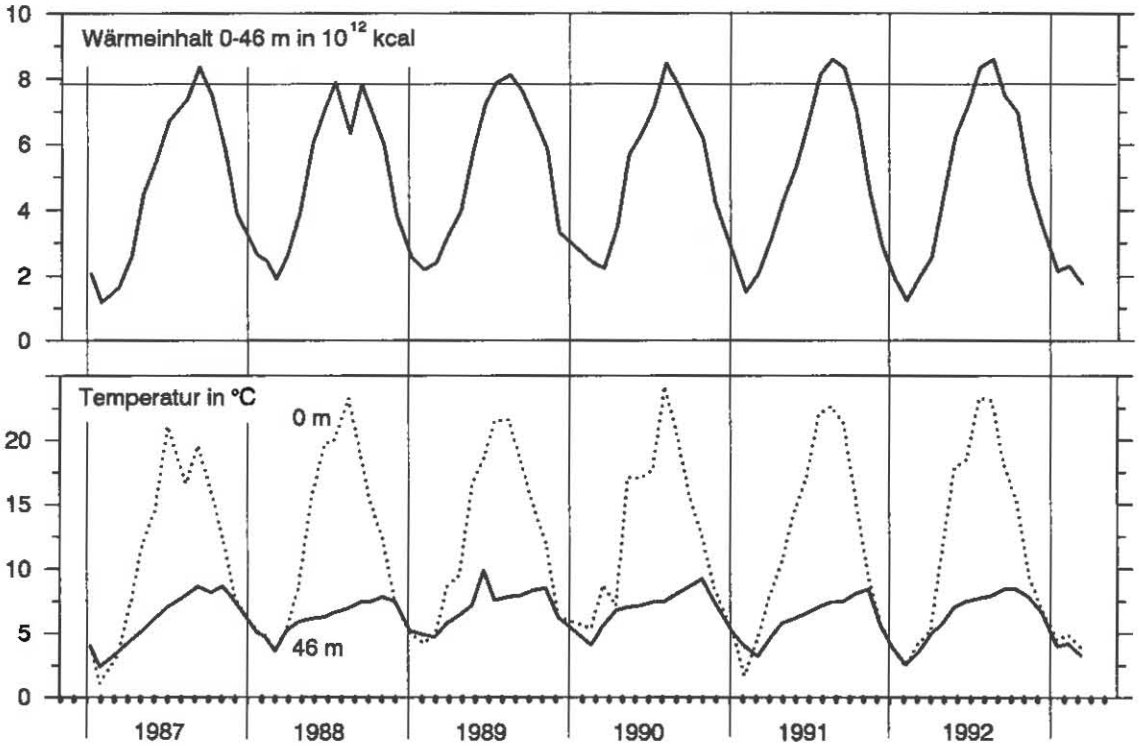


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Thermik

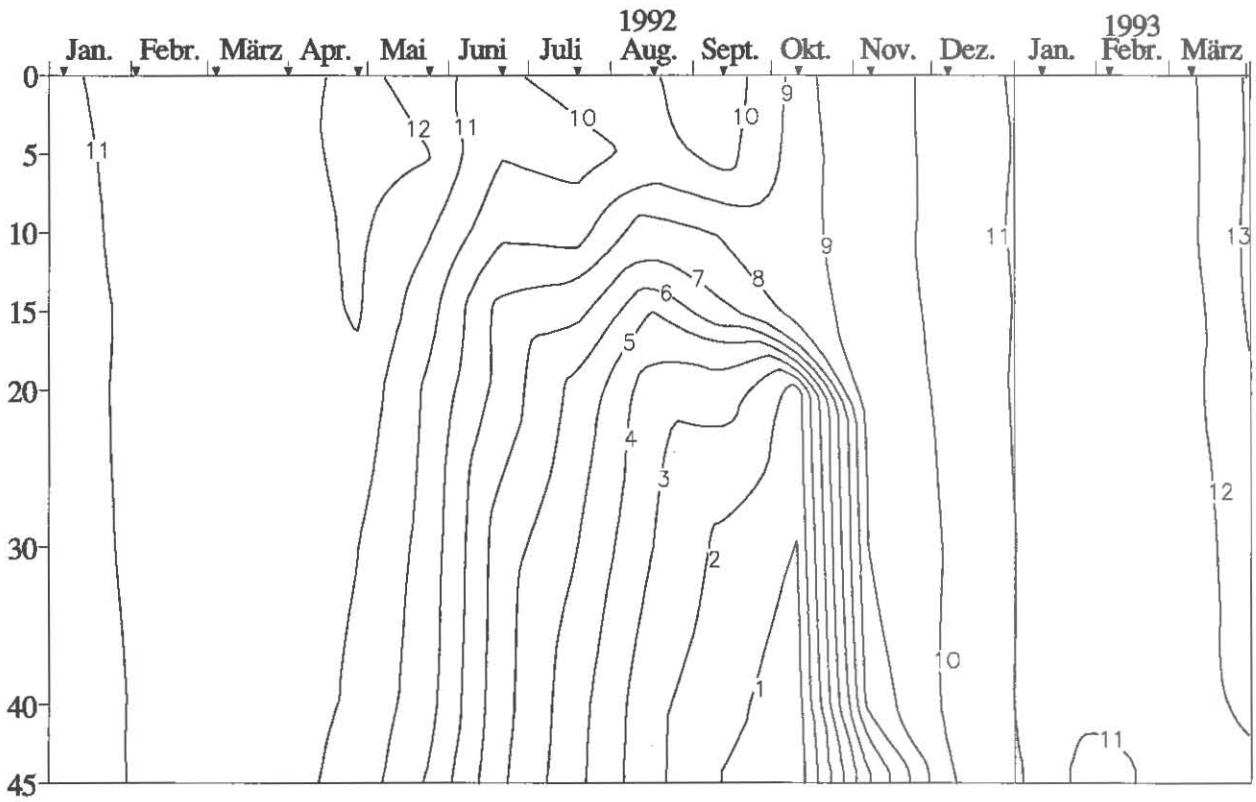


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Sauerstoff (mg/l)

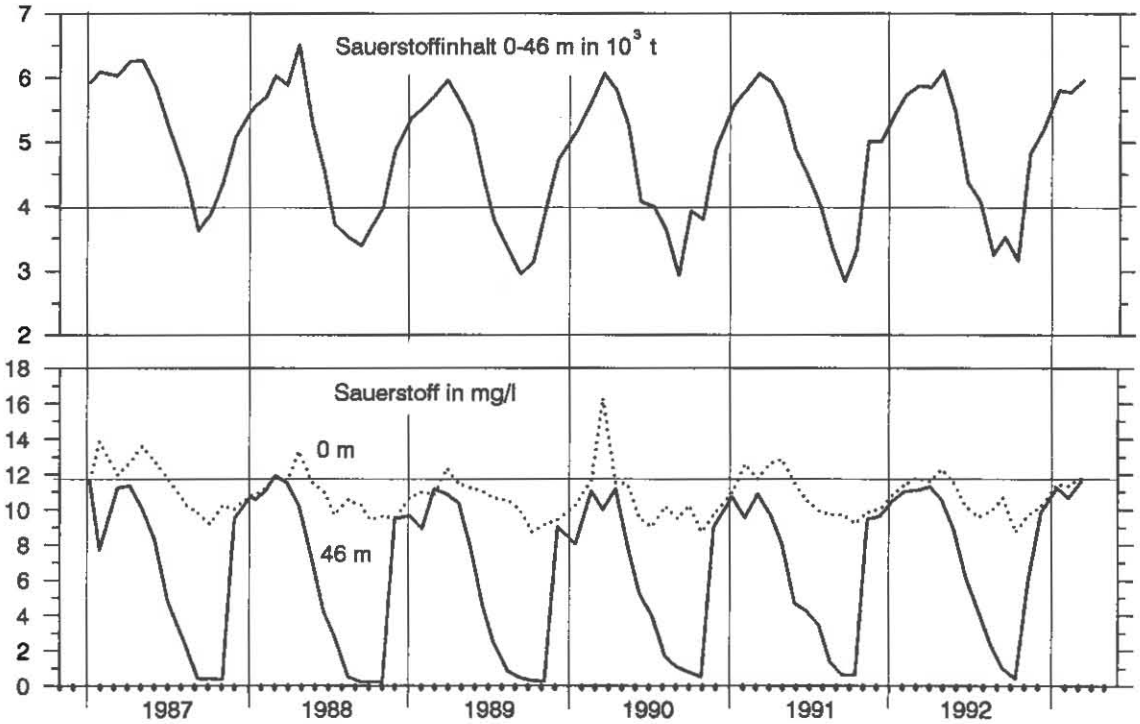


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Sauerstoffinhalt 0–46 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe

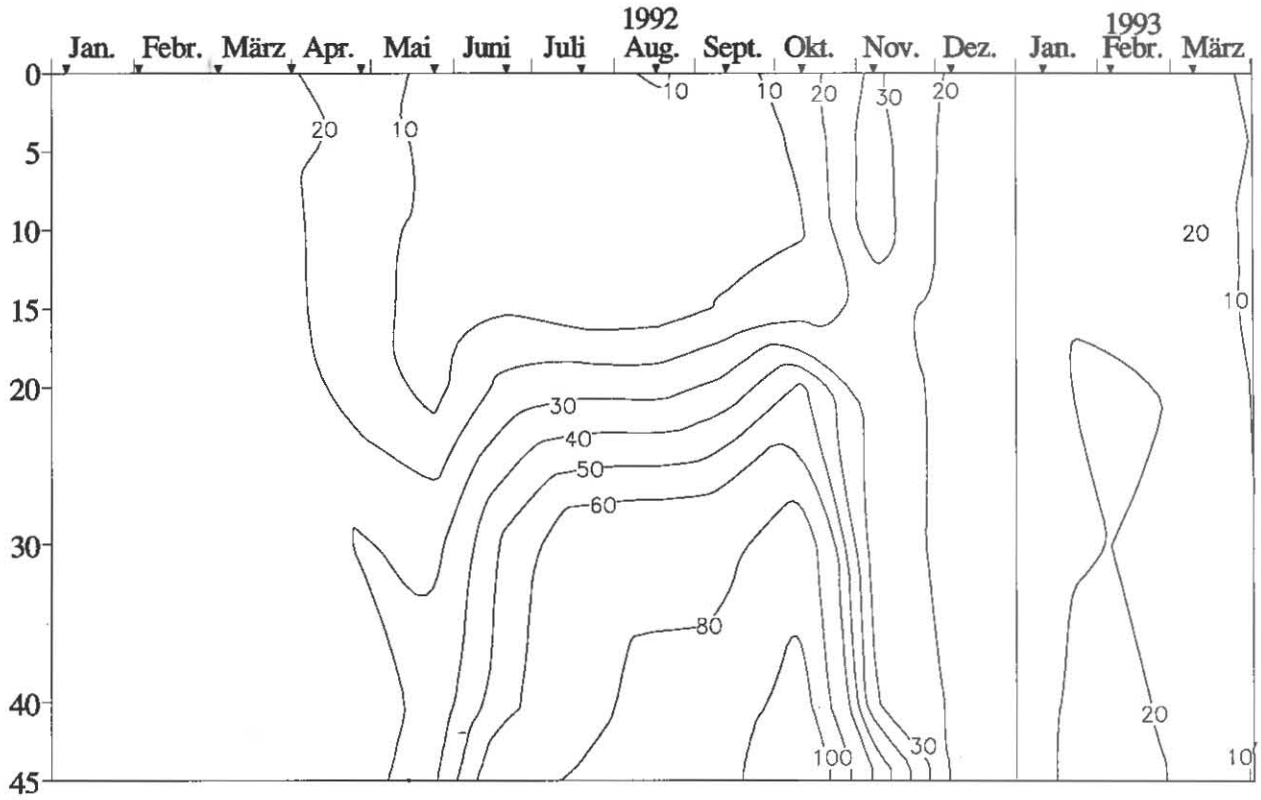


Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

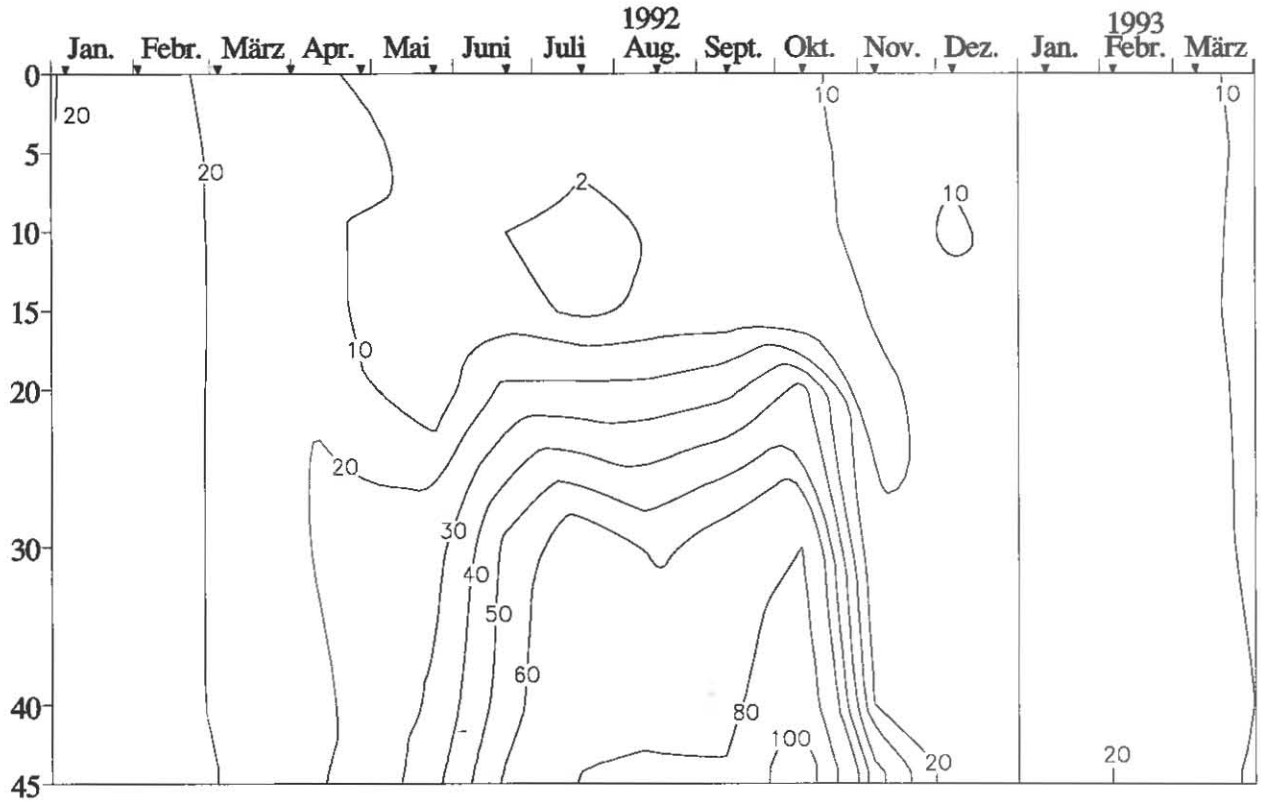


Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Gesamter gelöster Phosphor (mg/m^3)

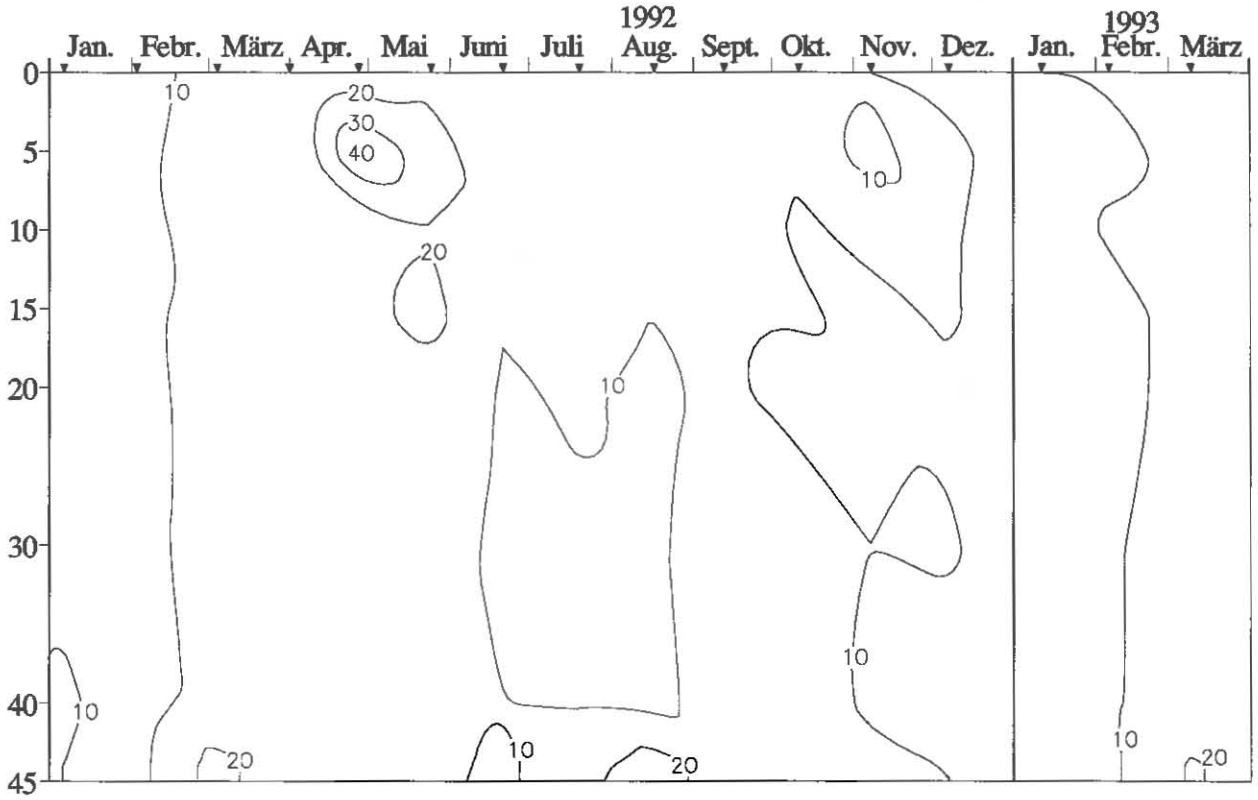


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Partikulärer Phosphor (mg/m³)

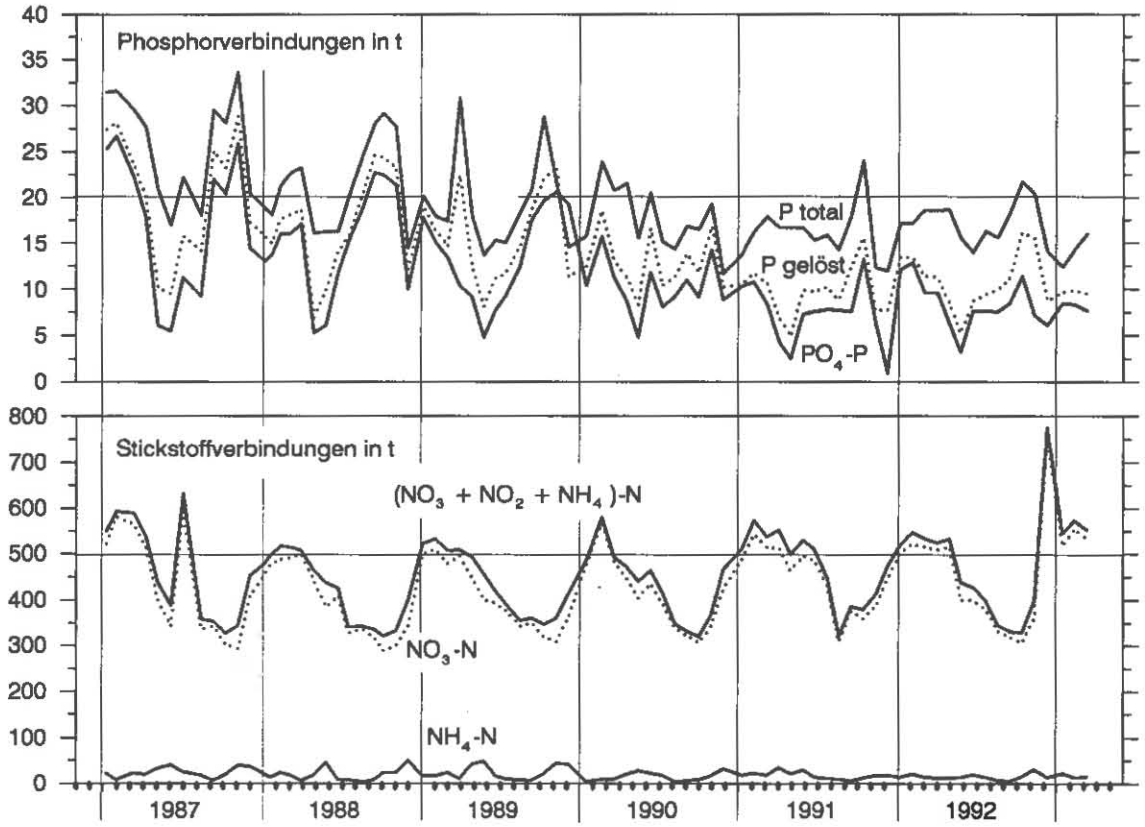


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe

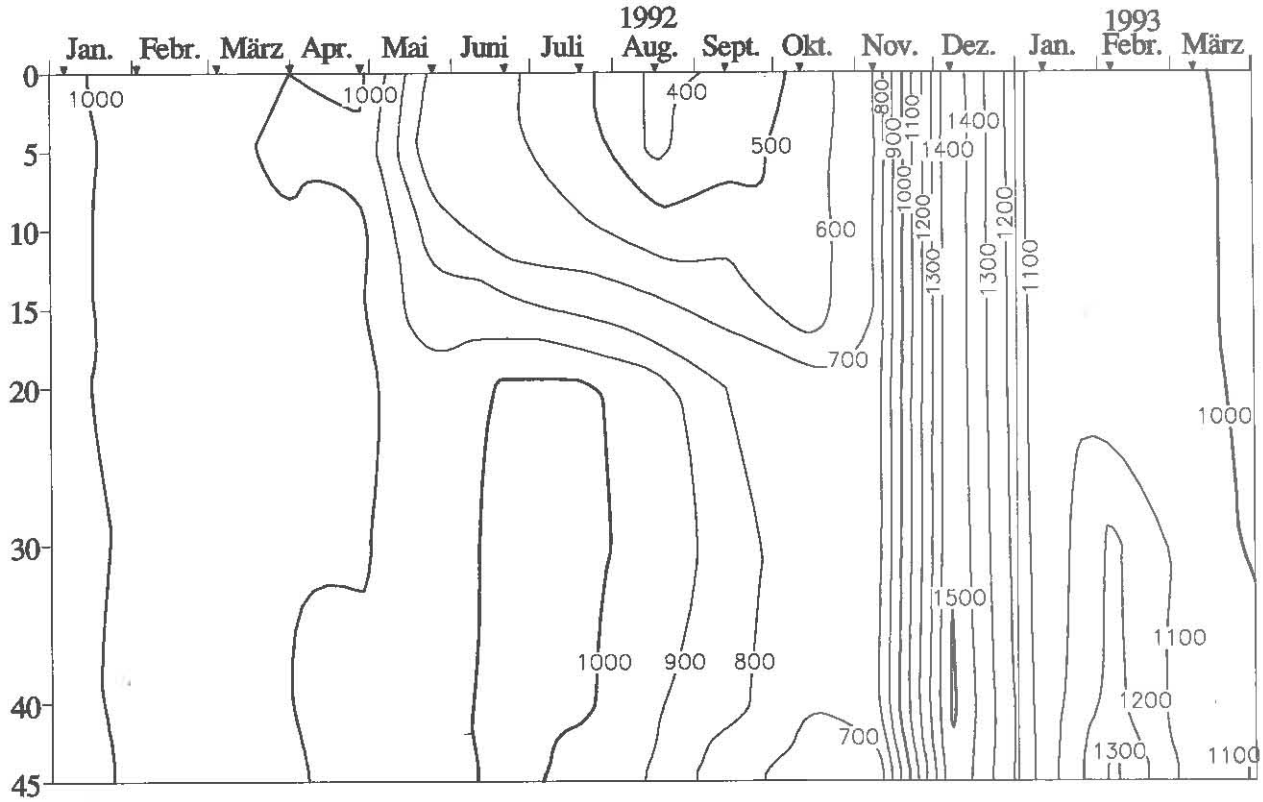


Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

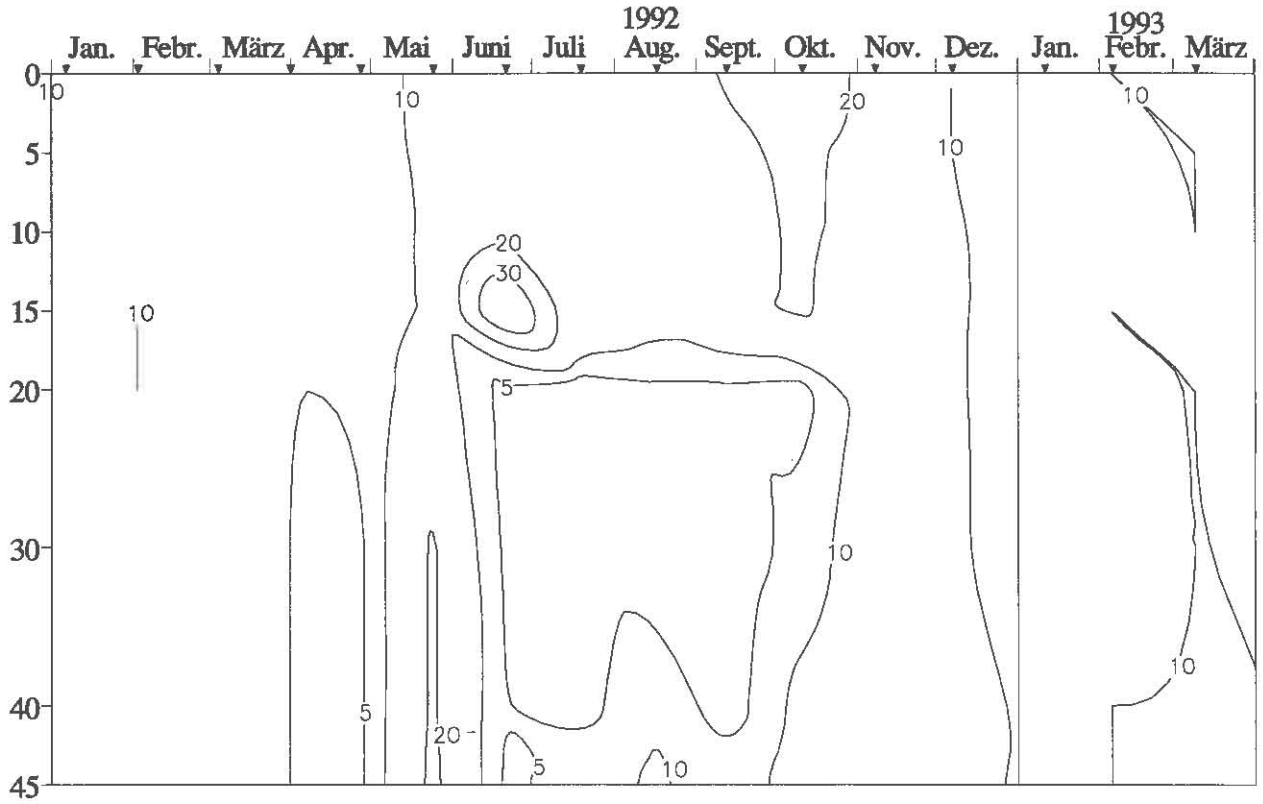


Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

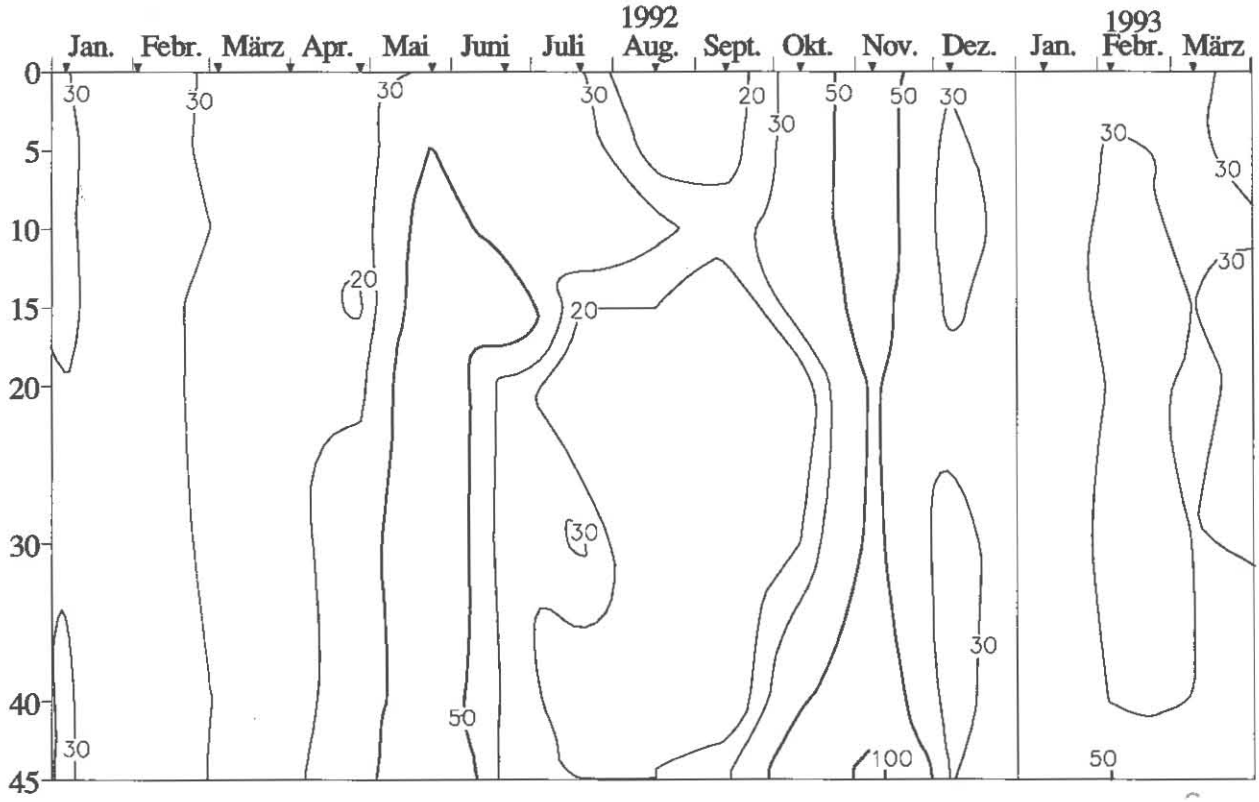


Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

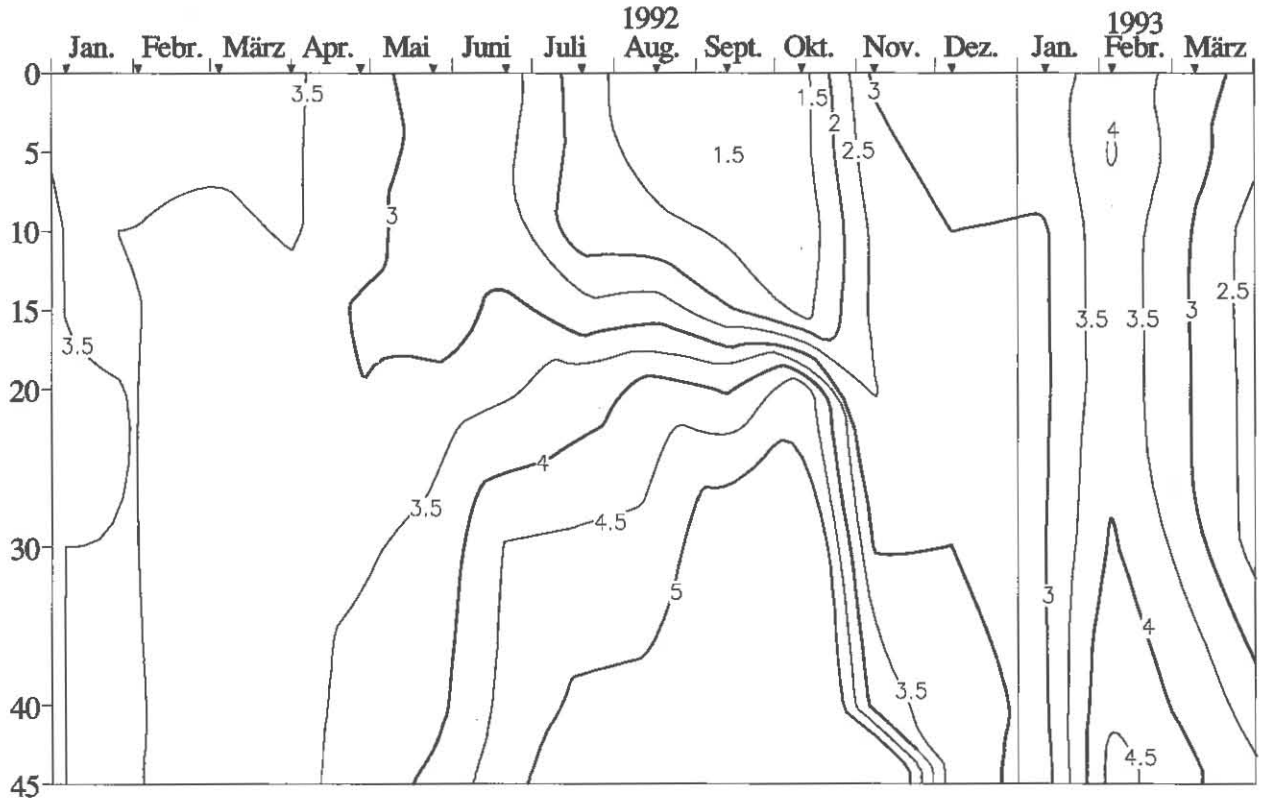


Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Silikat (mg/l)

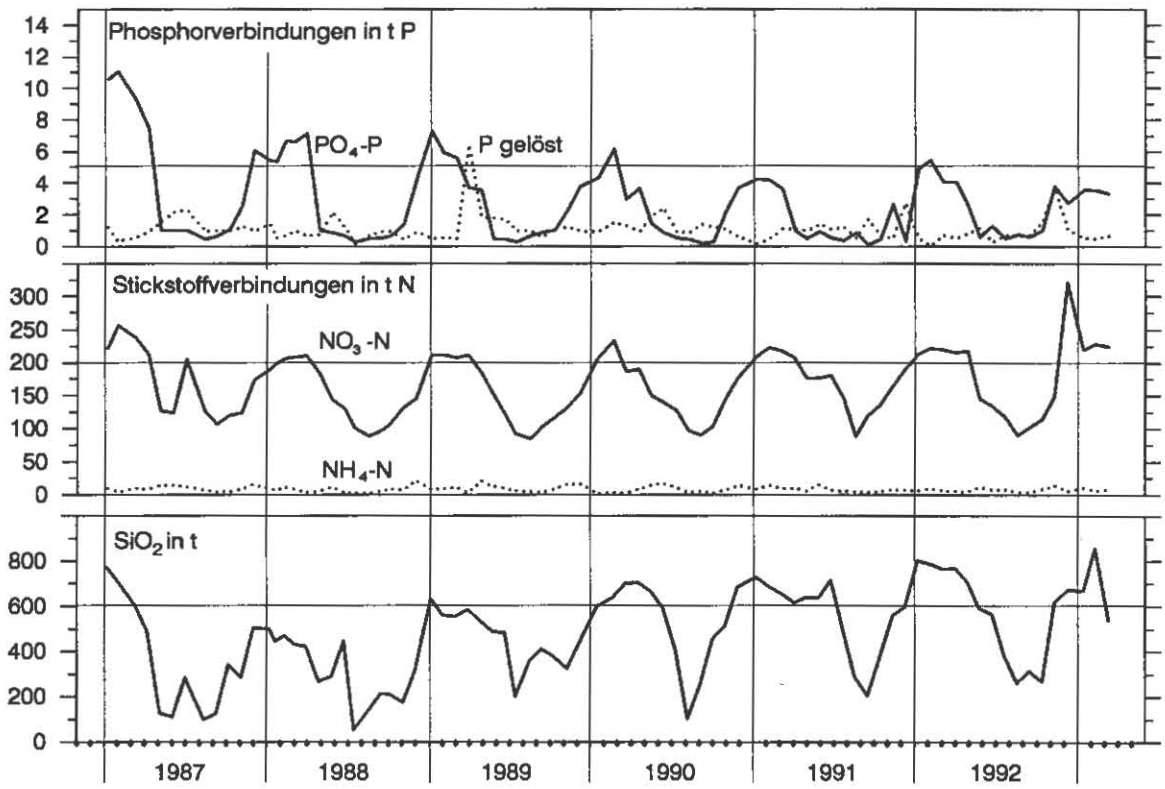


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

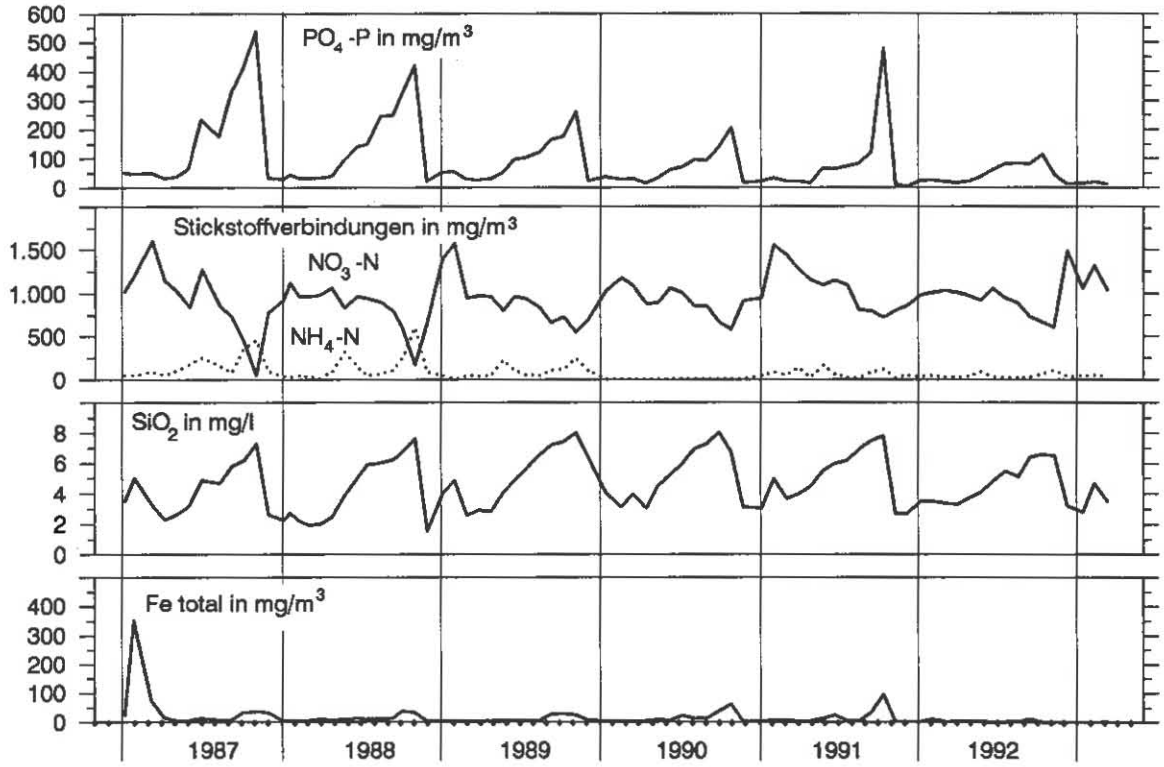


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

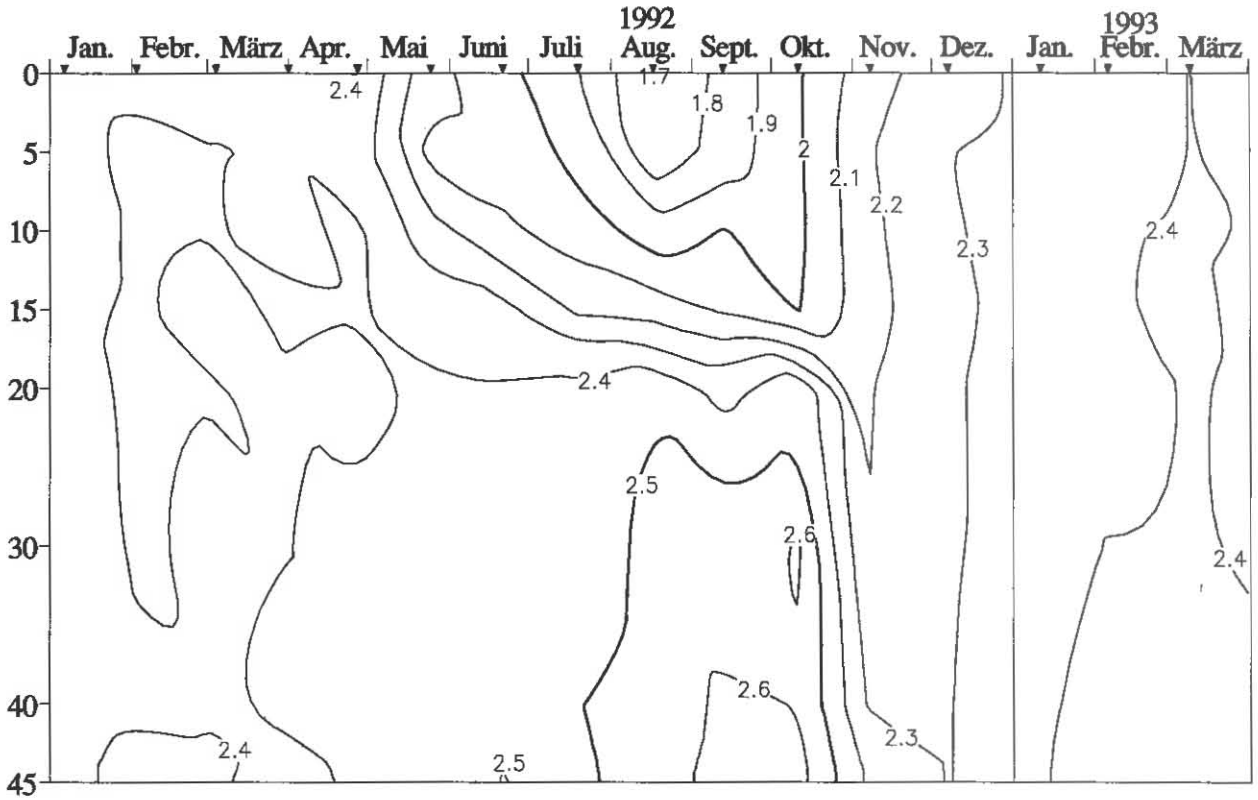


Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

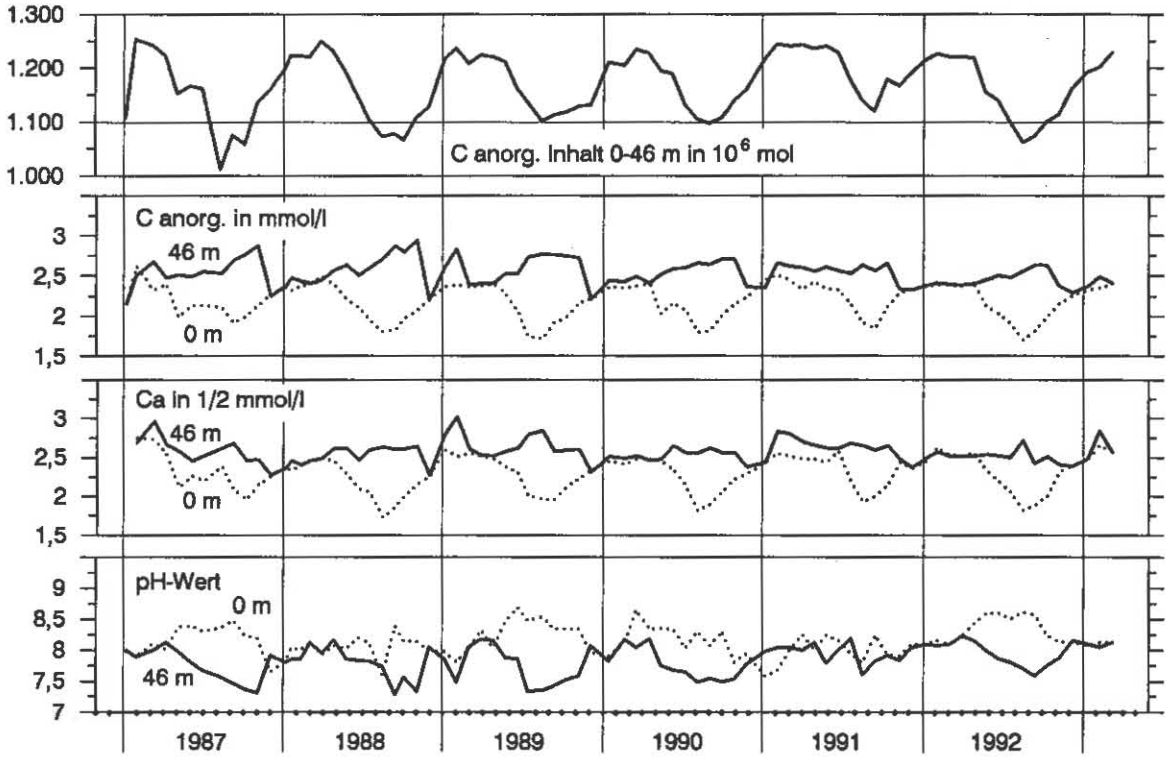


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe; Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

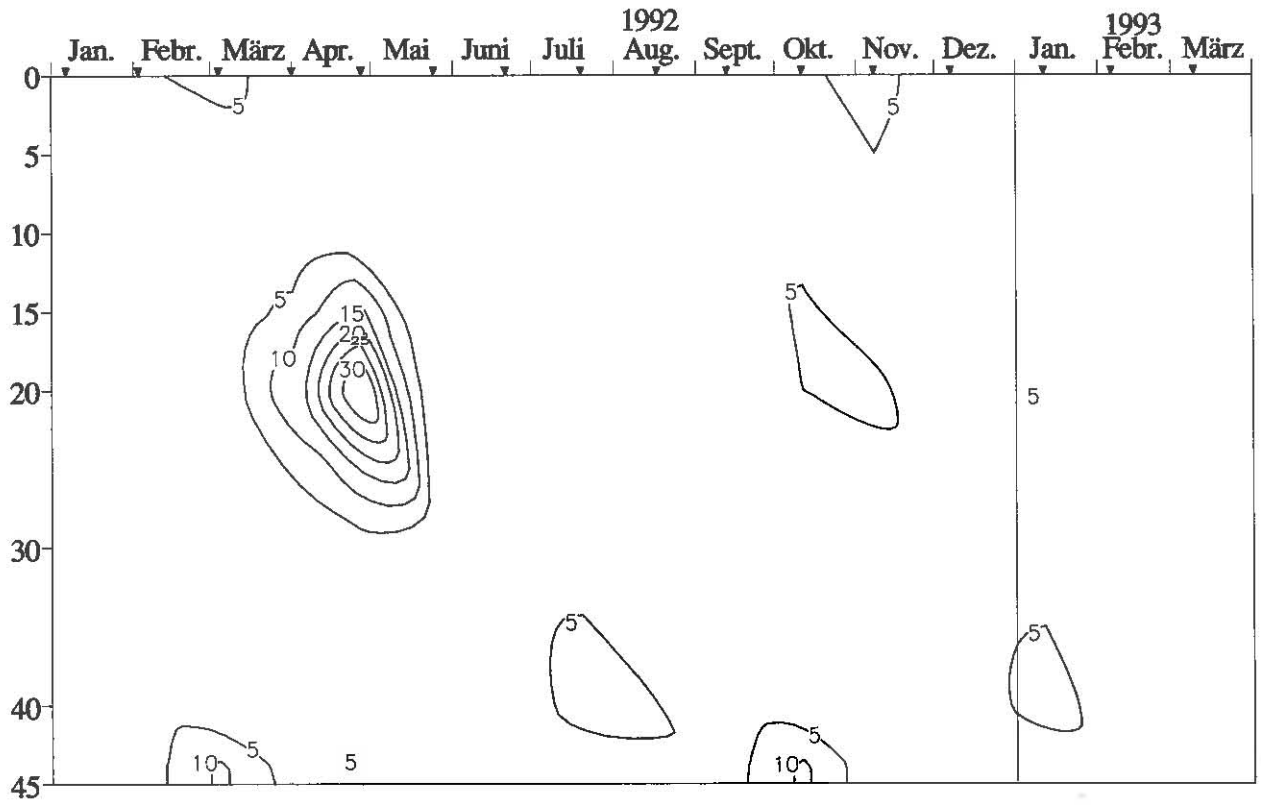


Abb. 69: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

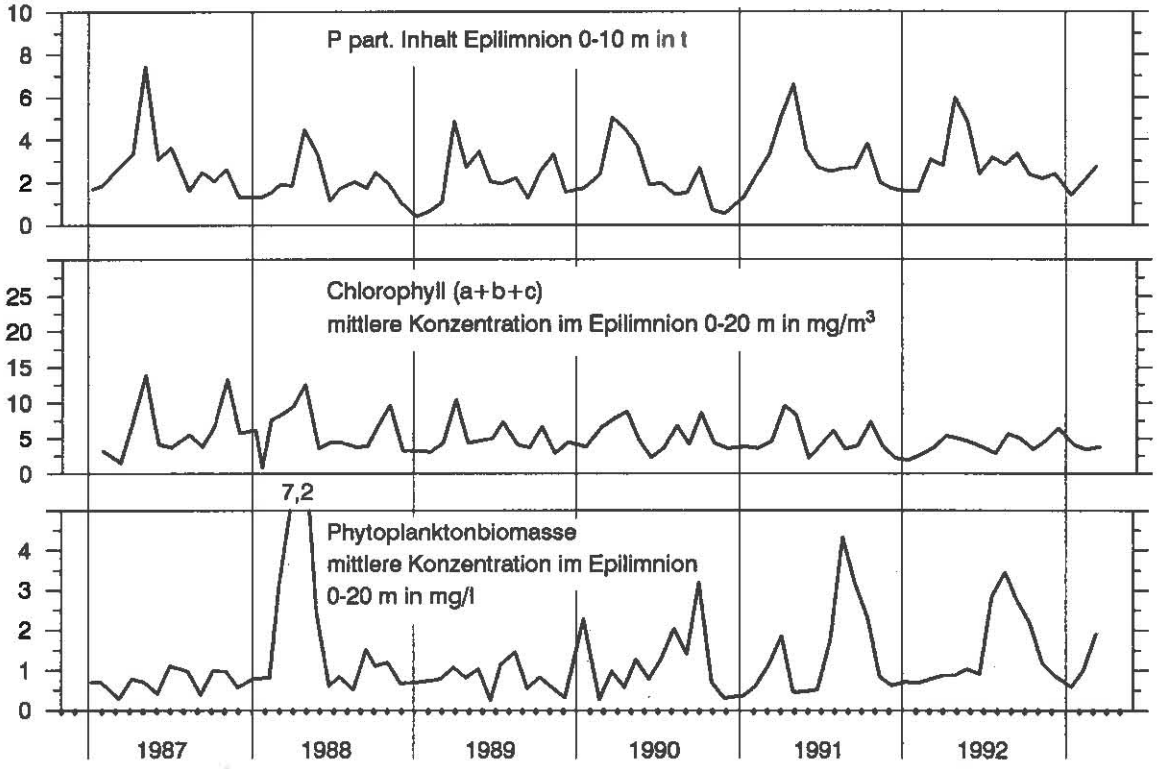


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen): Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomassenindikatoren

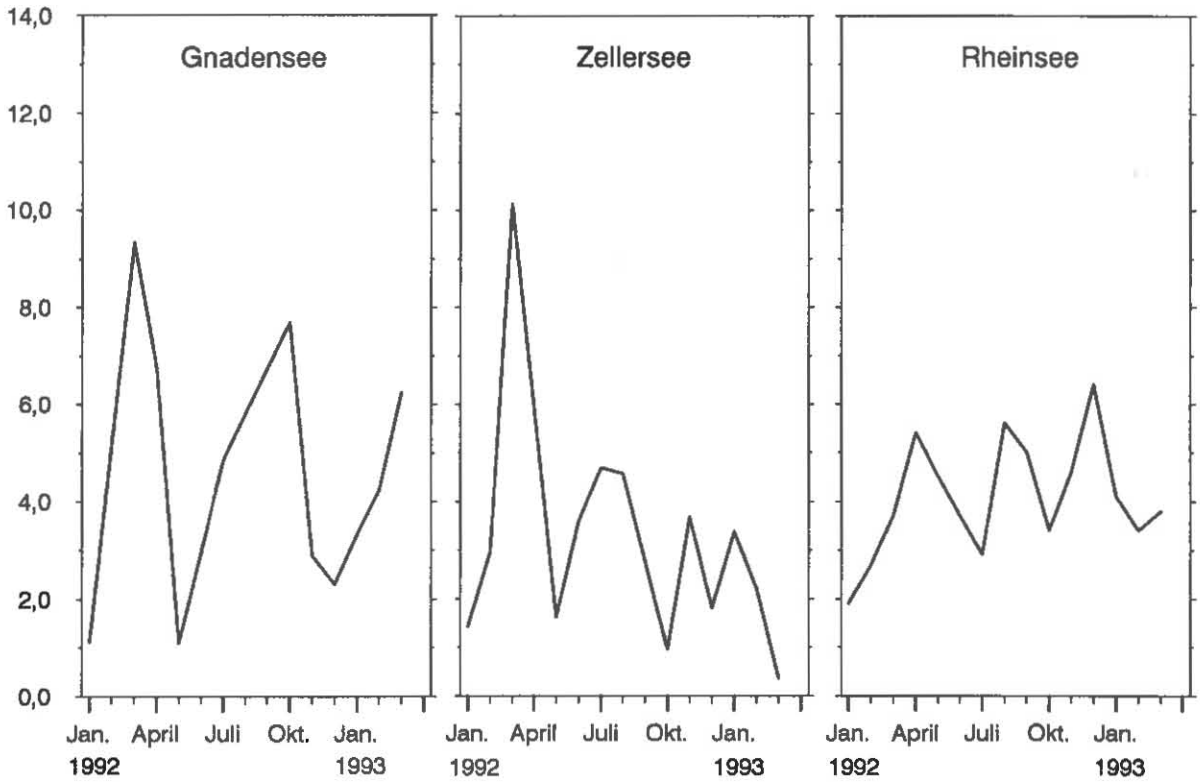


Abb. 71: Bodensee – Untersee:
Chlorophyll a + b + c in mg/m^3 im Gnadensee, Zellersee und Rheinsee, mittlere Konzentration 0–20 m Tiefe

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 1992 bis April 1993 an den Stationen Fischbach-Uttwil(F), Langenargen-Arbon(L), Bregenzer Bucht(B) und von Januar 1992 bis Januar 1993 an den Stationen Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

OBERSEE-STATIONEN

	F	L	B
08.01.1992	F	L	B
04.02.	F	L	
25.02.			B
10.03.	F	L	
26.03.			B
07.04.	F	L	
23.04			B
05.05.	F	L	
02.06.	F	L	
22.06.			B
07.07.	F	L	
27.07.			B
04.08.	F	L	
02.09	F	L	
09.09.			B
06.10.	F	L	B
03.11.	F	L	
09.11.			B
02.12.	F	L	
17.12.			B
12.01.1993	F	L	
20.01.			B

UNTERSEE-STATIONEN

	Z	R
07.01.1992	Z	R
03.02.	Z	
04.02.		R
04.03.		R
09.03.	Z	
01.04.		R
06.04.	Z	
28.04.		R
04.05.	Z	
25.05.		R
22.06.		R
29.06.	Z	
20.07.	Z	R
18.08.		R
24.08.	Z	
14.09.		R
12.10.	Z	R
09.11.	Z	R
08.12.		R
14.12.	Z	
11.01.1993	Z	
13.01.		R

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			R
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	Z	R
Ammonium	F	L	B	Z	R
Nitrit	F	L	B	Z	R
Nitrat	F	L	B	Z	R
Kjeldahl-Stickstoff im Filtrat	F	L			
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	Z	R
Eisen total	F	L		Z	R*)
Mangan total	F	L			R*)
Natrium	F	L			R
Kalium	F	L			R
$KMNO_4$-Verbrauch	F	L	B		
UV-Extinktion (260 nm)	F	L		Z	

*) Rheinsee: Eisen, Mangan gelöst

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 1992 (Meßdaten vom 07.04.92 bis 14.04.93)

IV - XII: Monate 1992; I - III, IV-93: Monate 1993

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)				
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.04.92	Ende 14.04.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	07.04. bis 2.9.	02.09. bis 14.04.93
Thermik (a) °C, (b) 10^{12} Kcal	23,8 4,5	VIII III	4,5 4,3	IX,X,XII-I-93 IV	225	230	364 215	IX III	93,1 19,6	VIII III	6,5 6,2	VII-IV-93 IV	+ 5	+ 139	-134
Sauerstoff (a) mg/l, (b) 10^3 t	12,4 7,8	V IX	10,1 6,3	IV XI	523	518	523 428	IV IX	54 37	V IX	14,4 10,8	IV I	- 5	- 95	+ 90
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	24 1	IV VI,VIII	48 32	XI IV	1190	920	1340 700	II IX	105 4	IV VIII	60 42	X IV	- 270	- 490	+220
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	12 1	V IX	4 2	VI-VIII,X-I,III IX	130	137	222 105	VII IX	50 8	V IX	8 4	I V-IX,III,IV-93	+ 7	- 25	+ 32
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	27 3	IV VIII,IX	52 35	XI IV	1324	1054	1463 806	II IX	118 16	IV IX	65 47	X,I IV,V	+ 270	- 518	+248
Phosphor partikulär (a) mg/m³, (b) t	22 1	V I,II	5 2	V IV,VI,IX,XII, I,III,IV-93	104	219	347 55	V I	90 8	V I,II	13 <1	VII VI	+ 115	+ 78	+ 37
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	37 10	IV VII,XI	55 37	XI IV	1428	1274	1550 988	II IX	153 46	V XI	77 49	I IV	- 154	- 440	+286
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1040 430	IV VIII	1030 860	IX XI	48572	46361	49059 43137	III X	4508 2187	III VIII	1484 1342	IX IV-93	-2211	-3175	+964
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	13 <1	VIII III	14 <1	VII IX,II,III	104	162	162 <1	IV-93 III	52 <1	VII III	4 <1	VII IX,II,III	+ 58	- 36	+ 94
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	30 10	VI-VIII IV,V,VIII,IX, XI-IV-93	20 <1	IV IX,X	1071	450	1071 212	IV IX	109 44	VII IV,V,XII-III	35 <1	IV IX,X,III	- 621	- 859	+238
Stickstoff partikulär (a) mg/m³, (b) t	140 10	V IV,I,II	30 <1	V,III IV,VI,XII,I	508	1213	2011 126	V II	557 44	V I	30 <1	V VI,I	+ 705	+ 349	+356
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) 10^3 t	2,9 0,7	III VIII	5,5 3,7	XI IV	142	126	168 126	VII IV-93	13 4	III VIII,X	6,7 5,0	XII IV	- 16	- 13	- 3
Kalium (a) mg/l, (b) 10^3 t	1,4 1,0	III VIII	1,4 1,3	IV,VII-X,XII,III V,VI,XI,I,IV-93	62,1	63,4	65,5 60,2	III XI	5,9 5,1	III IX,XI	2,0 1,9	IV,VII-X,XII,III V,VI,XI,I,IV-93	+ 1,3	+ 0,3	+ 1,0
Natrium (a) mg/l, (b) 10^3 t	4,6 3,4	IV VIII	4,8 4,3	IV II,IV	217	203	222 196	VII II	20 15	IV,V VIII	6,8 6,2	IV II,IV-93	- 14	- 20	+ 6

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	07.04. bis 02.09.	02.09. bis 14.04.93
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.04.92	Ende 14.04.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Calcium (a) mg/l, (b) 10^3 t	49,9 32,5	IV VIII	50,7 47,1	VIII IX	2235	2312	2390 2130	I IX	216 153	IV VIII	72 68	IV,VIII,XII,I IX	+ 77	- 105	+ 182
Magnesium (a) mg/l, (b) 10^3 t	14,3 7,3	VIII XII	10,6 8,3	IX IV	462	426	475 368	IX I	56 33	VIII XII	15 12	IX IV	- 36	+ 13	- 49
Chlorid-Cl (a) mg/l, (b) 10^3 t	5,8 4,1	IV VIII	6,8 5,5	X III	271	251	303 245	X VIII	24,5 18,2	V VIII	10,0 7,8	X VIII,II	- 20	+ 1	- 21
Sulfat-SO_4 (a) mg/l, (b) 10^3 t	35,7 31,0	V VIII	35,4 33,8	VI XI,III	1648	1626	1669 1609	VIII X	155 138	V VII,VIII	51 49	VI-VIII X-III	- 22	- 11	+ 11
Eisen total (a) mg/m^3, (b) t	24 7	V,VI VII	39 9	II IX,XII	900	469	900 328	IV VIII	92 36	V,II VII	33 11	IV VIII	- 431	- 375	- 56
Mangan total (a) mg/m^3, (b) t	8 1	IX IV,VI-VIII, X-XII,II-IV-93	20 2	X V,VI,III,IV-93	55	69	79 49	X VI,III	19,5 4,4	IX IV,VI-VIII,X-XII III,IV-93	13,4 1,5	IX V,VI	+ 14	+ 10	+ 4
Kohlenstoff anorg. total (a) mg/l, (b) 10^3 t	30,6 23,2	II VIII	33,4 31,0	XI IV	1435	1414	1505 1401	XI XII	109 87	V,III VIII	40 37	XI IV,V,XII,IV-93	- 21	- 15	- 6
Alkalinität (a) mmol/l,(b)10^6kmol	2,54 1,96	V VIII	2,68 2,51	XI IV	118	117	123 116	XI IX,XII	11,0 8,9	V VIII,IX	3,9 3,6	XI IV	- 1	- 2	+ 1
chem. Sauerstoffbedarf ($KMnO_4$-Verbrauch) (a) mg/l, (b) 10^3 t	11,5 7,1	IX II,IV-93	9,5 6,8	X VI	389	380	402 320	XII VIII	45 33	IX IV-93	13 9	II VII	- 9	- 15	+ 6
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,197 0,120	V X	0,185 0,147	VIII IV-93											
elektr. Leitfähigkeit µS cm^{-1}, 20°C	312 251	IV VI	335 300	XI I,II											
pH-Wert	8,75 7,85	VII II	7,92 7,72	XII XI											
Chlorophyll (a+b+c) (a) mg/m^3	22,7 0,2	VIII II													

Tabelle 3

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Obersees
Seejahr 1992/93 an den Stationen Fischbach-Uttwil(F), Langenargen-Arbon(L) und Bregenzer Bucht(B)

Meßwerte in "0" m	F	L	B
Temperatur in °C			
Maximum	23,8	23,2	24,1
Minimum	4,5	4,6	3,4
Sauerstoff in mg O_2/l			
Maximum	12,4	12,7	13,1
Minimum	8,8	8,7	9,4
Leitfähigkeit bei 20° in µS cm^{-1}			
Maximum	310	310	337
Minimum	251	255	267
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,73	8,72	8,5
Minimum	7,9	7,93	8
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3			
Maximum	24	23	18
Minimum	1	1	2
Phosphor gelöst in mg P/m^3			
Maximum	28	27	20
Minimum	3	3	4
Phosphor total in mg P/m^3			
Maximum	37	31	35
Minimum	10	7	7
Nitrat in mg NO_3-N/m^3			
Maximum	1030	1010	1080
Minimum	430	450	500
Ammonium in mg NH_4-N/m^3			
Maximum	30	30	40
Minimum	10	<1	10
Eisen total in mg Fe/m^3			
Maximum	29	34	-,-
Minimum	7	4	-,-
Kohlenstoff anorg. in mmol C/1			
Maximum	2,52	2,50	-,-
Minimum	1,93	1,93	-,-
Phosphor partik. in mg P/m^3			
Maximum	20	21	20
Minimum	2	2	2
Stickstoff partik. in mg N/m^3			
Maximum	130	140	-,-
Minimum	10	10	-,-

Meßwerte in Seebodennähe	F 250 m	L 200 m	B 60 m
Temperatur in °C			
Maximum	4,5	4,5	6,4
Minimum	4,1	4,3	3,6
Sauerstoff in mg O_2/l			
Maximum	10,3	10,0	13,8
Minimum	6,3	7,1	8,2
Leitfähigkeit bei 20° C µS/cm			
Maximum	335	334	352
Minimum	300	205	295
pH in pH-Einheiten			
Maximum	7,92	8,02	8,2
Minimum	7,65	7,65	7,9
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3			
Maximum	50	48	29
Minimum	28	26	7
Nitrat in mg NO_3-N/m^3			
Maximum	1030	1000	1150
Minimum	860	900	840
Ammonium in mg NH_4-N/m^3			
Maximum	20	30	60
Minimum	<1	10	10
Eisen total in mg Fe/m^3			
Maximum	39	9	-,-
Minimum	9	9	-,-
Kohlenstoff anorg. in mmol C/l			
Maximum	2,78	2,72	-,-
Minimum	2,58	2,55	-,-
Phosphor total in mg P/m^3			
Maximum	58	84	44
Minimum	37	32	14

Tabelle 4: **SEEKENNDATEN**

Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1992 (Meßwerte vom 07.01.92 - 11.01.93)

I - XII: Monate 1992; I-93: Januar 1993

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	07.01. bis 20.07.	20.07. bis 11.01.93
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.01.92	Ende 11.01.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^9kcal	23,5 1,8	VIII II	10,6 2,8	X II	685	573	3806 405	VIII II	2473 209	VIII II	-112	+2871	-2983
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	13,6 7,5	III X	10,9 0,0	IV VIII-X	2084	2137	2419 1178	III X	1414 823	III X	+ 53	- 479	+ 532
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	33 1	I VI	440 16	VIII V	6,3	3,6	9,6 0,6	X V	3,4 0,1	I VI	- 2,7	- 2,4	- 0,3
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	12 4	XI V,VI	38 7	XII V,I-93	2,0	1,2	2,5 0,8	X V	1,2 0,4	I,XI V	- 0,8	- 0,4	- 0,4
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	43 5	I VI	476 23	VIII V	8,2	4,7	12,0 1,5	X V	4,6 0,6	I V,VI	- 3,5	- 2,7	- 0,8
Phosphor partikul. (a) mg/m³, (b) t	21 4	III I	84 5	VII I	0,9	1,2	3,2 0,9	III I	2,1 0,5	III I	+ 0,3	+ 1,7	- 1,4
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	49 12	XI VI	525 32	VIII V	9,1	6,0	13,5 3,4	X V	5,2 1,5	XI VI	- 3,1	- 1,0	- 2,1
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1410 400	XII,I-93 VIII	2270 <1	III VIII-X	228	256	263 89	XII VIII	150 46	XII VIII	+ 28	- 108	+ 136
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	22 6	XI I	46 <1	VII VIII-X	1,3	2,6	4,3 1,3	VIII I	2,4 0,6	XI I	+ 1,3	+ 2,0	- 0,7
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	30 10	XI I-X,XII,I-93	1410 10	X II,IV,XII,I-93	2,1	1,9	27,9 1,9	X II,IV,V,XII,I-93	3,2 1,1	XI I-X,XII,I-93	- 0,2	+ 12,2	- 12,4
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) t	3,3 0,7	XII VIII	7,6 3,0	VIII V	513	580	618 309	XII VIII	352 80	XII VIII	+ 67	- 134	+ 201
Calcium (a) mg/l, (b) t	54,5 10,0	IV VIII	61,7 12,0	III VIII	9660	9630	10230 1960	IV VIII	5780 1100	IV VIII	- 30	- 940	+ 910
Magnesium (a) mg/l, (b) t	18,0 6,6	VIII VI,X	25,8 7,1	VIII X	1280	1370	3470 1240	VIII VI,X	1790 700	VIII VI,X	+ 90	+ 20	+ 70
Chlorid (a) mg/l, (b) t	11,7 5,2	III VII	20,3 7,9	III XI	1850	1420	2260 1200	III VII,VIII	1220 600	III VII	-430	- 650	+ 220

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 07.01.92	Ende 11.01.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	07.01. bis 20.07.	20.07. bis 11.01.93
Eisen total (a) mg/m³,(b) t	42 20	IV VI,VII	1400 34	VII I	5,1	5,0	8,8 5,0	IV I-93	4,4 2,2	IV VI,VII	- 0,1	+ 3,5	- 3,6
Kohlenstoff anorg. (a) mg/l,(b) t	30,9 20,9	XII VIII	38,2 28,6	X XI	5388	5667	5786 4487	XII VIII	3290 2286	XII VIII	+279	- 488	+ 767
Alkalinität (a) mmol/l,(b) 10^3 kmol	2,54 1,78	III VIII	2,96 2,34	III XI	443	464	478 370	III VIII	270 193	III,XII VIII	+ 21	- 33	+ 54
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,565 0,320	XII X	1,035 0,515	III V									
elektr. Leitfähigkeit (a) µS cm^{-1}, 20°C	323 239	III VIII	410 300	III XI									
pH-Wert	8,69 8,00	VII I-93	8,17 7,33	IV X									
Chlorophyll (a+b+c) Mittelw.0-20 m, mg/m³	10,1 0,7	III IX											

Tabelle 5: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1992 (Meßdaten vom 07.01.92 - 13.01.93)

I - XII: Monate 1992; I-93: Januar 1993

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 07.01.92	Ende 13.01.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	07.01. bis 20.07.	20.07. bis 13.01.93
Thermik (a) °C, (b) 10^9kcal	23,3 2,4	VII II	8,4 2,6	IX,X II	1940	2140	8590 1230	VIII II	4760 520	VIII II	+ 200	+6390	-6190
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	12,4 7,3	IV VIII	11,3 0,4	IV X	5410	5800	6100 3160	IV X	2670 1870	IV X	+ 390	-1340	+1730
Orthophosphat-P (a) mg/m³, (b) t	26 <1	II VII	114 14	X XII	12,1	8,5	12,9 3,1	II V	5,4 0,5	II VII	- 3,6	- 4,4	+ 0,8
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m³, (b) t	19 <1	XI II,VI	15 1	XI II,V,VII	1,3	1,2	8,3 0,6	XI II	3,7 0,1	XI II	- 0,1	+ 0,5	- 0,6
Phosphor gelöst (a) mg/m³, (b) t	36 5	XI VII,VIII	127 19	X XII,I-93	13,4	9,7	16,2 5,3	X V	7,4 1,2	XI VII	- 3,7	- 3,9	+ 0,2
Phosphor partikul. (a) mg/m³, (b) t	28 5	V I-93	26 5	VIII I-93	3,8	2,7	10,4 2,7	V I	6,0 1,4	IV I-93	- 1,1	+ 3,0	- 4,1
Phosphor total (a) mg/m³, (b) t	48 17	XI VI,VIII	145 24	X I-93	17,2	12,4	21,7 12,4	X I-93	9,6 3,9	XI VI	- 4,8	- 0,9	- 3,9
Nitrat-N (a) mg/m³, (b) t	1490 380	XII VIII	1490 610	XII XI	500	520	760 310	XII X	320 90	XII VIII	+ 20	- 120	+ 140
Nitrit-N (a) mg/m³, (b) t	24 5	X IV,I-93	22 4	V IV,VI	3,6	2,8	8,3 2,6	X,XI IV	4,7 1,1	X IV	- 0,8	+ 1,6	- 2,4
Ammonium-N (a) mg/m³, (b) t	65 3	XI VIII	113 20	XI VII,VIII	14,5	22,9	31,6 0,6	V IX	13,8 3,4	XI VIII	+ 8,4	- 0,4	+ 8,8
Silikat (SiO_2) (a) mg/l, (b) t	3,9 1,1	I VIII	6,6 2,8	X I-93	1830	1530	1830 1310	I VIII	800 260	I VIII	- 300	- 460	+ 160
Calcium (a) mg/l, (b) t	52,5 36,3	II VIII	54,5 47,9	VIII XII	25,2	25,3	26,5 21,0	II IX	11,3 8,1	II VIII	+ 0,1	- 1,8	+ 1,9
Magnesium (a) mg/l, (b) t	8,9 7,2	II X	8,6 7,7	I-93 XI	4,2	4,1	4,4 3,8	II X	1,9 1,6	II X	- 0,1	- 0,2	+ 0,1
Chlorid (a) mg/l, (b) t	7,9 4,6	XII VII	8,2 5,3	XII XI	2970	3040	3990 2750	XII X	1690 1030	XII VII	+ 70	- 130	+ 200

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 07.01.	Ende 13.01.93	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn - Ende Seejahr	07.01. bis 20.07.	20.07. bis 13.01.93
Eisen gelöst (a) mg/m³,(b) t	7 <1	III,XI V	11 1	III,X VII,XI-I-93	2	1	5 <1	IV V,XII	1,1 0,1	XI V	- 1	- 1	± 0
Kohlenstoff anorg. (a) mg/l,(b) t	29,1 20,4	II,IV VIII	31,6 27,6	IX,X XII	14,6	14,3	14,7 12,7	II VIII	6,3 4,6	II VIII	- 0,3	- 1,4	+ 1,1
Alkalinität (a) mmol/l,(b) 10^3 kmol	2,43 1,73	IV VIII	2,54 2,28	X XII	1200	1180	1220 1050	IV VIII	520 390	IV VIII	- 20	-110	+ 90
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm													
elektr. Leitfähigkeit (a) µS cm^{-1}, 20°C	297 226	II VIII	305 284	VIII IV									
pH-Wert	8,62 8,07	VIII I-93	8,23 7,59	IV IX									
Chlorophyll (a+b+c) Mittelw.0-20 m, mg/m³	5,6 1,9	VIII I											

Tabelle 6

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Untersees
Seejahr 1992/93 an den Stationen Zellersee(Z),Rheinsee Station Berlingen(R)

Meßwerte in "0" m	Z	R
Temperatur in °C		
Maximum	23,5	23,3
Minimum	1,8	2,4
Sauerstoff in mg O_2/l		
Maximum	13,61	12,29
Minimum	7,84	8,73
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,69	8,62
Minimum	8,02	8,07
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3		
Maximum	31	24
Minimum	1	2
Phosphor partikulär in mg P/m^3		
Maximum	21	16
Minimum	6	7
Nitrat in mg NO_3-N/m^3		
Maximum	1400	1480
Minimum	400	380
Ammonium in mg NH_4-N/m^3		
Maximum	30	63
Minimum	10	3
Eisen total in mg Fe/m^3		
Maximum	42	7
Minimum	20	<1

Tabelle 6

Meßwerte in Seebodennähe	Z 22-24 m+)	R 44-46 m+)
Temperatur in °C		
Maximum	10,6	8,4
Minimum	2,8	2,6
Sauerstoff in mg O_2/l		
Maximum	12,12	11,65
Minimum	<0,1	0,4
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,22	8,23
Minimum	7,33	7,59
Orthophosphat in mg PO_4-P/m^3		
Maximum	440	114
Minimum	2	14
Nitrat in mg NO_3-N/m^3		
Maximum	2270	1490
Minimum	<1	610
Ammonium in mg NH_4-N/m^3		
Maximum	1410	113
Minimum	10	20
Eisen total in mg Fe/m^3		
Maximum	1400	11
Minimum	28	1

+je nach Seewasserstand

Untersuchung von Schadstoffen in Bodensee-Sedimenten

Von 1985 bis 1992 wurden Wasser- und Sedimentproben aus 44 baden-württembergischen Seen nach einheitlichen Methoden auf zahlreiche Stoffe untersucht (siehe "Chemische Untersuchungen des Wassers und der Sedimente von 44 Seen in Baden-Württemberg", Wasserwirtschaftsverwaltung Heft 28, Herausgeber Umweltministerium Baden-Württemberg). Im Rahmen dieses Projektes wurden 1991 auch Oberflächen-Sedimente aus dem Bodensee entnommen und auf schwer bzw. nicht abbaubare Schadstoffe analysiert. Die Proben entstammten sieben verschiedenen Seebereichen die bereits 1980 beprobt worden waren (siehe blauer Bericht Nr. 31 der IGKB):

I Überlinger See, tiefste Stelle bei Überlingen, 148 m
II Obersee, Seemitte zwischen Fischbach und Uttwil, Tiefer Schweb, 252 m
III Vor Güttingen, Seetafel 31, 20 m
IV Bucht östlich von Steinach, 20 m
V Bregenzer Bucht, tiefste Stelle, 60 m
VI Schussenmündung, Seetafel 42, 20 m
VII Argenmündung, östlich der Mündung, 54 m

Durch die Abwicklung der Bodensee-Untersuchung 1991 innerhalb des baden-württembergischen Seenprojektes ergaben sich einige technisch bedingte Änderungen gegenüber 1980. So wurden die Proben 1991 im August entnommen, 1980 dagegen im November und Dezember. Außerdem war die erfaßte Sedimentteufe 1991 mit 0-5 cm größer als 1980 mit 0-2 cm. Die wohl wichtigste Abweichung lag in einigen Bestimmungsmethoden. Diese waren für die verschiedenen Kohlenwasserstoffe und die Metalle gleichartig, nicht aber für die Chlorkohlenwasserstoffe.

Aus diesen Gründen ist ein direkter Vergleich einzelner Analysendaten nur eingeschränkt möglich. Mit Ausnahme der Kohlenstoff- und der organischen Gesamtextraktegehalte wurde deshalb auf eine unmittelbare Gegenüberstellung der Daten von 1980 und 1991 in den Tabellen 1 - 8 bewußt verzichtet.

Trotz dieser Vorbehalte kann jedoch festgestellt werden, daß keine außergewöhnlichen Ergebnisse gefunden wurden. Dies belegen die absoluten Größenordnungen der gemessenen Konzentrationen insbesondere im Vergleich mit den Befunden aus 44 baden-württembergischen Seen. Allgemein reihen sich die Stoffgehalte in den Bodensee-Sedimenten im Mittelfeld der in den baden-württembergischen Seen gefundenen Konzentrationsbereiche ein. Außerdem lagen die Konzentrationen der noch am besten vergleichbaren Kohlenwasserstofffraktionen und der Schwermetalle in den Proben von 1991 teils um und teils sogar deutlich unter jenen von 1980.

Eine genauere quantifizierende Aussage über die Entwicklung der Schadstoffbelastung der Sedimente ist über eine Untersuchung von Sedimentkernen möglich, die für die zweite Hälfte der neunziger Jahre ins Auge gefaßt wurde.

Tabelle 1: Kohlenstoff, Gesamtextrakt und Kohlenwasserstoffe in Oberflächensedimenten des Bodensees

Nr.	Entnahmestelle, Seetiefe	Kohlenstoffgehalte gesamt-C (%) 1991	Kohlenstoffgehalte gesamt-C (%) 1980	Kohlenstoffgehalte org.-C (%) 1991	Kohlenstoffgehalte org.-C (%) 1980	Gesamtextrakt mg/kg 1991	Gesamtextrakt mg/kg 1980
I	Überlinger See, 148 m	6,2	8,7	1,0	2,9	313	2.023
II	Tiefer Schweb, F-U, 250 m	5,9	7,7	2,0	3,1	790	1.360
III	Güttingen, Seetafel 31, 20 m	8,4	9,1	1,5	1,7	352	421
IV	Bucht östlich von Steinach, 20 m	5,5	6,1	1,7	2,0	610	1.317
V	Bregenzer Bucht, 60 m	4,3	4,9	2,4	1,6	319	656
VI	Vor Schussenmündung, Seetafel 42, 20 m	6,5	6,8	3,0	2,7	887	535
VII	Östlich vor Argenmündung, 54 m	5,6	6,7	2,6	3,3	633	932

Nr.	Entnahmestelle, Seetiefe	Alkane/Alkene *) mg/kg	Alkane/Alkene *) % v.Ex.	Aromaten *) mg/kg	Aromaten *) % v.Ex.	Hetero-komp.*) % v.Ex.	Polare Verb.*) % v.Ex.
I	Überlinger See, 148 m	40	12,8	9	2,9	39,0	32,3
II	Tiefer Schweb, F-U, 250 m	108	13,7	16	2,0	32,1	30,7
III	Güttingen, Seetafel 31, 20 m	46	13,1	9	2,6	40,9	21,9
IV	Bucht östlich von Steinach, 20 m	135	22,1	34	5,6	43,1	13,6
V	Bregenzer Bucht, 60 m	66	20,7	11	3,4	50,5	18,8
VI	Vor Schussenmündung, Seetafel 42, 20 m	95	10,7	23	2,6	43,1	18,7
VII	Östlich vor Argenmündung, 54 m	53	8,4	11	1,7	49,3	13,6

*) alle Meßwerte von 1991; %-Angaben sind auf den Gesamtextrakt bezogen

Tabelle 2: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (mg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
Phenanthren	0,087	0,061	0,084	0,193	0,069	0,144	0,074
Fluoranthen	0,156	0,114	0,173	0,471	0,063	0,416	0,184
Pyren	0,131	0,100	0,135	0,383	0,057	0,314	0,152
Benzo(a)fluoranthen	0,043	0,044	0,036	0,091	0,012	0,061	0,043
Benzo(b)fluoranthen	0,028	0,024	0,027	0,061	0,007	0,054	0,028
Triphenylen/Chrysen	0,064	0,073	0,055	0,204	0,041	0,181	0,080
Benzofluoranthene	0,123	0,148	0,170	0,358	0,063	0,332	0,153
Benzo(e)pyren	0,055	0,082	0,075	0,173	0,035	0,165	0,073
Benzo(a)pyren	0,054	0,062	0,074	0,189	0,030	0,181	0,086
Perylen	0,024	0,022	0,034	0,058	0,020	0,146	0,070
Benzo(ghi)perylen	0,059	0,087	0,084	0,169	0,034	0,159	0,066

Tabelle 3: Flüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (µg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
Trichlormethan	0,9	0,8	1,8	2,3	0,5	2,8	2,8
Tetrachlorethen	1,3	3,1	1,6	0,9	4,5	1,5	1,3
Hexachlorethan	nn	nn	0,9	nn	nn	nn	0,5

In keiner Probe waren nachweisbar: Tetrachlormethan, Trichlorethen, 1,2-Dichlorethan, 1,1,1-Trichlorethan,1,1,2-Trichlorethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan und Hexachlorethan; nn = nicht nachweisbar

Tabelle 4: Chlorbenzole (µg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
1,2,3-Trichlorbenzol	nn	1,6	nn	nn	nn	nn	nn
1,2,4-Trichlorbenzol	2,2	9,8	nn	nn	2,3	10,0	nn
Pentachlorbenzol	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	nn
Hexachlorbenzol	0,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2	nn

In keiner Probe waren nachweisbar: 1,2-Dichlorbenzol, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,3,5-Trichlorbenzol, 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol und 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol; nn = nicht nachweisbar

Tabelle 5: Polychlorierte Biphenyle (µg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
PCB Nr. 28	0,1	0,2	nn	0,2	nn	nn	nn
PCB Nr. 52	0,8	1,6	0,6	0,4	nn	0,4	0,1
PCB Nr. 101	1,6	2,5	1,0	0,9	0,4	0,9	0,4
PCB Nr. 138	1,8	2,5	1,2	0,9	0,4	1,0	0,5
PCB Nr. 153	2,3	3,2	1,3	0,9	0,4	1,1	0,6
PCB Nr. 180	0,6	0,8	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2
Summe PCB-Kongenere:	7,2	10,6	4,5	3,6	1,4	3,8	1,8

nn = nicht nachweisbar

Tabelle 6: Chlorpestizide (µg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
o,p'-DDD	0,3	0,4	0,2	0,2	nn	0,2	nn
p,p'-DDD	0,7	0,9	1,0	0,4	0,1	0,1	0,1
p,p'-DDE	1,9	2,4	1,7	0,6	0,3	0,9	0,3
p,p'-DDT	nn	nn	nn	nn	nn	0,6	nn
Dieldrin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
α-Hexachlorcyclohexan	nn	0,1	nn	nn	nn	nn	nn
γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

In keiner Probe waren nachweisbar: Aldrin, Chloroneb, o,p'-DDE, o,p'-DDT, Endrin, Heptachlor, β- sowie δ-Hexachlorcyclohexan, Isodrin, Methoxychlor, trans-Nonachlor und Octachlorstyrol
nn = nicht nachweisbar

Tabelle 7: Phenole (µg/kg) - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)	I	II	III	IV	V	VI	VII
2,4,5-Trichlorphenol	nn	0,1	nn	nn	nn	nn	nn
4-Nonylphenol-Isomere	35,0	114,5	13,0	nn	84,0	39,0	39,0

In keiner Probe waren nachweisbar: 4-Chlor-o-kresol, 4-Chlor-m-kresol, 2,4-Dichlorphenol und Pentachlorphenol; nn = nicht nachweisbar

Tabelle 8: Metalle - Untersuchungsergebnisse von 1991

Entnahmestelle (siehe Tabelle 1)		I	II	III	IV	V	VI	VII
Arsen	mg/kg	6,3	19,1	2,7	ng	11,6	4,9	3,7
Blei	mg/kg	27	ng	ng	13	42	23	ng
Cadmium	mg/kg	0,2	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2
Chrom	mg/kg	46	61	30	87	63	75	52
Eisen	g/kg	13	25	10	18	28	19	15
Kupfer	mg/kg	15	40	16	36	30	25	18
Mangan	mg/kg	794	2044	367	538	916	581	766
Quecksilber	mg/kg	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	0,2	< 0,2
Selen(IV)	mg/kg	0,4	1,2	1,2	0,3	0,2	ng	1,3
Thallium	mg/kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zink	mg/kg	63	149	85	128	93	98	77
Aluminium	g/kg	18,5	37,3	15,2	22,9	49,5	25,2	19,9
Calcium	g/kg	178	127	242	129	112	125	111
Kalium	g/kg	5,8	12,9	4,3	7,0	14,4	7,5	5,9
Magnesium	g/kg	12,1	12,5	9,2	14,0	12,9	15,8	14,1
Natrium	g/kg	0,5	1,5	0,4	0,4	1,4	0,6	0,6
Strontium	mg/kg	448	332	561	343	351	272	240

ng = nicht gemessen

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg:	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg Kernerplatz 9 D-70182 Stuttgart
Bayern:	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstraße 67 D-80696 München
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 · 88046 Friedrichshafen · Adelheidstraße 26-28 · Telefon (0 75 41) 92 07-0

Dieser Bericht wurde auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.