Internationale Gewässerschutzkommission

für den

Bodensee

Limnologischer Zustand des Bodensees

Nr. 23

Jahresbericht Januar 1995 bis März 1996

ISSN 1011-1271

ISSN 1011-1271 Jber.Int.Gewässerschutzkomm. Bodensee: Limnol.Zust.Bodensee
23 (1997)

Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

Limnologischer Zustand des Bodensees

Nr. 23

Jahresbericht Januar 1995 bis März 1996

Bearbeiter: H. Müller

– 1997 –

VORWORT

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 1995 / 96. 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. Harald Hetzenauer, Langenargen
Dr. Eckart Hollan, Langenargen
Dr. Reiner Kümmerlin, Langenargen
Dipl.-Inform. Günther Kuhn, Langenargen (EDV)
Dr. Helmut Müller, Langenargen (Koordination Freiwasser)
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/Limnolologie: 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; Datenverarbeitung und Berichterstattung

Physikalisch-chemische Untersuchungen des Überlinger Sees an der Probenahmestelle zwischen Überlingen und Wallhausen wurden von der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein (AWBR) und vom Technologiezentrum Wasser (TZW), 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 1995 - 1996 (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		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			

Auskünfte

EINLEITUNG

Der Bericht zum Seejahr 1995/96 enthält eine kurze Beschreibung 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, 1. Aufl. 1985) 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 1995 / 1996

Bodensee - Obersee:

Die Phosphorkonzentration nahm im Seejahr 1995/96 weiter ab und betrug im Frühjahr 1996 noch 22 mg/m³ (1995: 24 mg/m³). Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - nahm von 0,97 auf 1,01 g/m³ leicht zu. Die Biomasse des Phytoplanktons entsprach der des Vorjahres.

Die Sauerstoffgehalte im tiefen Hypolimnion lagen im Jahre 1995 von März bis Oktober etwas unterhalb der Werte des Vorjahres, ab November bis April 1996 etwas darüber. Der Minimalwert in einem Meter über Grund war 1995 mit 6,1 g/m³ geringfügig höher als 1994 (5,9 g/m³).

Auf die **hydrologische Situation** des Sees hatte der seit langem kälteste Winter, insbesondere nach den zwei vorausgegangenen recht warmen Jahren, eine einschneidende Wirkung. Nach dem kürzeren und etwas weniger warmen Hochsommer als 1994 fiel nur noch der Oktober wärmer als im Vorjahr aus. Danach folgten bis März 1996 Perioden mit durchgehendem geringem bis mäßigen Frost. Insgesamt wurden 63 Tage mit Frost im Tagesmittel von November 1995 bis März 1996 verzeichnet.

Die Oberflächentemperaturen lagen bis Mitte Juli etwas höher als 1994. Das Maximum mit 22,1 °C trat knapp einen Monat früher ein und lag um 2,3 °C niedriger. Die ab November eintretende massive Abkühlung bewirkte, daß sich die Deckschicht bis Ende Januar 1996 auf 90 m verstärkte (1994: 65 m).

Durch die fortdauernde starke Auskühlung stieg die konvektive Vertiefung bis zum 9. Februar 1996 auf 190 m an und unterschritt während mindestens 10 Tagen die Temperaturen des tiefen Hypolimnions (Temperaturinversion!). Am 1. Februar herrschte die bisher höchste beobachtete Wassertemperatur von 4,89 °C am Seeboden. Bis Ende Februar setzten seitliche Kaltwasserzuströmungen unterhalb 180 m ein, die die Temperatur über Grund auf 4,4 °C drückten. Die Deckschicht stellte sich durch Konvektion auf 4,53 °C ein.

Ende März trat die kälteste vertikale Temperaturverteilung ein, und zwar in der Deckschicht bis 130 m mit im Mittel 4,45 °C und 4,3 °C über Grund. Dies war das diesjährige Temperaturminimum. Gleichzeitig begann infolge der einsetzenden jahreszeitlichen Erwärmung eine flache Hauptschichtung mit 6,6 °C Oberflächentemperatur.

Die Konzentration des **Gesamtphosphors** im Rohwasser betrug im Frühjahr 1996 während der Monate Februar bis April im Mittel 22 mg/m³ (Abb. 2A, Konzentration während der Vollzirkulation). Damit hat sich die Phosphorabnahme der letzten Jahre fortgesetzt (Frühjahr 1995: 24 mg/m³; 1994: 29 mg/m³; 1993: 30 mg/m³).

Der **Orthophosphat-Phosphor** lag im August 1995 unter 1 mg/m³. Wegen nachträglich festgestellter analytischer Probleme liegen für Mai bis Juli 1995 keine verwertbaren Phosphorergebnisse vor.

Der **anorganische Stickstoff** (N aus NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+) mit Nitrat als Hauptkomponente lag 1995 im Jahresmittel (volumengewichtet) mit 1,01 g/m³ leicht über dem Niveau der beiden Vorjahre (1994: 0,97 g/m³; 1993: 1,00 g/m³; Abb. 2C).

Chlorid als Indikator vielfältiger Salzbelastungen wies 1995 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von 5,2 g/m³ auf (1994: 5,3 g/m³; Abb. 2C).

Die **Sauerstoffgehalte** waren von März bis Oktober 1995 im tiefen Hypolimnion des Obersees von 200 - 253 m Tiefe durchweg niedriger als 1994 Diese Situation änderte sich Anfang November 1995. Von diesem Zeitpunkt an bis Mitte April 1996 wurden meist höhere Konzentrationen als im Vorjahr gemessen. Der einen Meter über Grund gemessene Minimalwert (6,1 mg/l) wurde 1995 bereits im September erreicht, 1994 (5,9 mg/l) hingegen erst im November (Abb. 2B).

In diesem Vergleich zwischen den Seejahren 94/95 und 95/96 spiegeln sich zwei entscheidende Unterschiede wieder: Einerseits gab es eine schlechtere Startsituation im April 1995 gegenüber April 1994, aber andererseits eine etwas geringere Sauerstoffzehrung im Herbst 1995 als im Herbst 1994.

Der durchschnittliche Sauerstoffinhalt des Obersees der Monate März und April lag 1996 mit 506.000 Tonnen etwas niedriger als in den beiden Vorjahren (1995: 522.000 und 1994: 516.000 Tonnen). Dies rührt daher, daß vor allem im März 1996 von der Seeoberfläche bis in etwa 150 m Wassertiefe geringere Sauerstoffkonzentrationen auftraten als in den beiden Vorjahren. Die bessere Sauerstoffversorgung der volumenmäßig weniger gewichtigen, für den See aber entscheidenden Tiefenzone von 150 m bis zum Grund konnte diesen Fehlbetrag nicht ausgleichen.

Das **Phytoplankton** erreichte 1995 im Jahresmittel eine Biomasse von 10,0 g/m² (0 - 20 m Tiefe). Sie lag damit fast unverändert in Höhe des Vorjahres (1994) mit 10,2 g/m². Die Abnahme der Durchschnittsbiomasse, die mit Ausnahme des Jahres 1993 kontinuierlich seit 1988 erfolgte, hat damit vorerst einen Stillstand erreicht (1993: 13,7 g/m² , 1992: 11,8 g/m²; 1991: 12,32 g/m²; 1990: 16,3 g/m²; 1989: 25,1 g/m²; 1988: 33,9 g/m², Abb. 3).

Im Lauf des Jahres 1995 erfolgten vier Maxima: Im Mai trat ein länger ausgedehntes Frühjahrsmaximum mit Werten bis zu 15,7 g/m² auf, das vor allem aus centrischen Kieselalgen und Cryptophyceen bestand. Während des Klarwasserstadiums im Juni fiel die Planktonkonzentration auf Werte um 5 g/m². Anfang Juli trat dann ein zweites Maximum mit 27,4 g/m² auf, das vor allem aus Cryptophyceen und kleineren Anteilen von Chrysophyceen und Dinoflagellaten bestand. Nach einem zweiten Minimum Mitte Juli mit 8 g/m² wurde am 1. August der Höchststand mit 37,8 g/m² erreicht; dieses dritte Maximum bestand zum großen Teil aus pennaten Kieselalgen und Blaualgen sowie einem kleineren Anteil von Dinoflagellaten und Cryptophyceen. Die Biomasse sank dann bis zu einem Minimum von 8 g/m² Anfang September. Mitte Oktober bildete sich ein viertes Maximum mit 24 g/m², das aus Dinoflagellaten, Cryptophyceen, pennaten Kieselalgen und einem kleineren Anteil von Blaualgen bestand. Dann sank die Planktonbiomasse wider relativ schnell ab und bewegte sich von Ende Oktober bis Mitte Dezember zwischen 6 und 8 g/m²; Ende Dezember waren 2 g/m² erreicht (Abb. 27, 28).

Beim **Crustaceenzooplankton** zeigte sich eine weitere Abnahme der Gesamtabundanz der Tiere. Wie auch bereits im Untersuchungszeitraum 1994/1995 ist die Abnahme im wesentlichen durch die anhaltend niedrigen Copepodenzahlen bedingt. Da dieser Trend nun bereits über mehrere Jahre anhält, könnte es sich um beginnende Auswirkungen der fortschreitenden Oligotrophierung des Bodensees handeln.

Die erkennbaren Änderungen in den Beständen der Daphnien waren gering. Die Unterschiede in der saisonalen Sukzession beruhten möglicherweise auf den abweichenden meteorologischen und hydrologischen Bedingungen im Frühsommer 1995. Die Bestände der übrigen Cladocerengruppen (Bosmina, Bythotrephes, Leptodora) waren etwas geringer als im Vorjahr. Die vorliegenden Zahlen lassen bei den Copepoden auf eine deutliche Abnahme der

Bestände schließen.

Bei den vorwiegend h e r b i v o r lebenden Copepoden zeigten 1995 insbesondere die Erwachsenen- und Jugendstadien der Diaptomiden eine Abnahme der Abundanz.

Auch bei den c a r n i v o r lebenden Copepodengruppen waren die Bestände niedriger als im Vorjahr. Dies gilt insbesondere für die erwachsenen Tiere von Mesocyclops leuckarti und Cyclops vicinus. Der bei dem omnivor lebenden Cyclops abyssorum bereits seit mehreren Jahren beobachtete Trend zu erhöhten Bestandsdichten war 1995 nicht erkennbar (Abb. 29 - 31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - zeigten innerhalb der Produktionszone (0 - 20 m) einen im Vergleich zu den Vorjahren relativ späten Anstieg der Zelldichten im April. Auch das üblicherweise im Mai beobachtete Maximum fiel mit 5,4 x 10^6 Bakterien/ml vergleichsweise gering aus. Dagegen erreichten die Zelldichten nach einem kurzen Minimum während der Klarwasserphase ein ausgeprägtes Maximum im Juli mit Werten von 12 x 10^6. Bakterien/ml. Im August und September bewegten sich die Werte im Bereich der üblichen Sommerkonzentration von 4 bis 5 x 10^6 Bakterien/ml. Während der Schönwetterperiode im Oktober wurde nochmals ein Anstieg auf 7 x 10^6 Bakterien/ml beobachtet. Danach fielen die Werte zum Winter hin wieder kontinuierlich ab und erreichten im März 1996 das winterliche Minimum von 1,3 x 10^6 Bakterien/ml (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 1995 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) auf 19 mg/m³ abgenommen (1994: 22 mg/m³; 1993: 24 mg/m³). Wegen analytischer Probleme fehlen für den Zellersee Phosphordaten von Mai bis August. Ein Vergleich der übrigen Monate zum Vorjahr zeigt eine leichte Abnahme von 1 mg/m³ (Jahresmittelwert 1994: 34 mg/m³; wahrscheinlicher Jahresmittelwert 1995: 33 mg/m³).

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+) mit Nitrat als Hauptkomponente betrug 1995 im Rheinsee 0,85 mg/l (1994: 0,86 mg/l). Im Zellersee wurde eine leichte Zunahme auf 1,11 mg/l beobachtet (1994: 1,10 mg/l).

Die **Sauerstoffsituation** hat sich 1995 im Rheinsee und im Zellersee gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Rheinsee lagen die Sauerstoffkonzentrationen in Seebodennähe im Oktober bei 0,6 und im August und September bei 2,3 bzw. 1,1 mg/l. Im Vorjahr hatten hier die Minimalkonzentrationen im Oktober bei 0,8 und im September und November bei 1,8 mg/l gelegen. Im Zellersee, der bis 1992 über Jahrzehnte hinweg einen zeitweilig totalen Sauerstoffschwund aufwies, wurden auch 1995 bei allen Messungen ein geringer Sauerstoff-Restgehalt gemessen. Er lag von August bis Oktober zwischen 1,4 und 1,7 mg/l (im Vorjahr zwischen 0,8 und 1,9 mg/l).

Beim **Phytoplankton** im Zellersee stieg die Biomasse 1995 im Jahresmittel wieder stark auf 15,23 g/m² (0 - 20 m Tiefe) an, während 1994 10,5 g/m² erreicht wurden (1993: 13,8 g/m² ; 1992: 13,7 g/m²; 1991: 18 g/m²; 1990: 20,2 g/m²; 1989: 27,6 g/m² ; 1988: 52,1 g/m²).

Bereits Ende Januar stieg die Biomasse auf Werte von 10 g/m² an, im Februar auf 13-16 g/m². Dann setzte eine sehr starke und den ganzen März und Anfang April andauernde Frühjahrsalgenblüte ein, die ihr Maximum Ende März mit 69 g/m² erreichte; sie bestand vor allem aus centrischen Kieselalgen und Cryptophyceen. Das Klarwasserstadium Ende Mai bis Anfang Juni war sehr ausgeprägt mit Werten von 5-6 g/m². Anfang Juli trat ein zweites

schwächeres Maximum mit 18,5 g/m² ein, das vor allem aus Cryptophyceen, Chrysophyceen und Grünalgen bestand. Nach einem leichten Absinken Mitte Juli erfolgte im August das dritte Maximum mit Werten bis 16 g/m²; es bestand vor allem aus Cryptophyceen, centrischen und pennaten Kieselalgen sowie Grünalgen. Ende August sank die Biomasse wieder leicht ab, stieg dann Mitte September wieder an und erreichte Anfang Oktober das vierte Maximum mit 16 g/m², das vor allem aus Cryptophyceen bestand. Die Biomasse sank dann schnell auf Werte um 4 g/m² ab, die bis Jahresende leicht schwankten, um Ende Dezember 3 g/m² zu erreichen(Abb. 51, 52).

Bewertung und Schlußfolgerungen

Der limnologische Zustand des Bodensees (Obersee) im Freiwasser zeigte im Seejahr 1995/96 insgesamt ein ähnliches Bild wie im Vorjahr. Die seit Anfang der 80er Jahre eingetretene stetige Abnahme der Phosphorkonzentration hat sich fortgesetzt. Die Biomasse des Phytoplanktons lag dagegen gleich hoch wie im Vorjahr. Der über Grund gemessene Sauerstoffminimalwert lag zwar geringfügig höher als im Vorjahr, der gesamte Sauerstoffinhalt lag jedoch im Frühjahr 1996 niedriger als in den beiden Vorjahren. Infolge der befriedigenden Sauerstoffreserven im tiefen Hypolimnion sind jedoch dramatische Sauerstoffmangelzustände über Grund in 1996 trotzdem eher unwahrscheinlich.

Der weitere Rückgang des Phosphors ist den Sanierungsmaßnahmen im gesamten Bodensee-Einzugsgebiet zuzuschreiben. Dies zeigt, daß der mit dem Bau- und Investitionsprogramm verfolgte Weg richtig ist und insbesondere auch der in den letzten Jahren durchgeführte kostenaufwendige weitere Ausbau der Abwasserreinigungsanlagen weitere Erfolge bringt.

Der Parameter Phosphor ist die wichtigste Ursache für die Eutrophierung von Gewässern und damit der Indikator für die Effektivität des Bau- und Investitionsprogrammes für Anlagen zur Abwasserreinigung. Eine Voraussetzung für die Stabilisierung des Sees in dieser Hinsicht ist, daß die Defizite aus dem Bau- und Investitionsprogramm zügig abgebaut werden. Daneben sind andere maßgebliche Einflüsse auf den Zustand des Sees zu berücksichtigen wie:

- die Landwirtschaft
- Tourismus / Verkehr
- Schiffahrt
- Siedlungsentwicklung

Auch diese Faktoren bedürfen der Beobachtung im Sinne einer Gesamtschau und der erforderlichen Reaktionen zur Erhaltung des komplexen Systems Bodensee, damit es als intaktes Ökosystem nachhaltig geschützt und damit Nutzungsansprüche, z.B. Trinkwasserspeicher, Erholung, Fischerei, gerecht werden kann.

Abbildungen und Tabellen

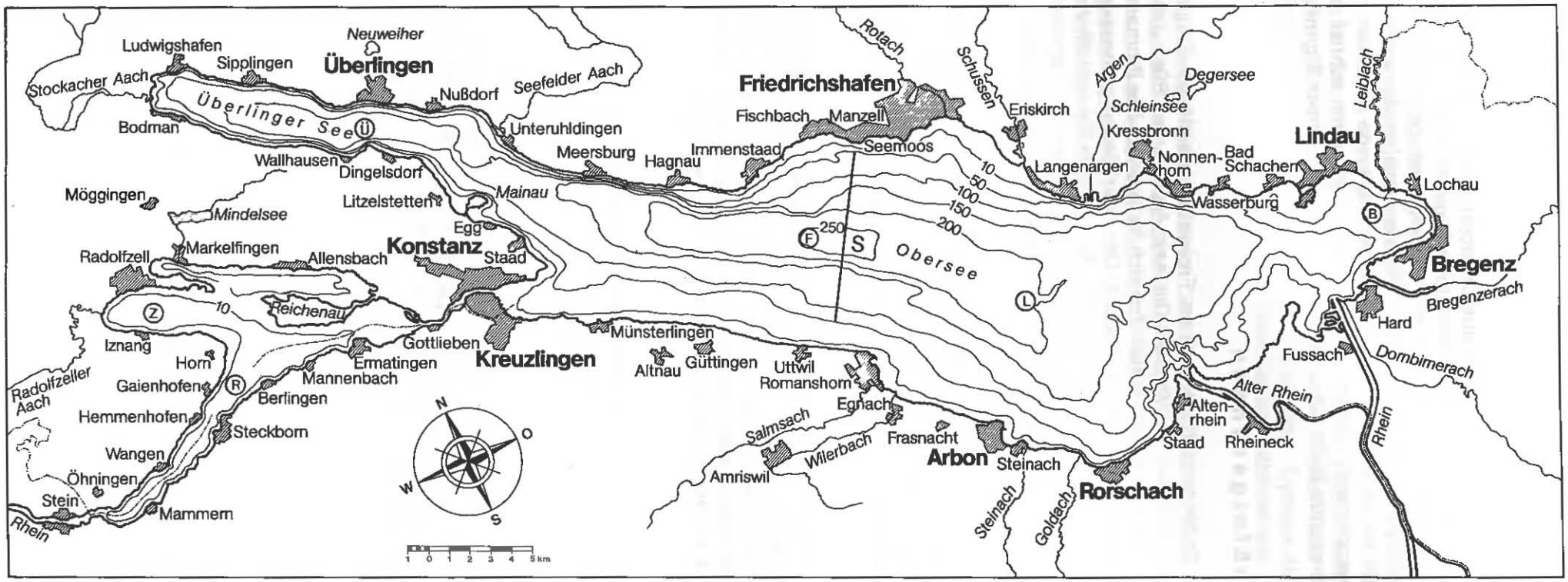


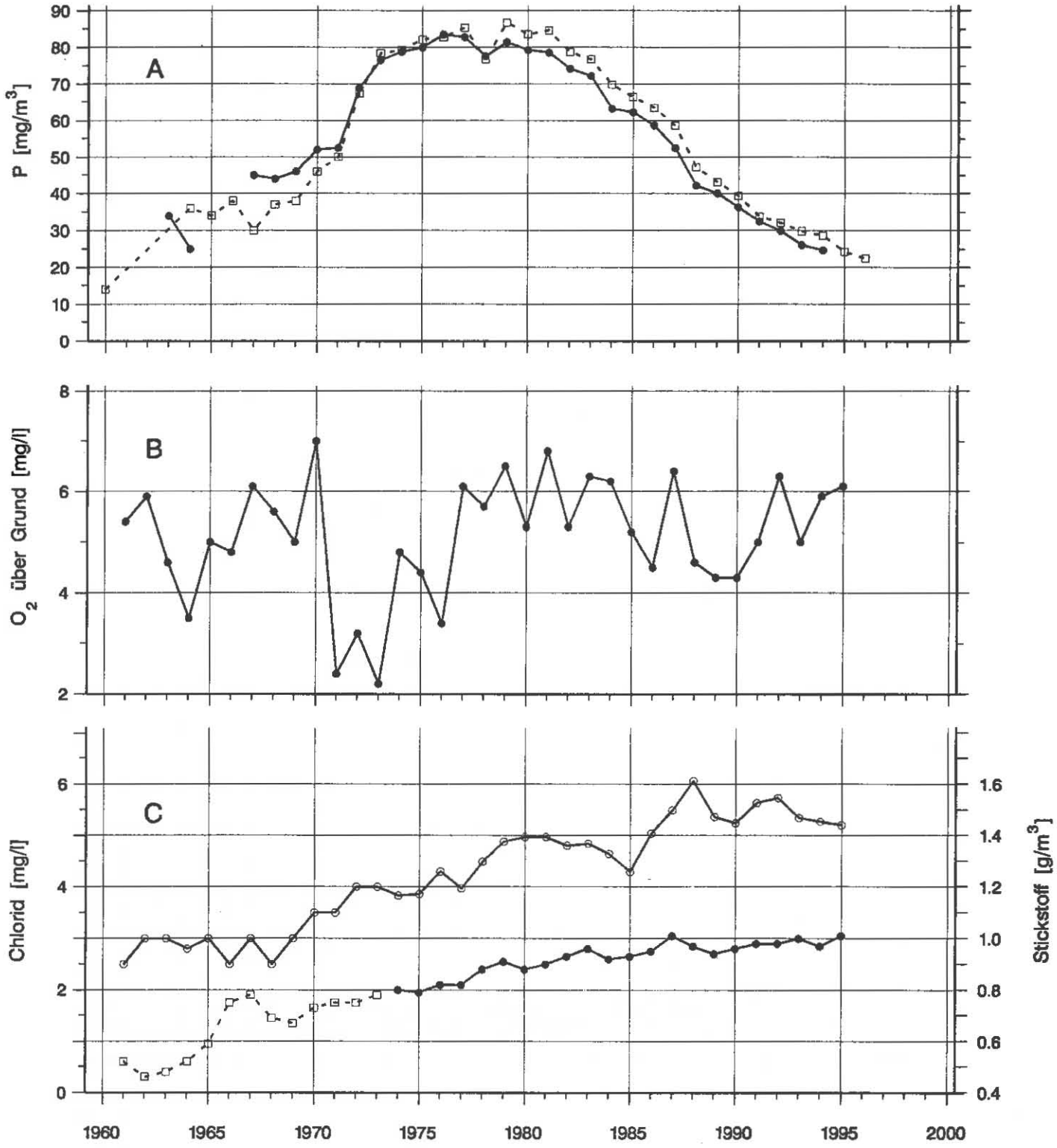
Abb. 1: Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

a) Freiwasser:

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

Untersee: Zellersee (Z)
Rheinsee (R)

Seeboden:
Profil Seemoos-Uttwil (S)



A — Gesamtphosphor im Rohwasser, volumengewichtetes Jahresmittel

Gesamtphosphor im Rohwasser, Konzentration während Vollzirkualtion

B — Sauerstoffkonzentration, Minimalwerte 1 m über Grund

C — Chlorid, volumengewichtetes Jahresmittel

Stickstoff nur aus NO_3^-, volumengewicht. Jahresmittel

Stickstoff aus NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+, volumengewicht. Jahresmittel

Abb. 02: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Langfristige Entwicklung der Phosphor–, Sauerstoff–, Stickstoff– und Chloridkonzentration

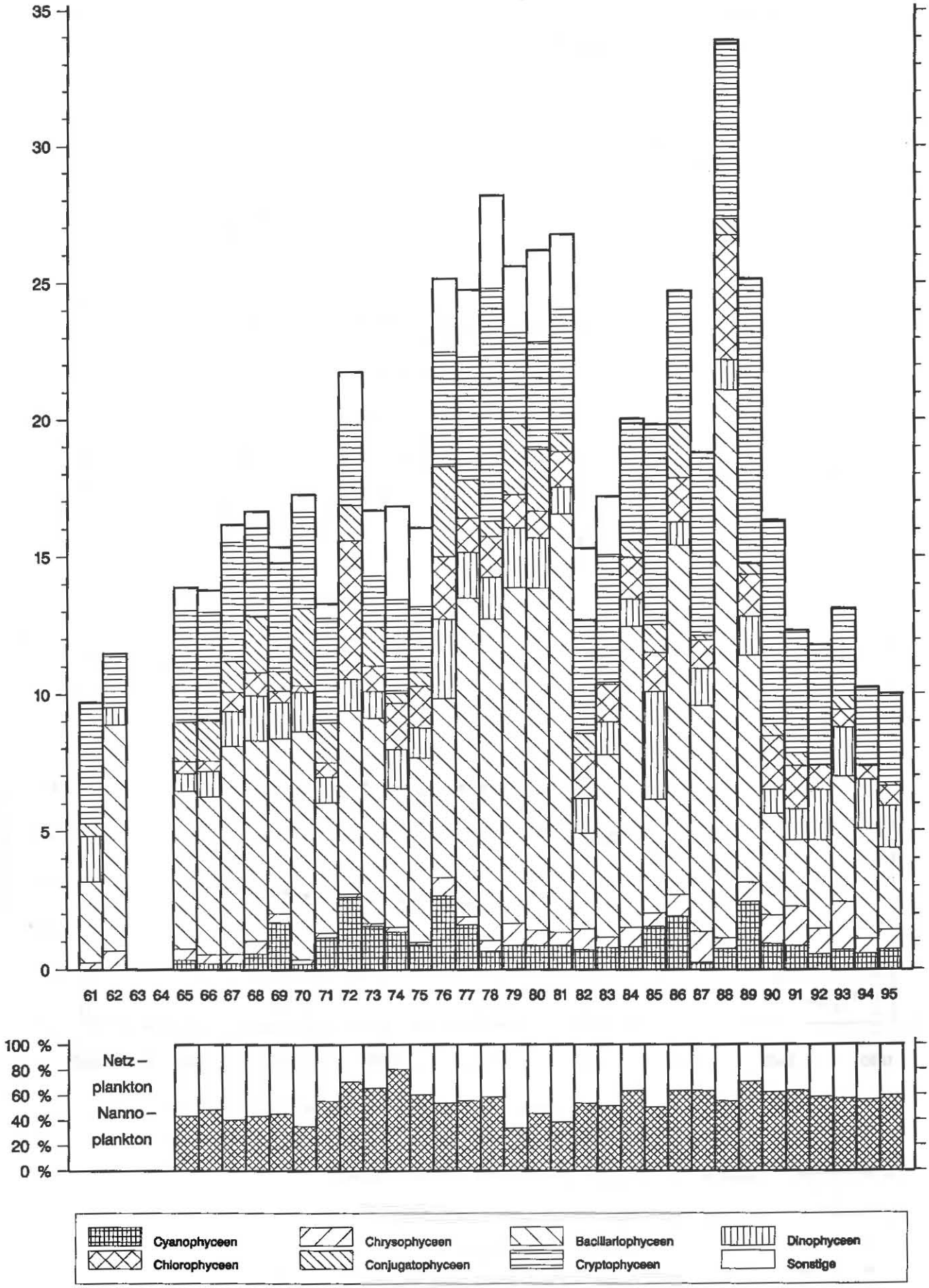


Abb. 03: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons
Biomassen in g/m² (0 – 20m Tiefe), Jahresmittel

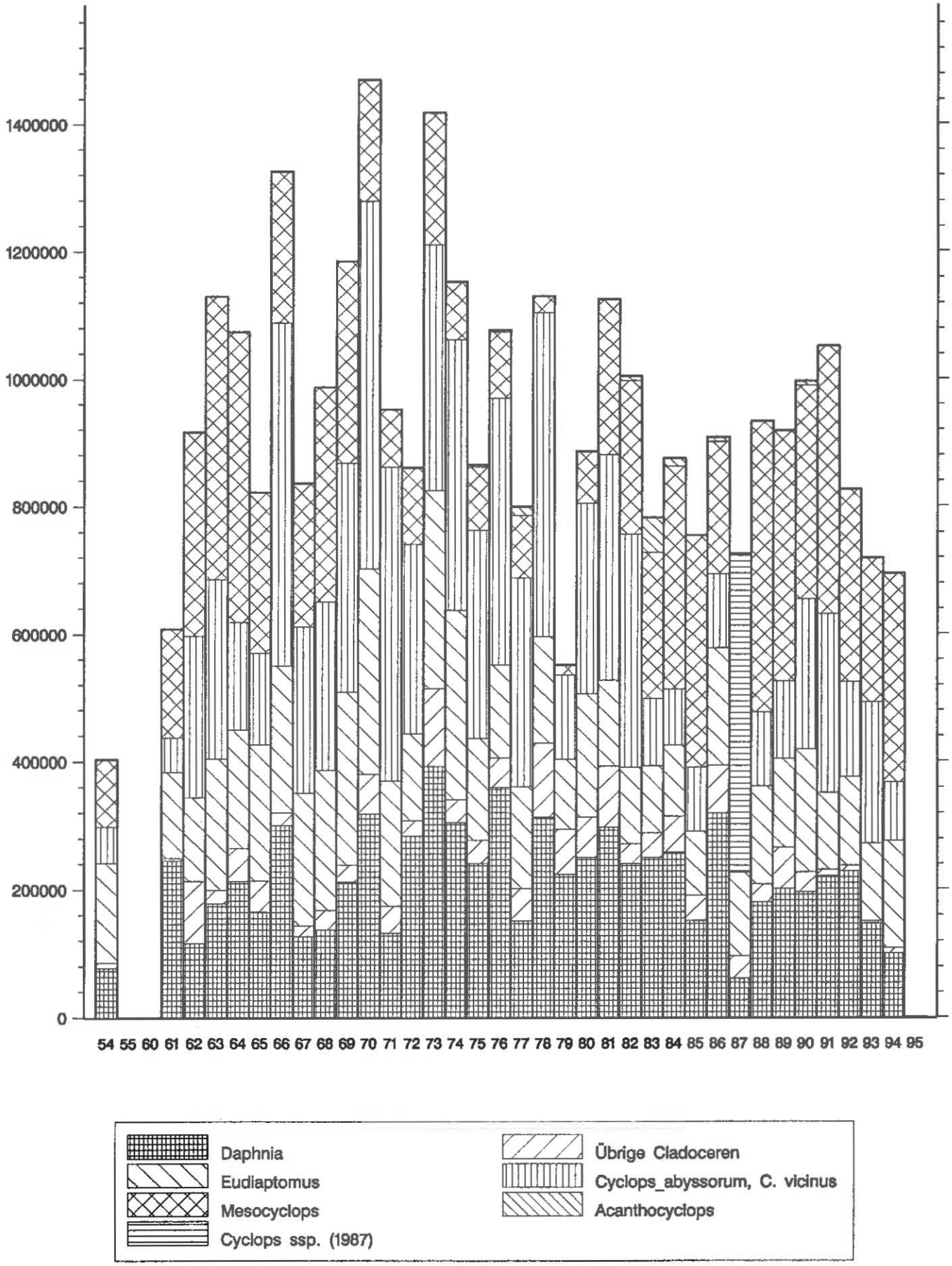


Abb. 04: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons
Tiere/m^2, Jahresmittelwerte *

* Berechnung des Jahresmittelwertes für 1995 nicht möglich

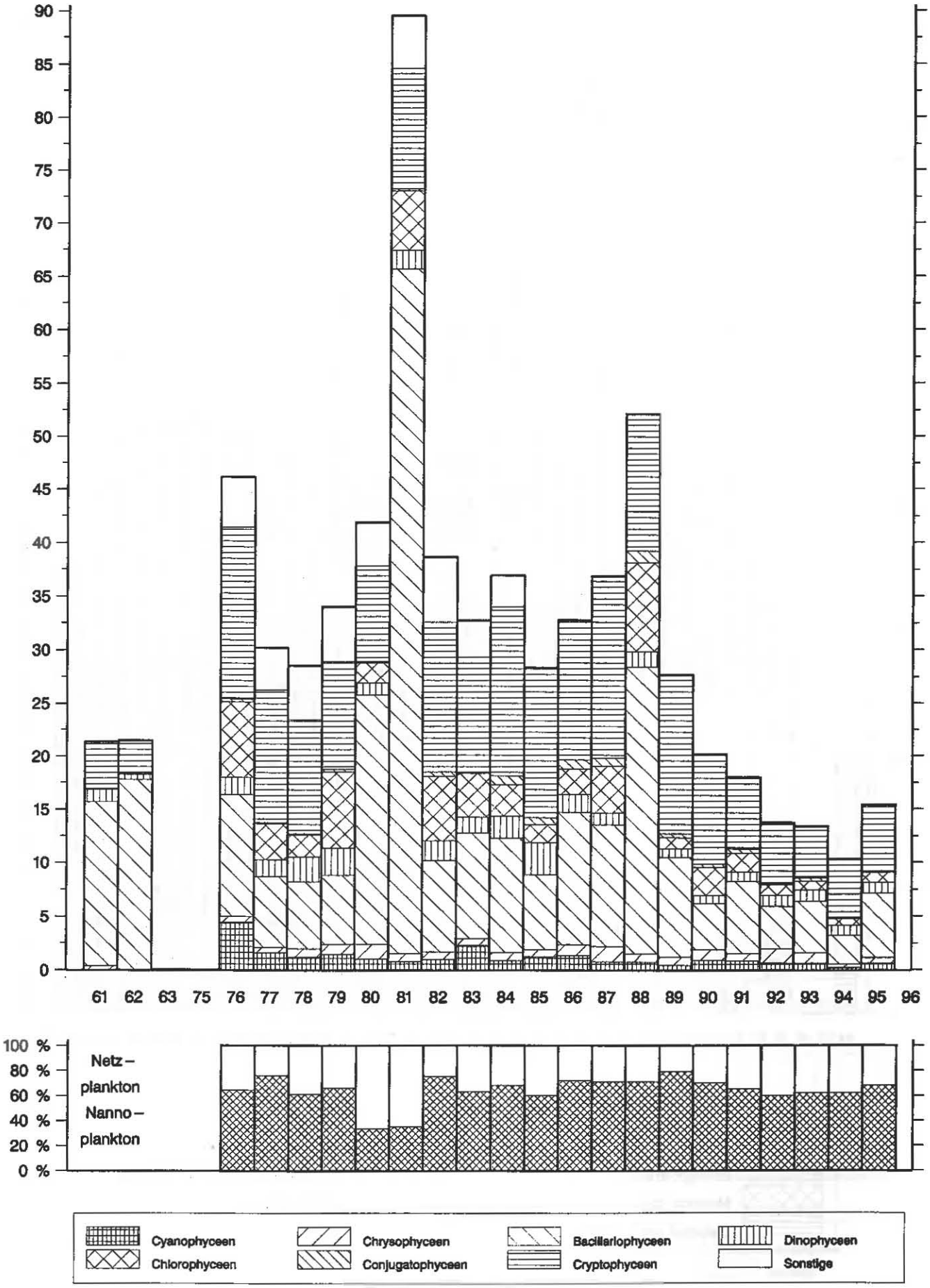


Abb. 05: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons
Biomassen in g/m² (0–20m Tiefe), Jahresmittel

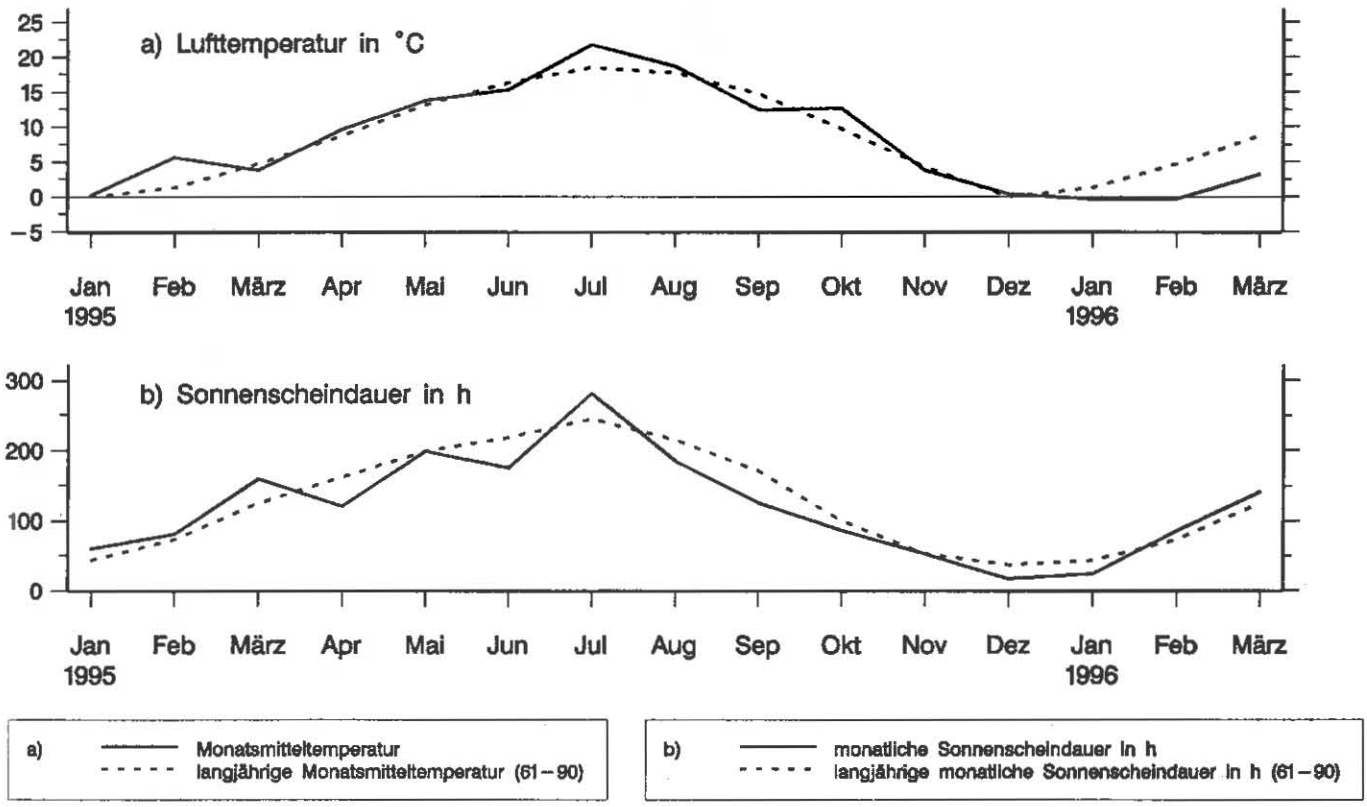


Abb. 6: Bodensee – Obersee:
Klimadaten der Wetterwarte Konstanz

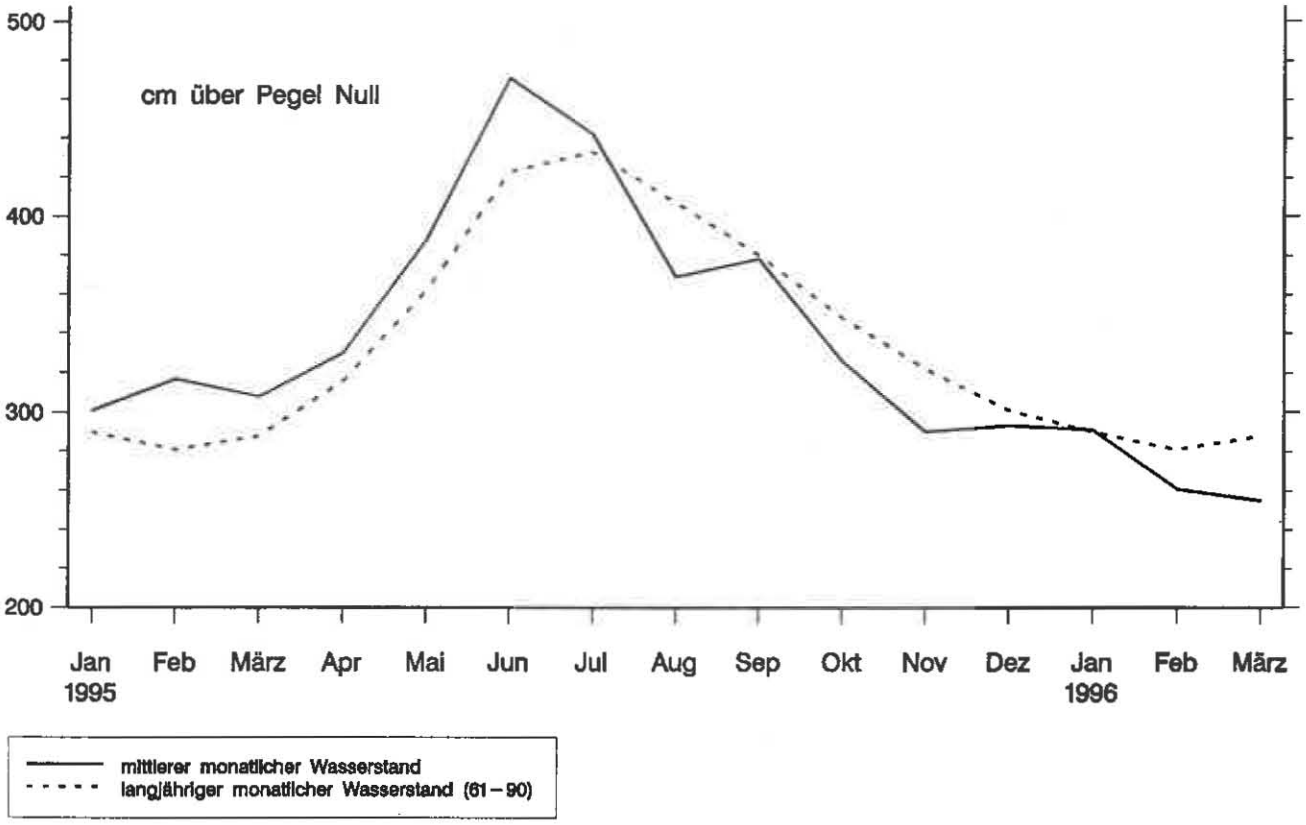


Abb. 7: Bodensee – Obersee:
Wasserstand am Pegel Konstanz

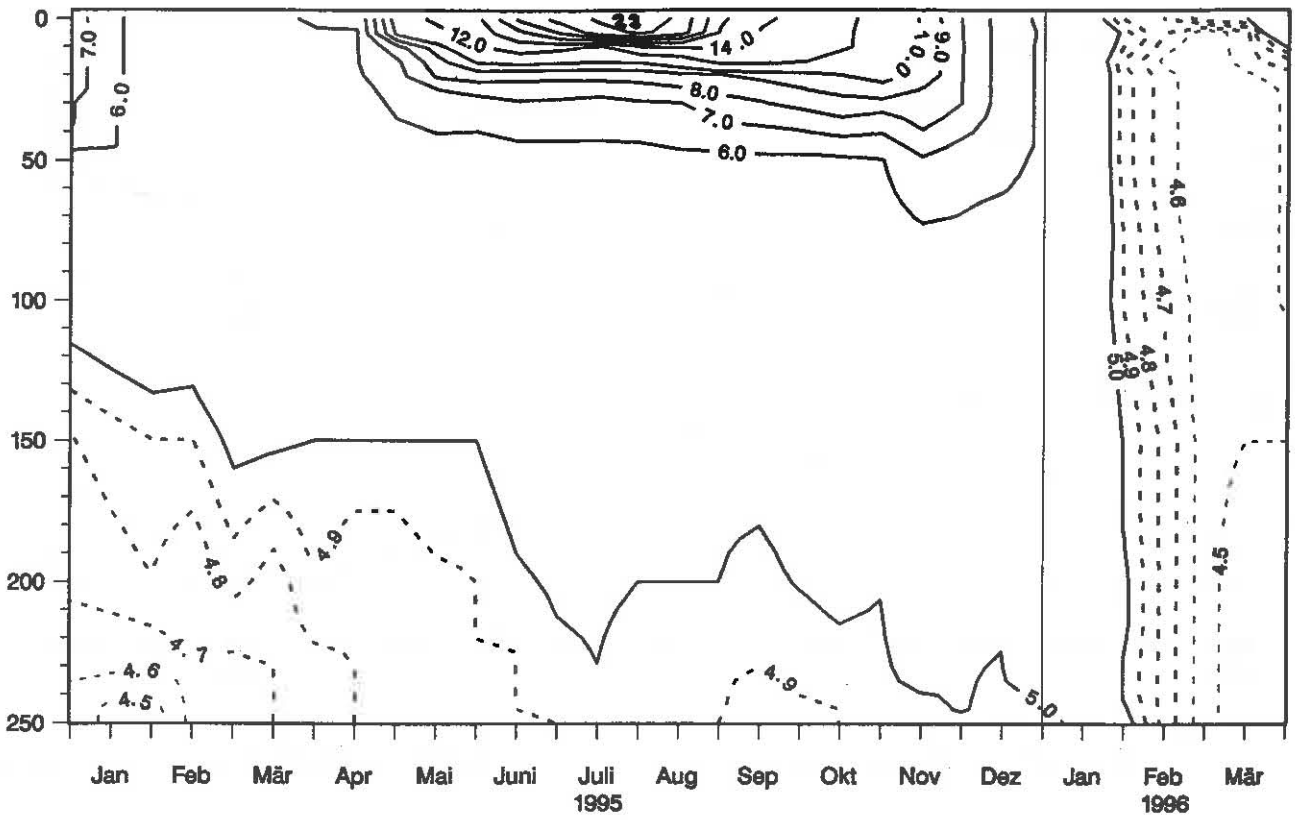


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Temperatur °C

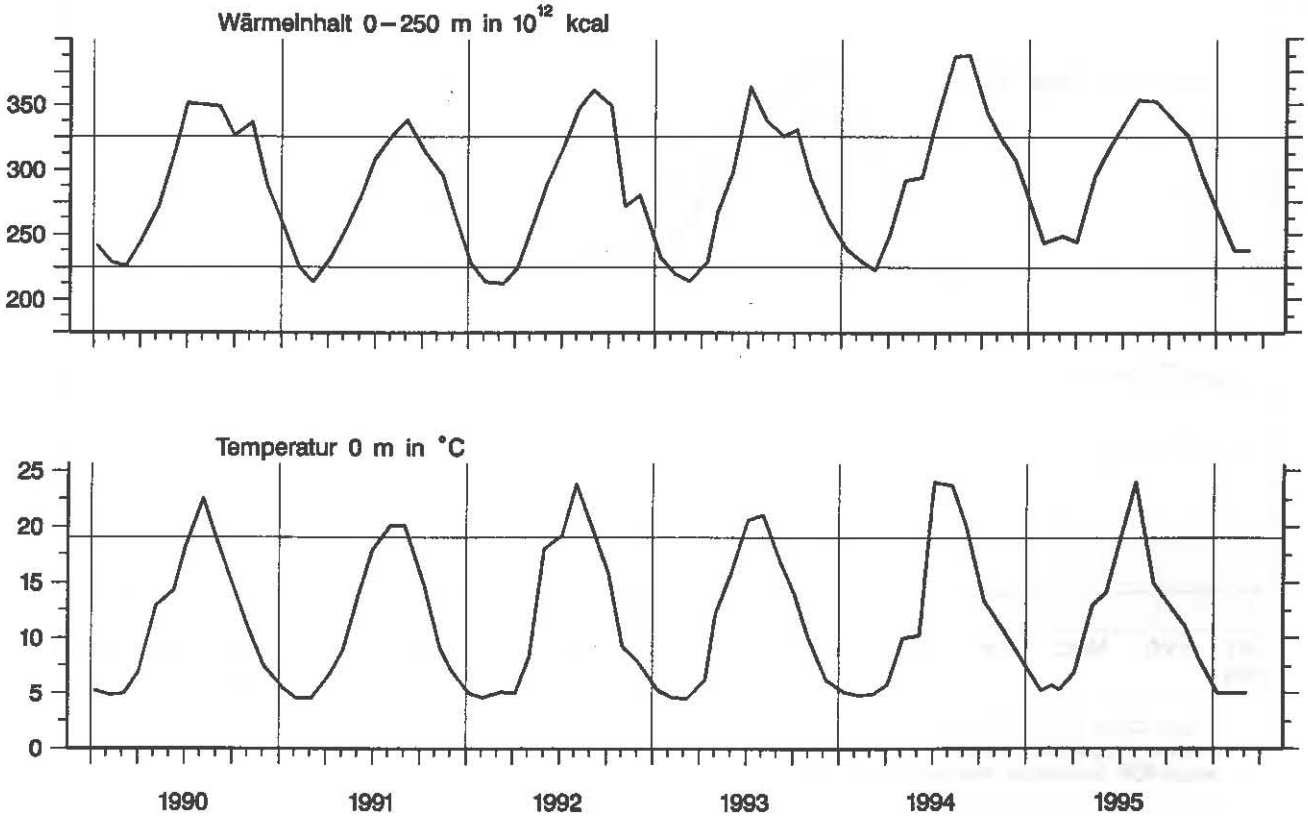


Abb. 9: Bodensee – Obersee:
Thermik

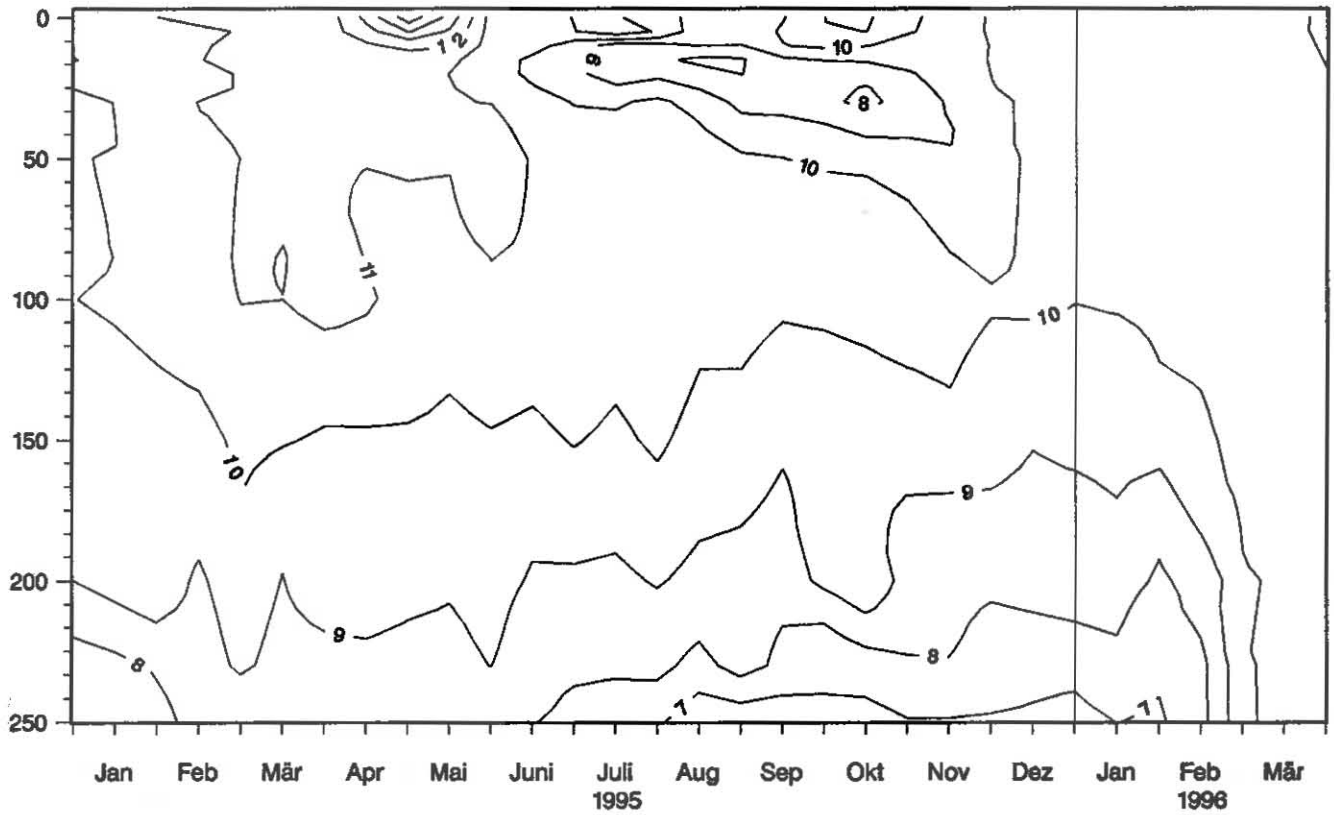


Abb. 10: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Sauerstoff (mg/l)

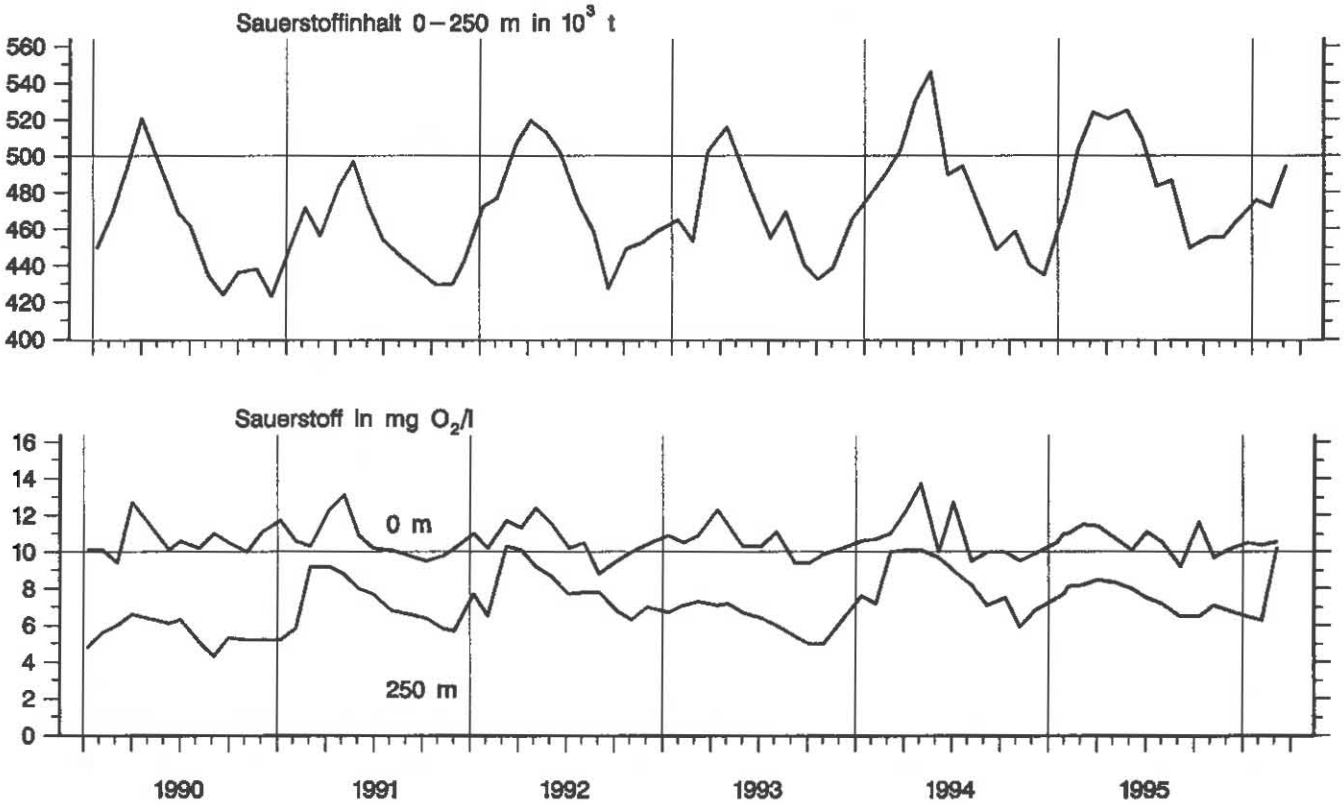


Abb. 11: Bodensee – Obersee:
Sauerstoffinhalt 0 – 252 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 250 m Tiefe

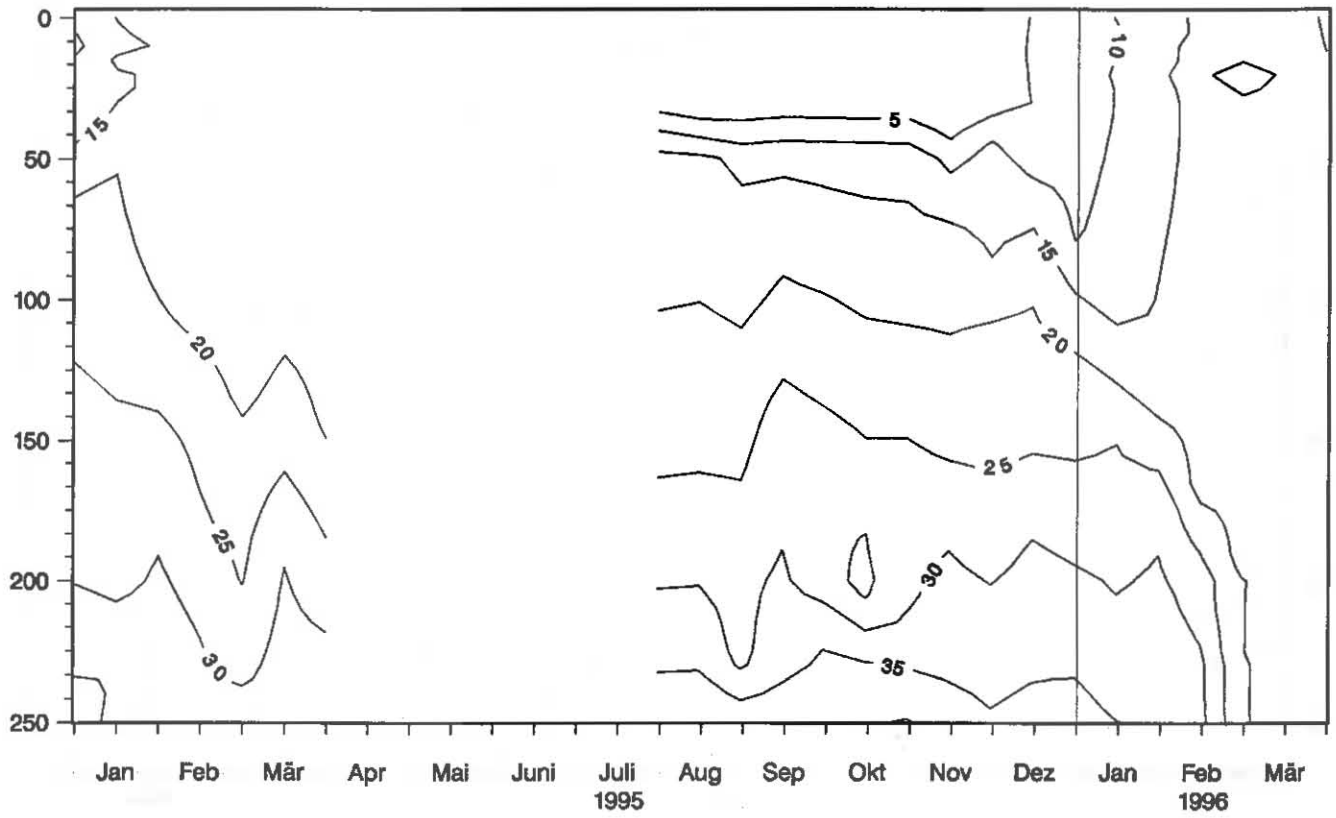


Abb. 12: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3) *

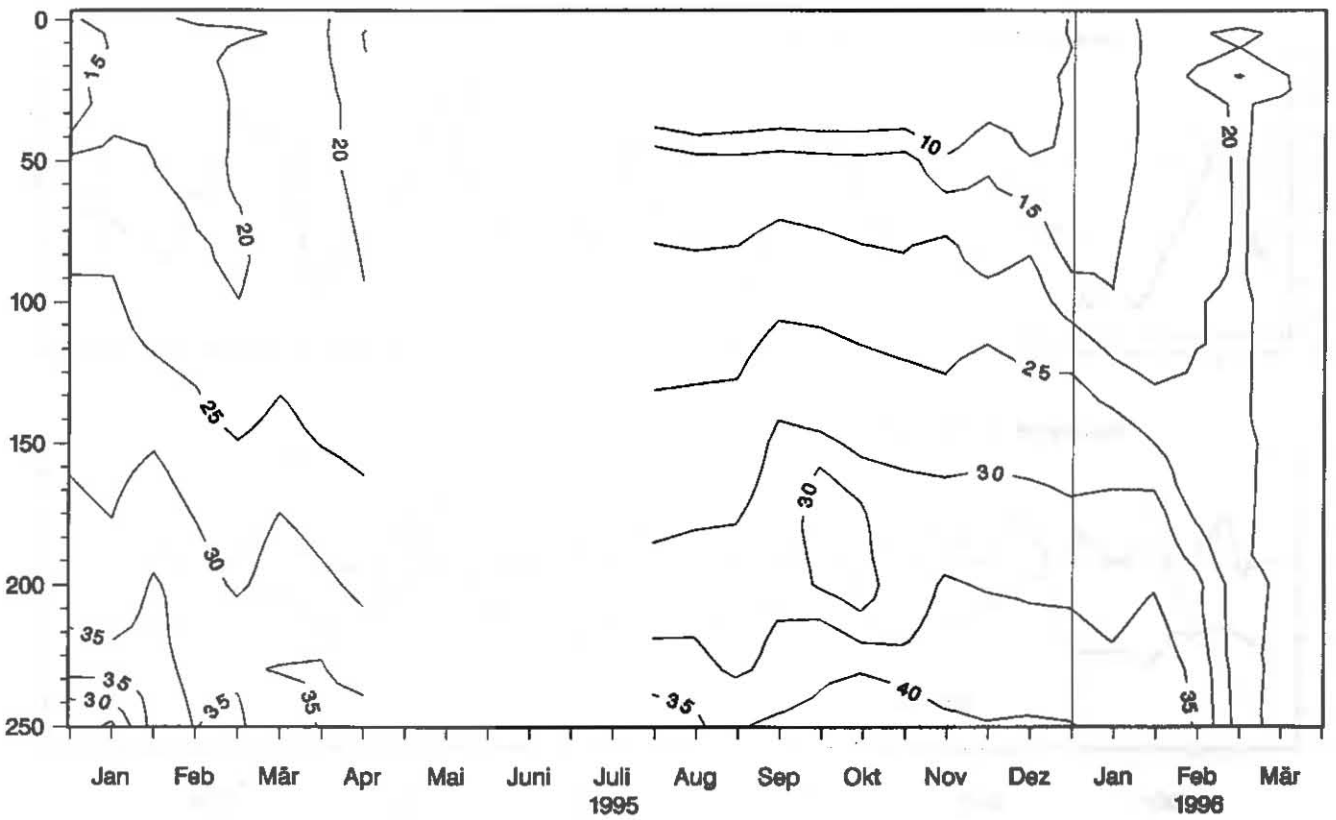


Abb. 13: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m^3) *

* wegen analytischer Probleme teilweise keine Meßdaten vorhanden

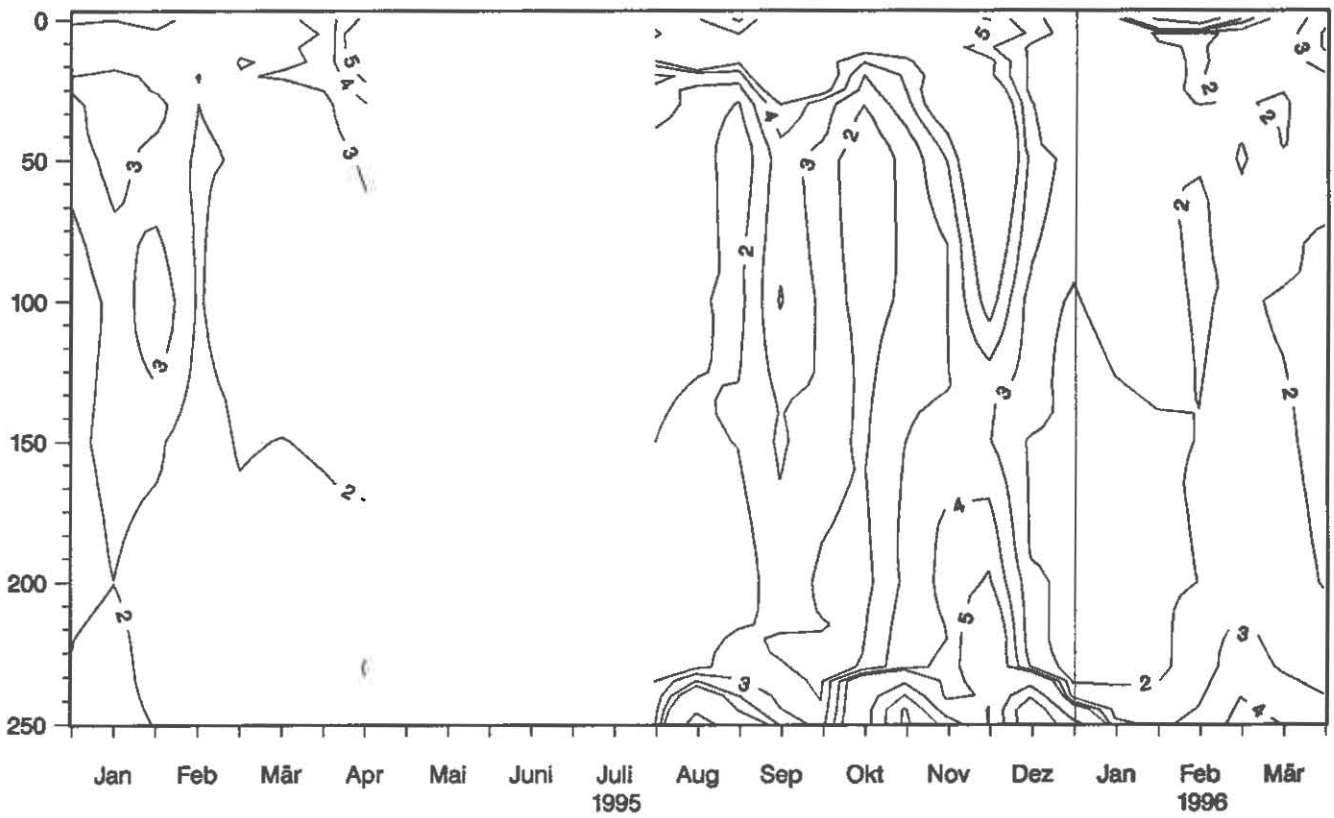


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
partikulärer Phosphor (mg/m³) *

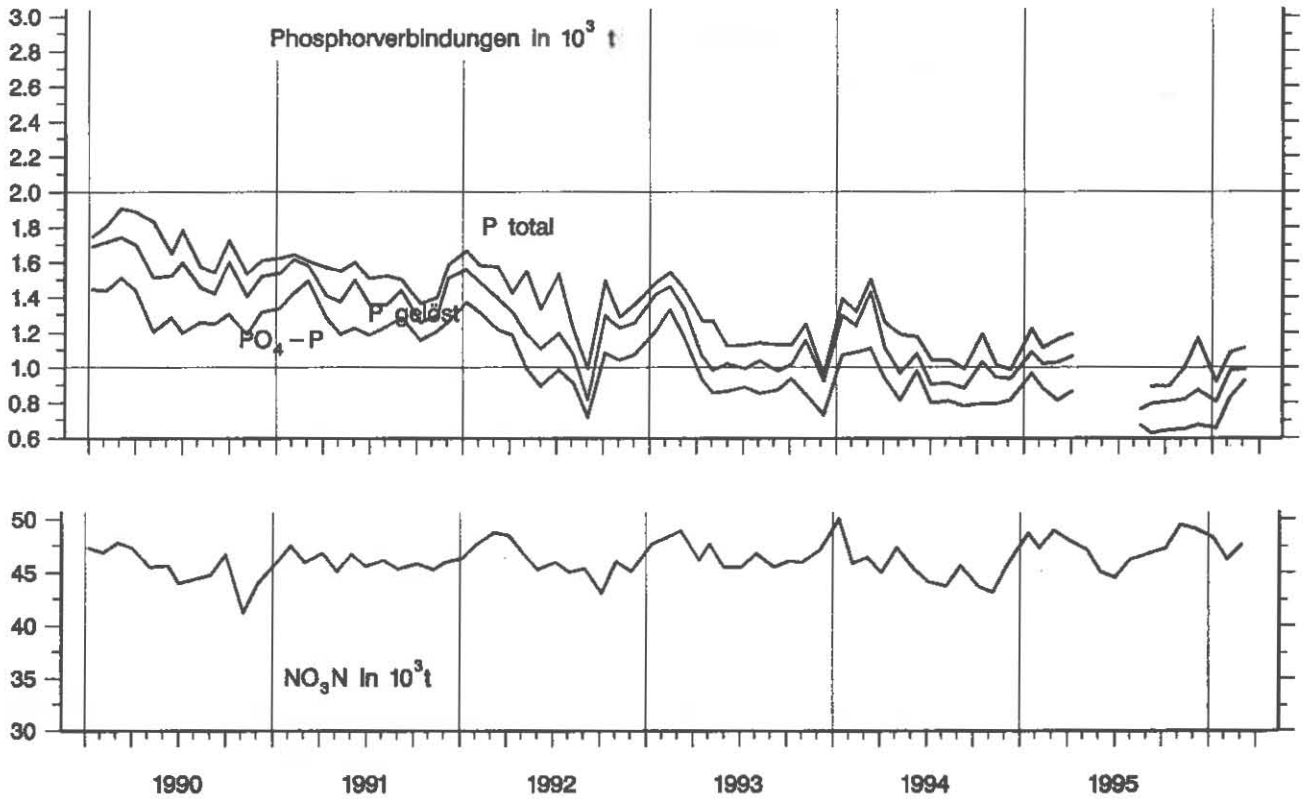


Abb. 15: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (P, NO_3 – N) 0 – 250 m Tiefe *

* wegen analytischer Probleme teilweise keine Meßdaten vorhanden

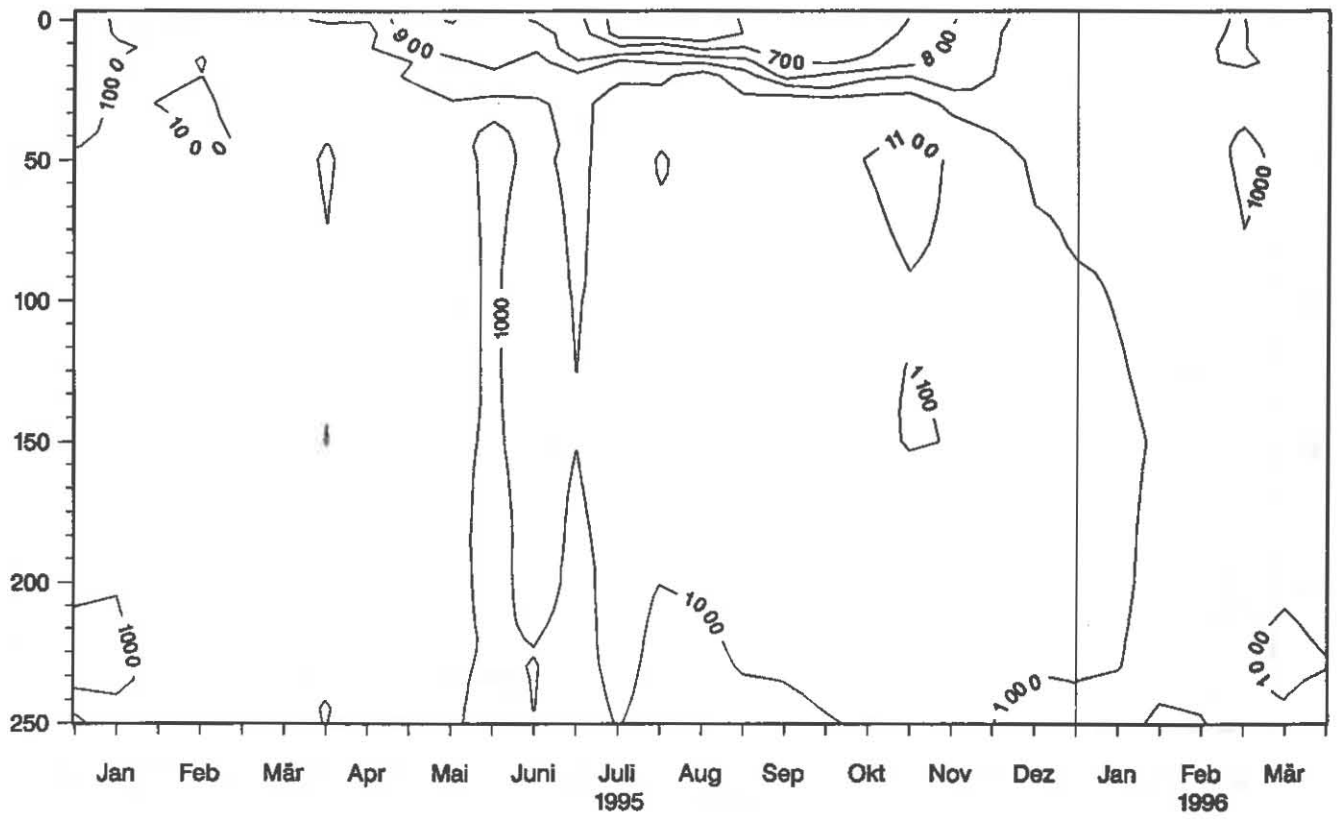


Abb. 16: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

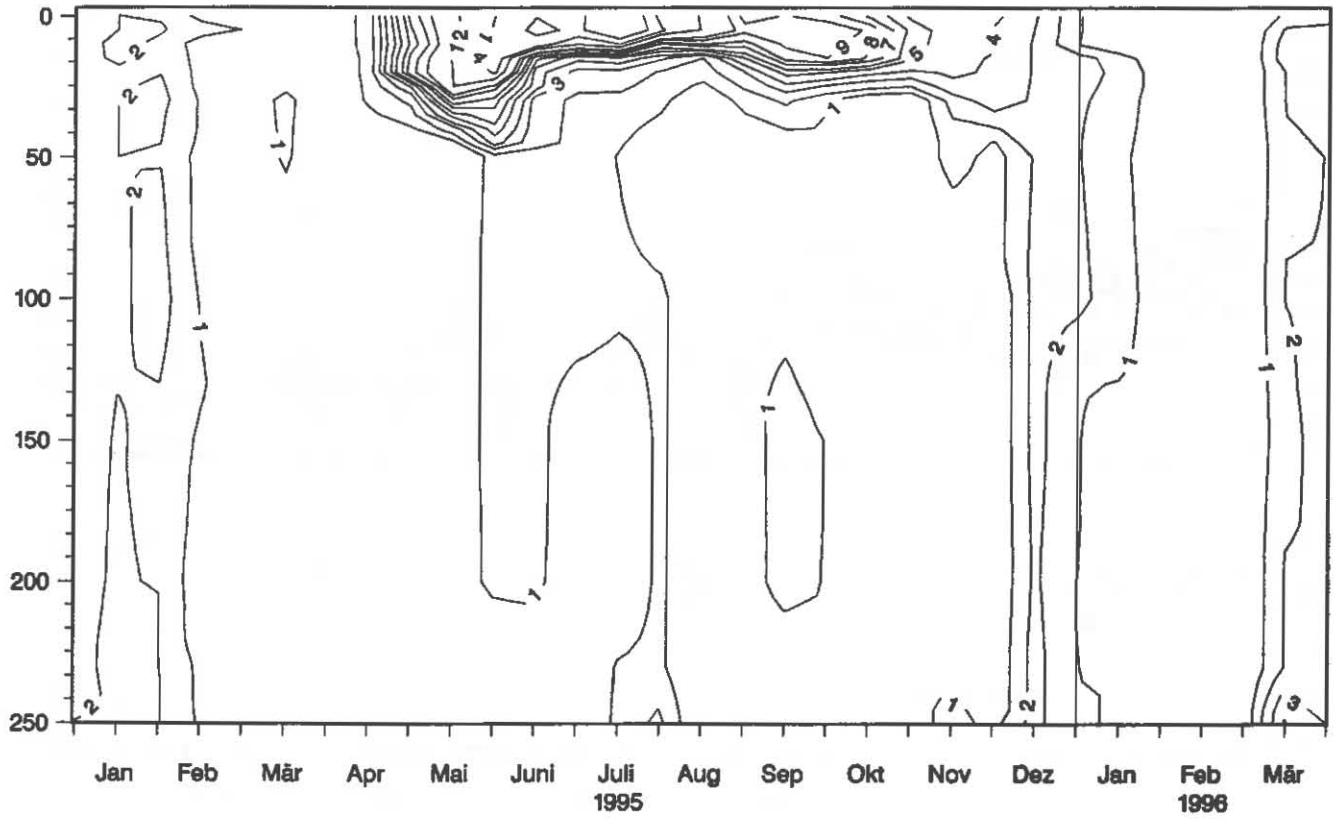


Abb. 17: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

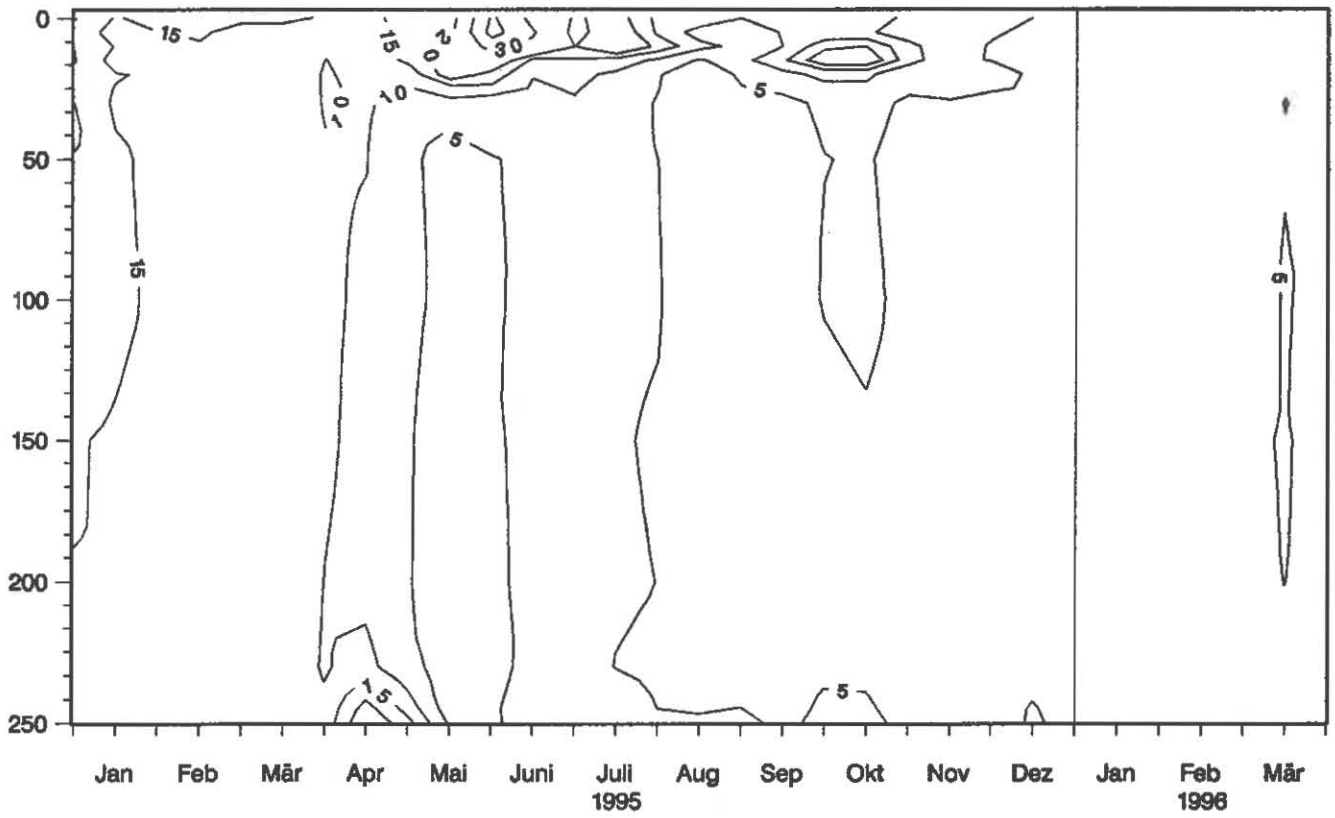


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Ammonium – Stickstoff (mg/m³)

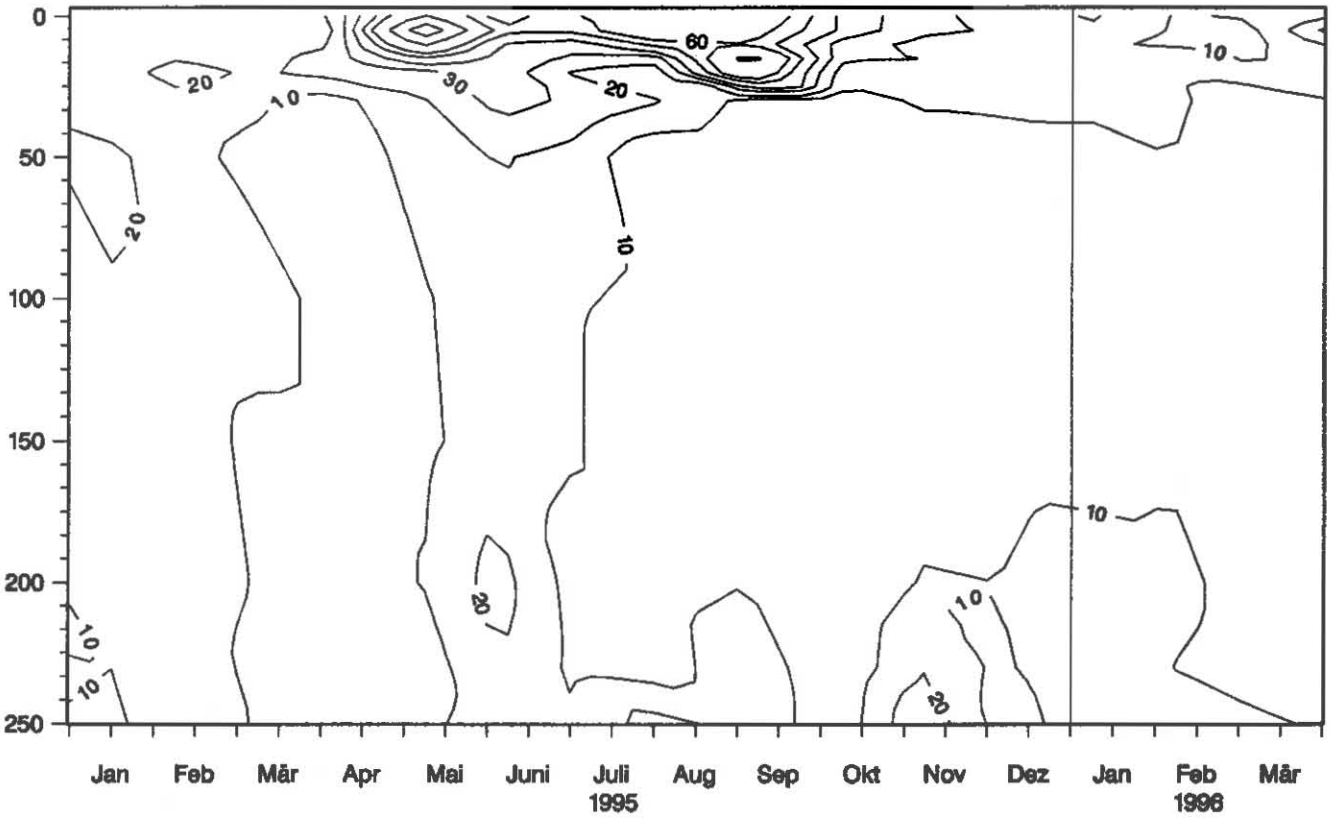


Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Partikulärer Stickstoff (mg/m³)

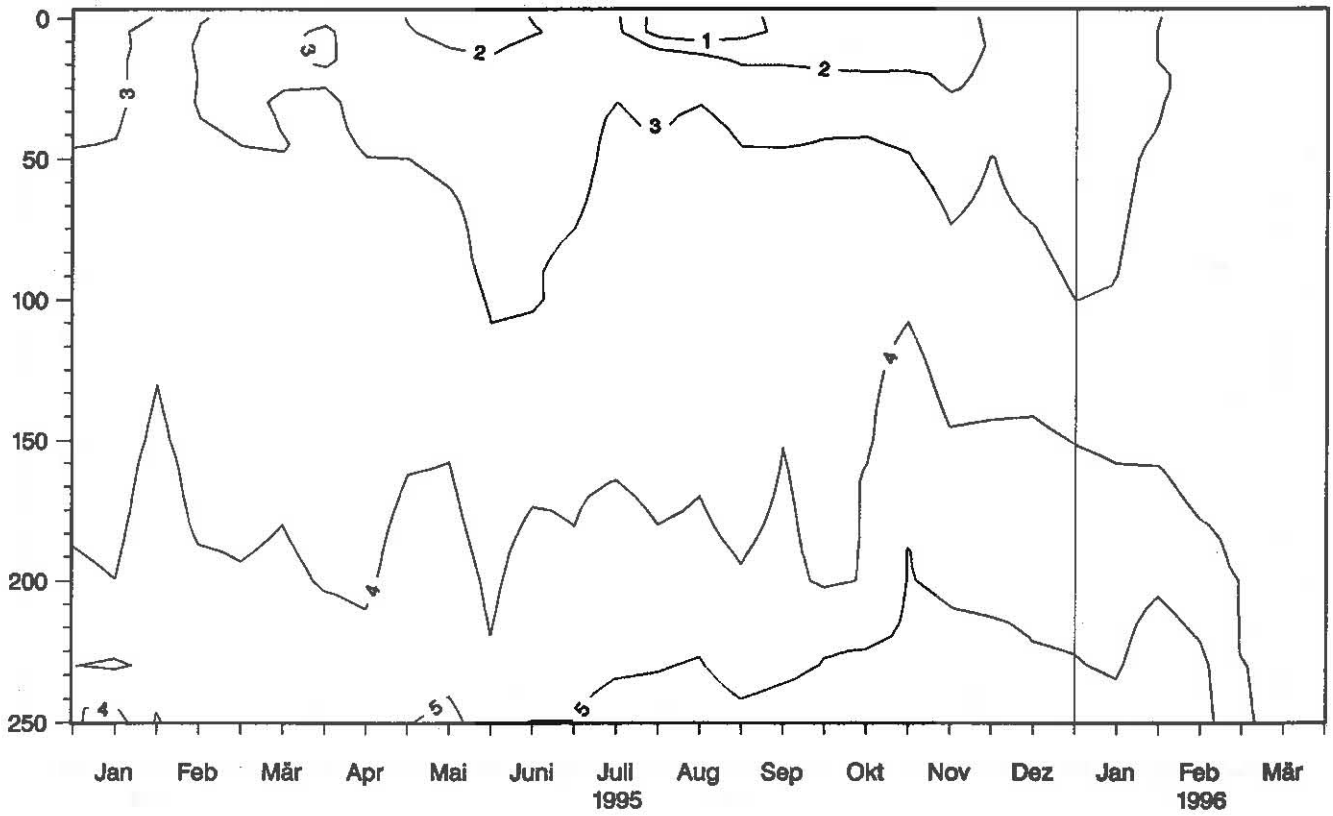


Abb. 20: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Silikat (mg/l)

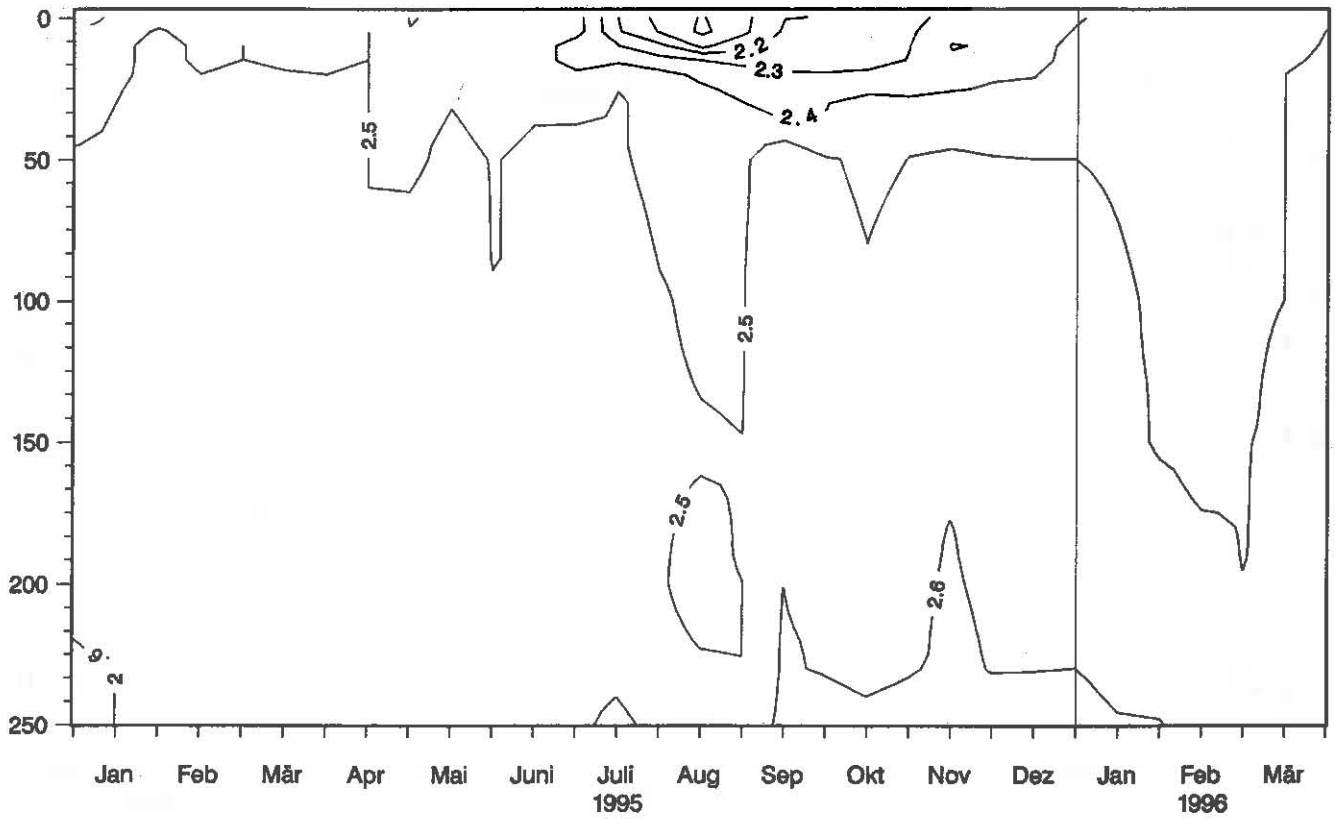


Abb. 21: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

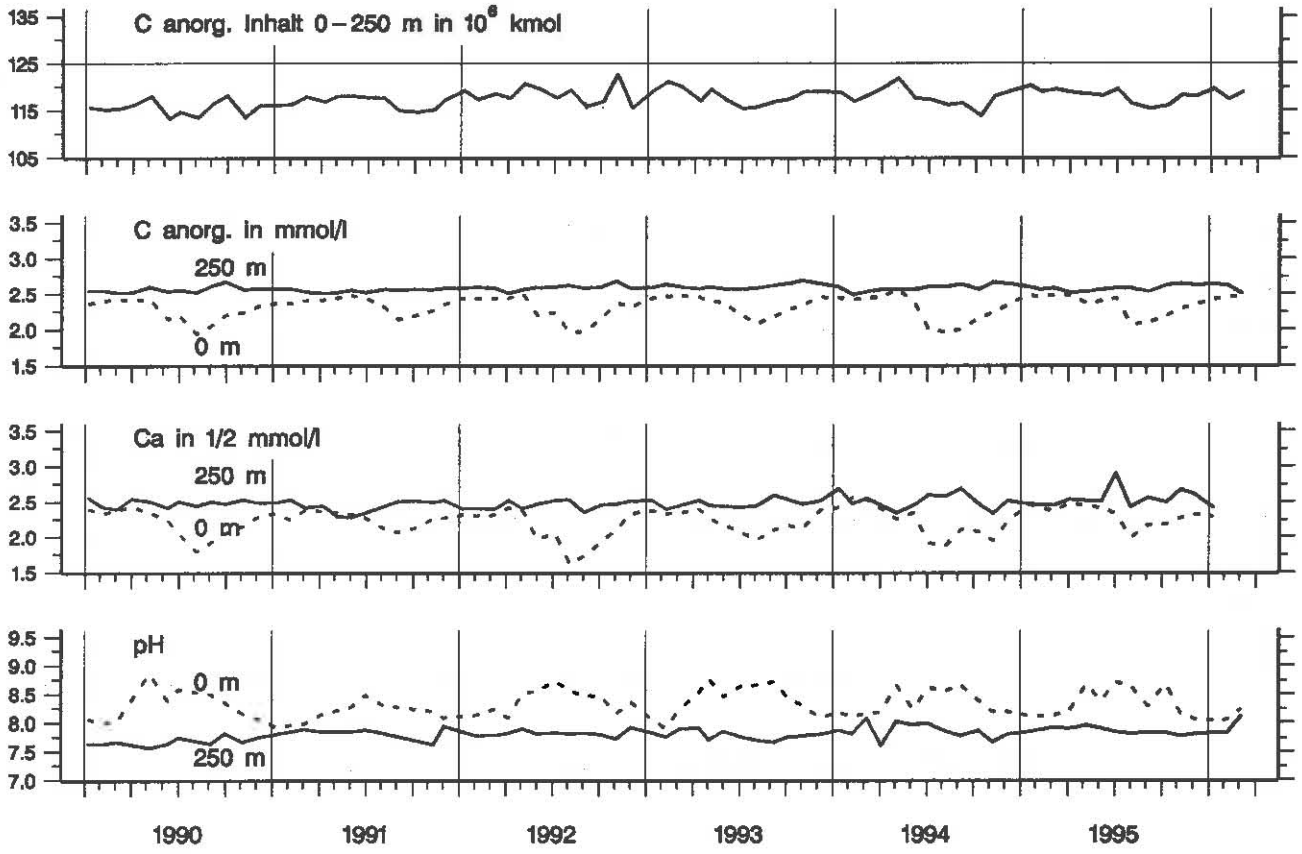


Abb. 22: Bodensee – Obersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH–Wert

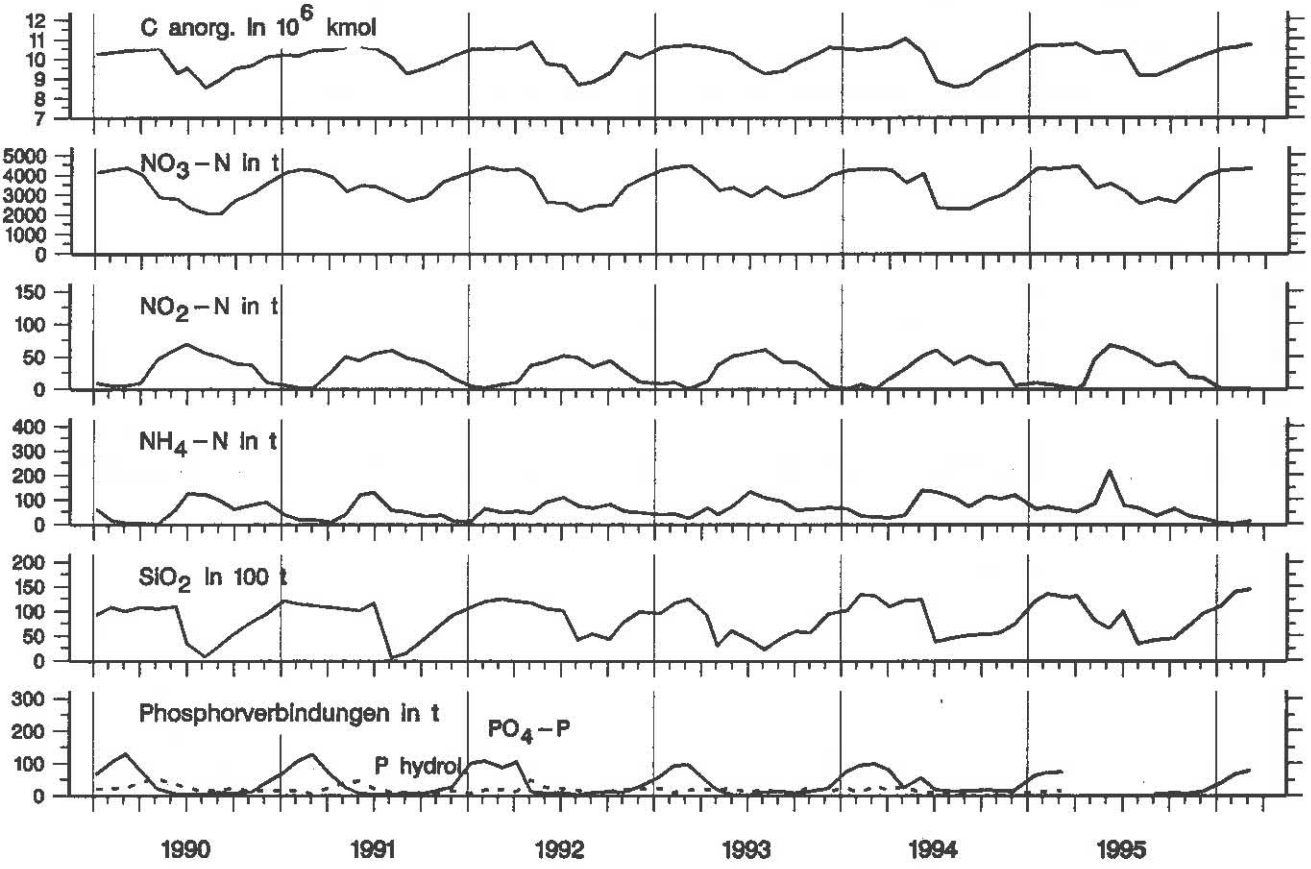


Abb. 23: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (Phosphor, Stickstoff, Silikat,
anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

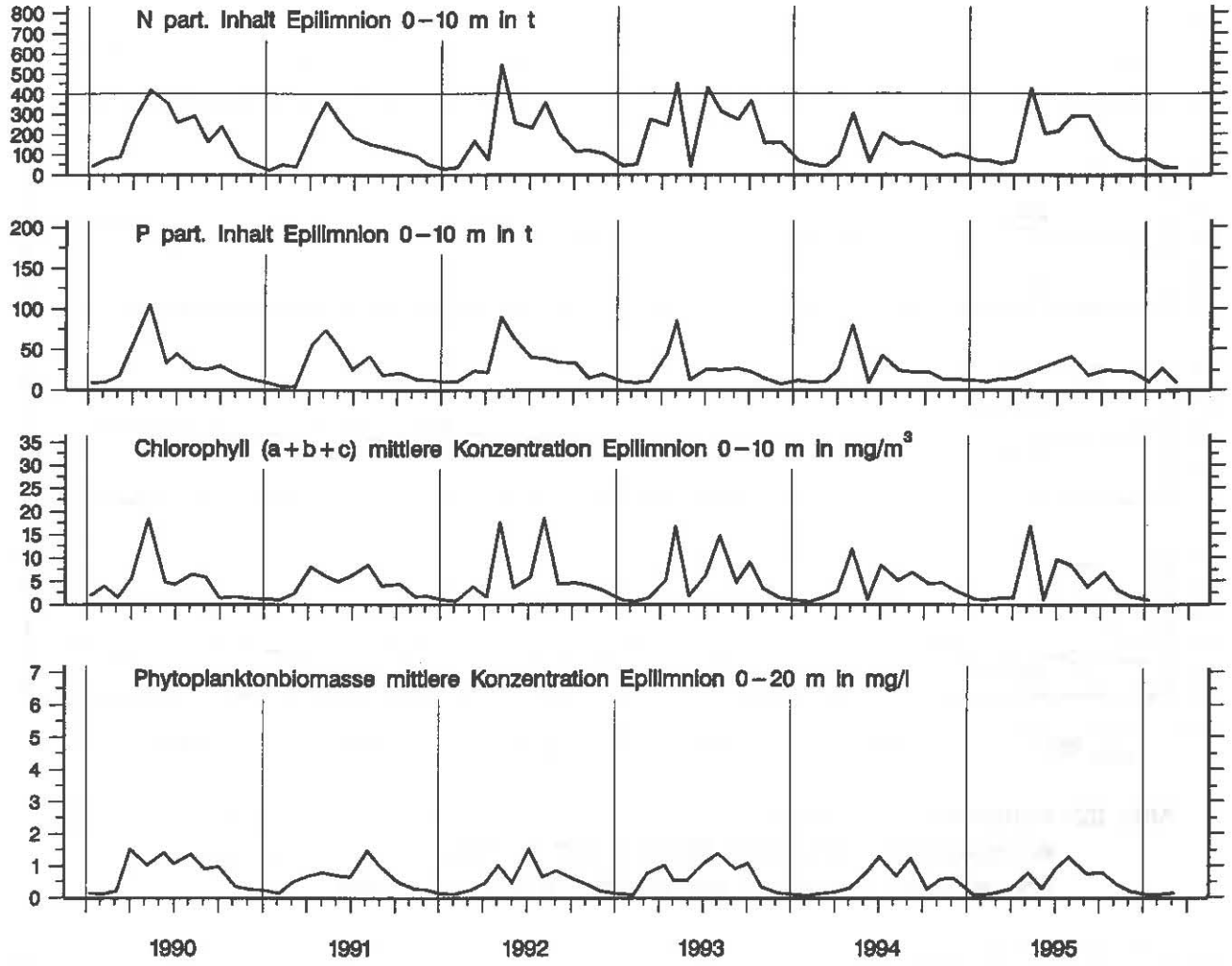


Abb. 24: Bodensee – Obersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

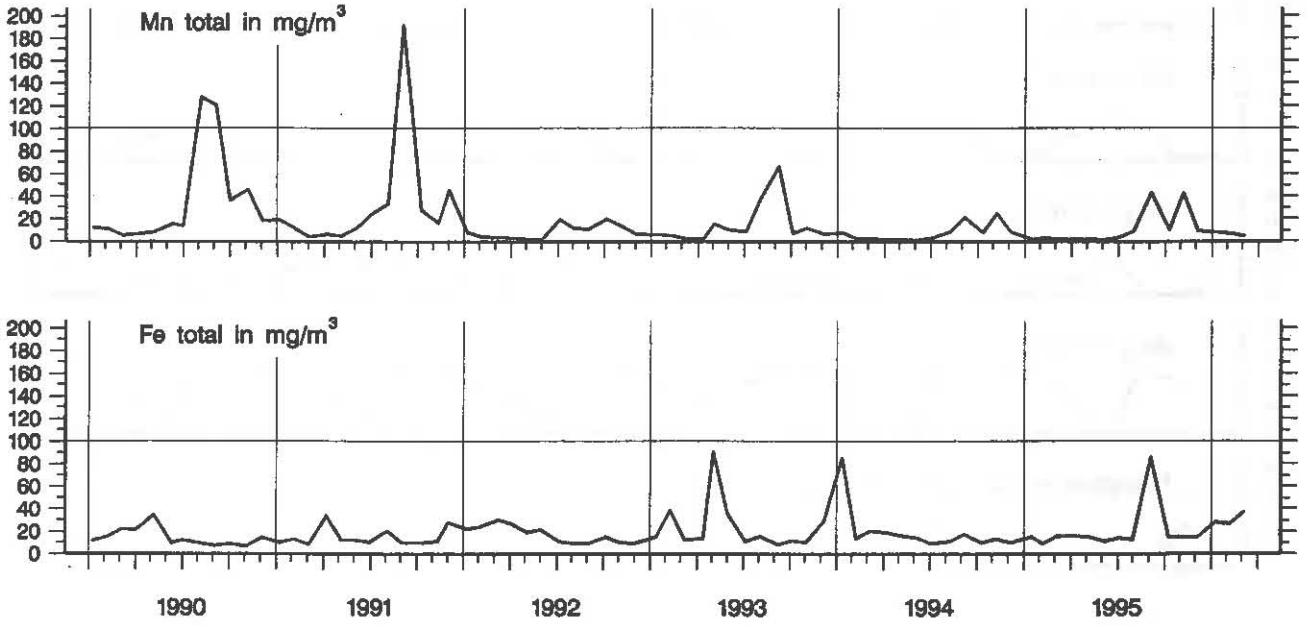


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Konzentration von Eisen total und Mangan total in 250 m Tiefe

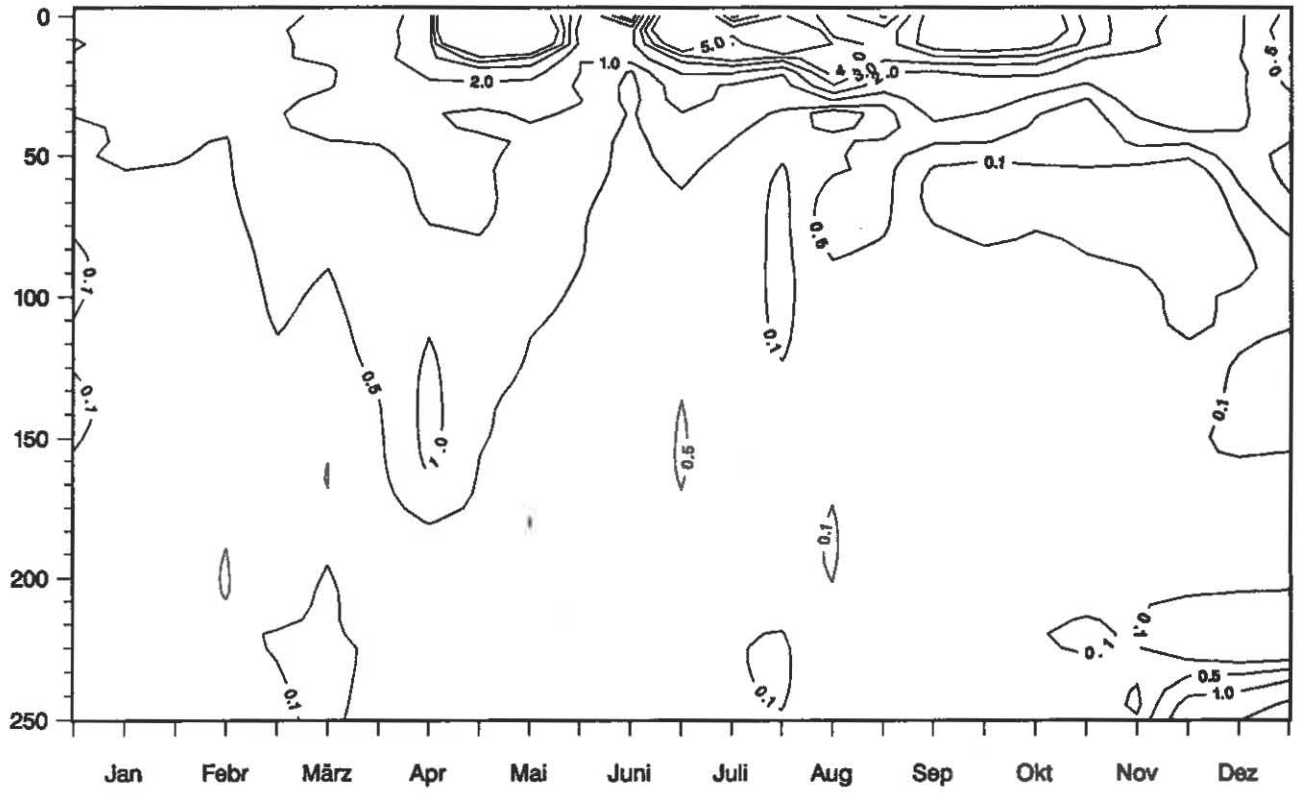


Abb. 26: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Chlorophyll a (mg/m^3)

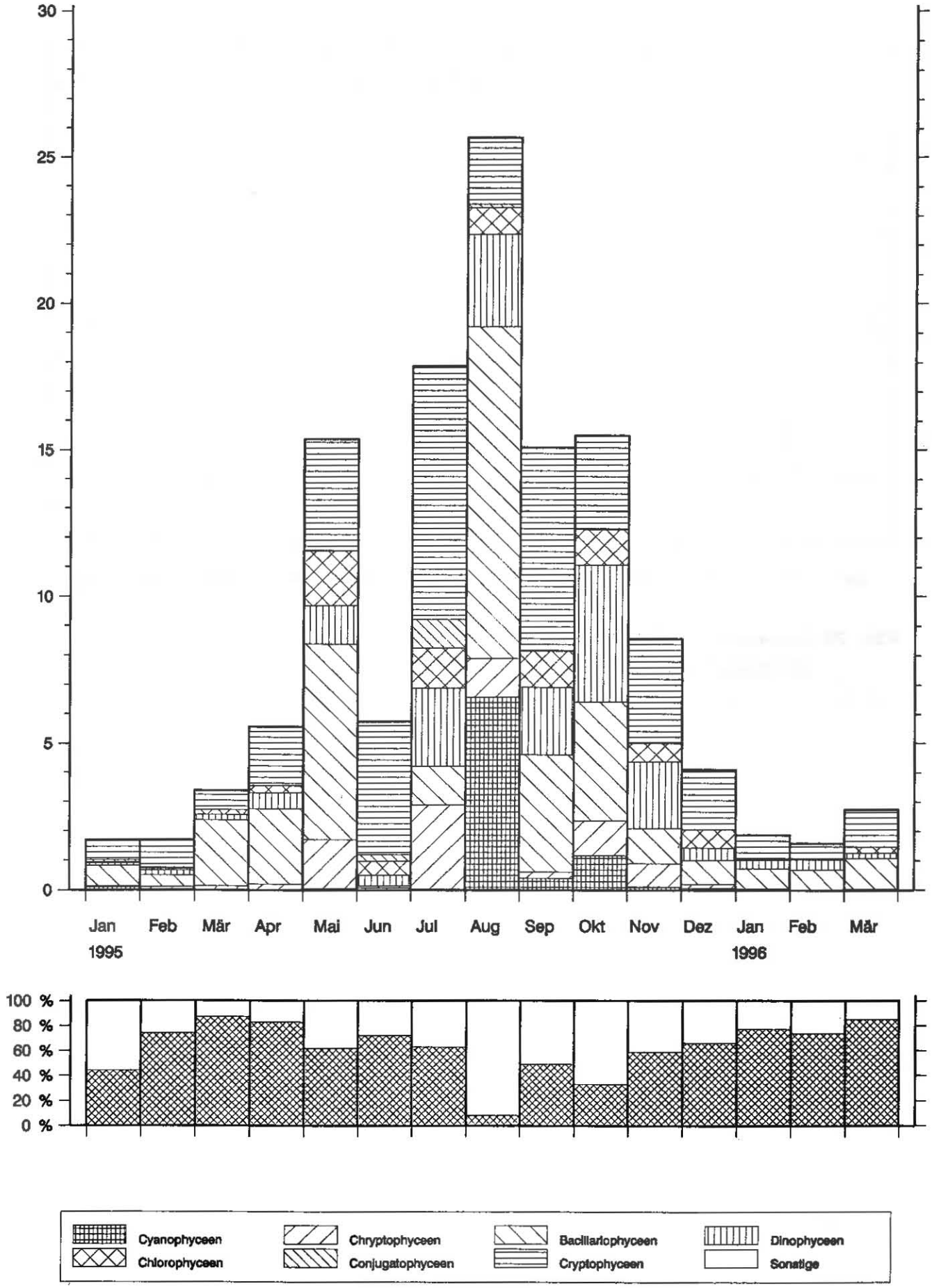


Abb. 27: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons
Biomasse in g/m² (0 – 20m Tiefe), Monatsmittel 1995/96

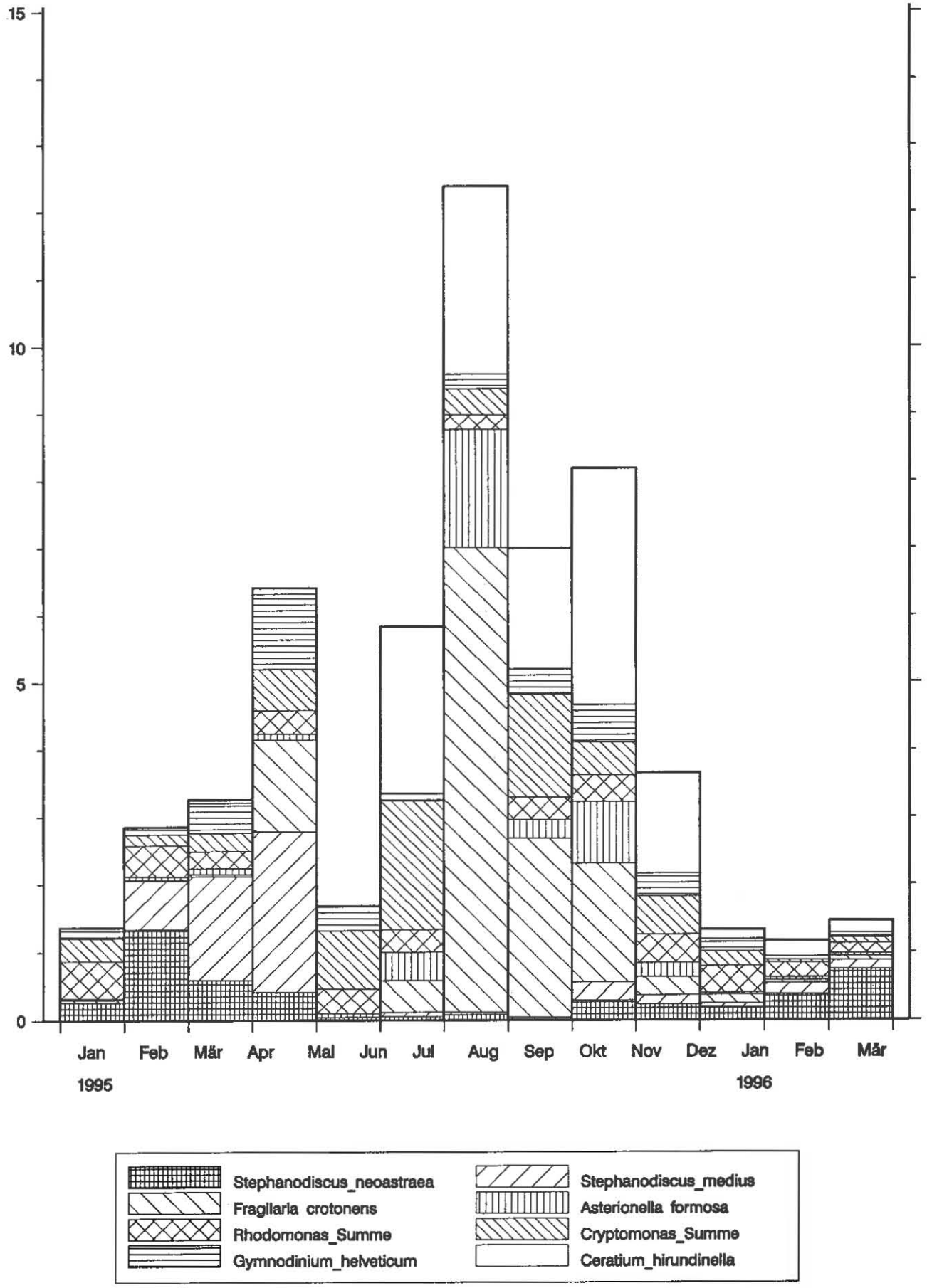


Abb. 28: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons
Biomasse der Hauptarten in g/m² (0 – 20m Tiefe), Monatsmittel 1995/96

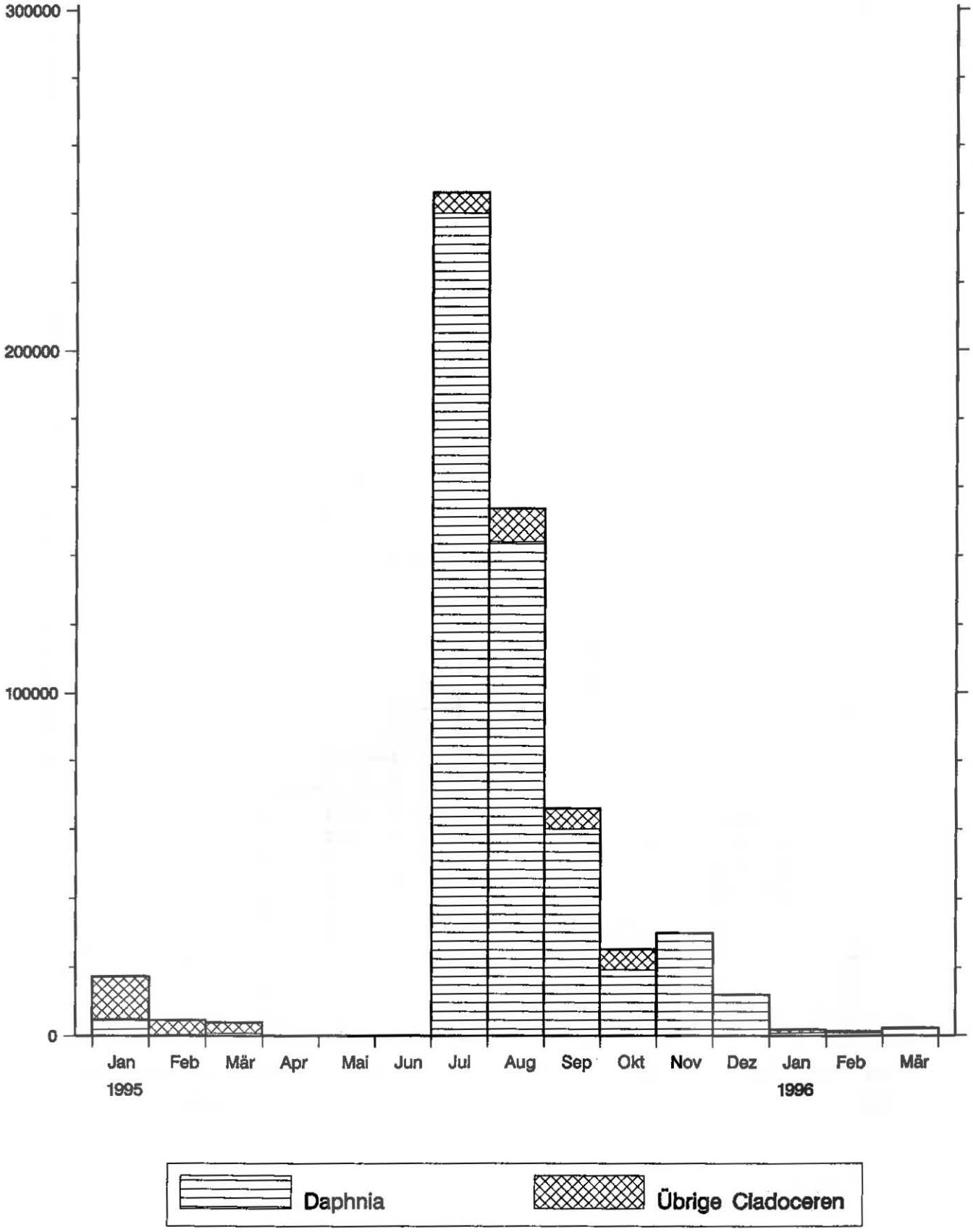


Abb. 29: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung der Cladoceren
Tiere/m², Monatsmittel 1995/96 *

* Werte für April – Juni fehlen

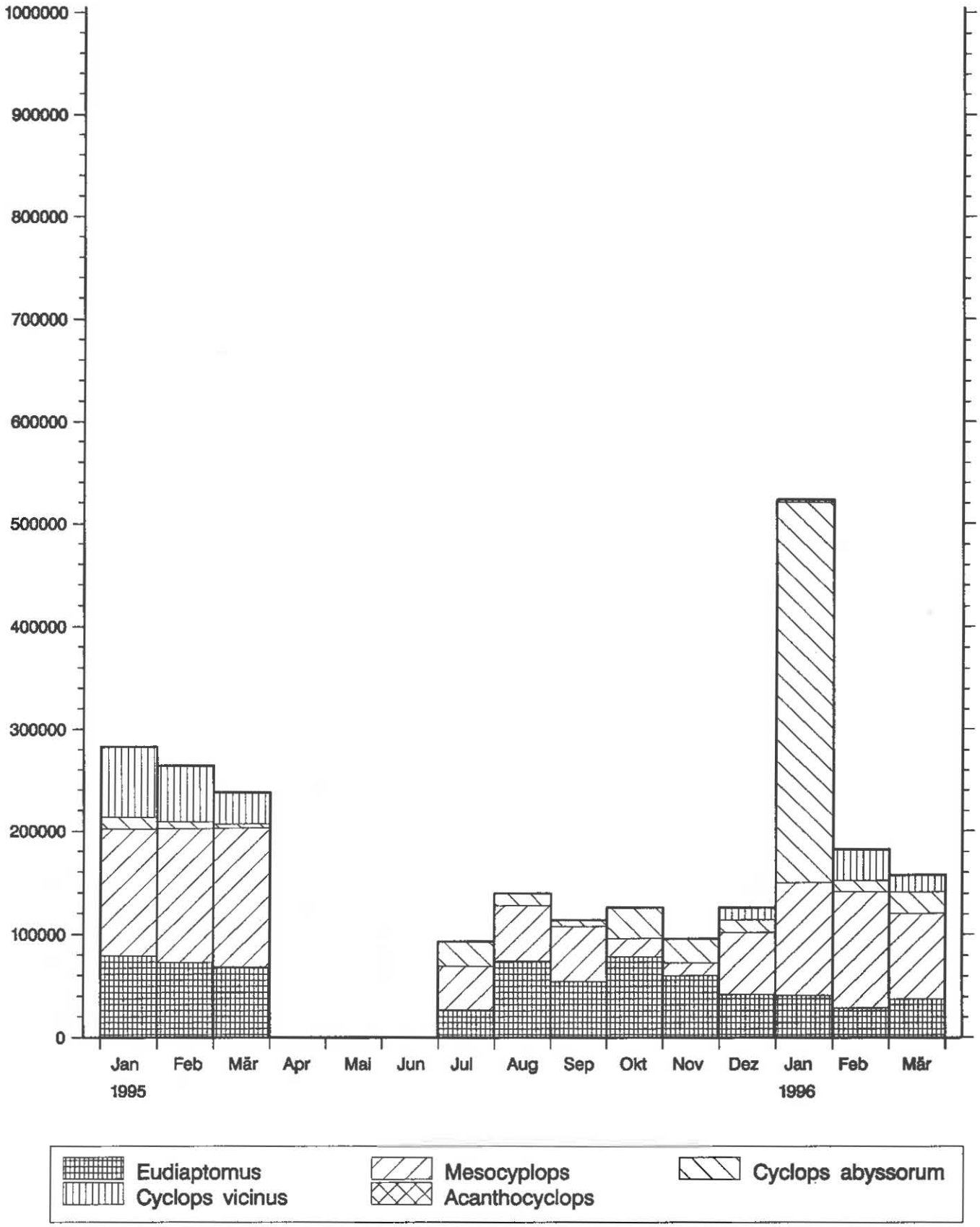


Abb. 30: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung der Copepoden, adulte Tiere und Copepodite,
Tiere/m², Monatsmittel 1995/96 *

* Werte für April – Juni fehlen

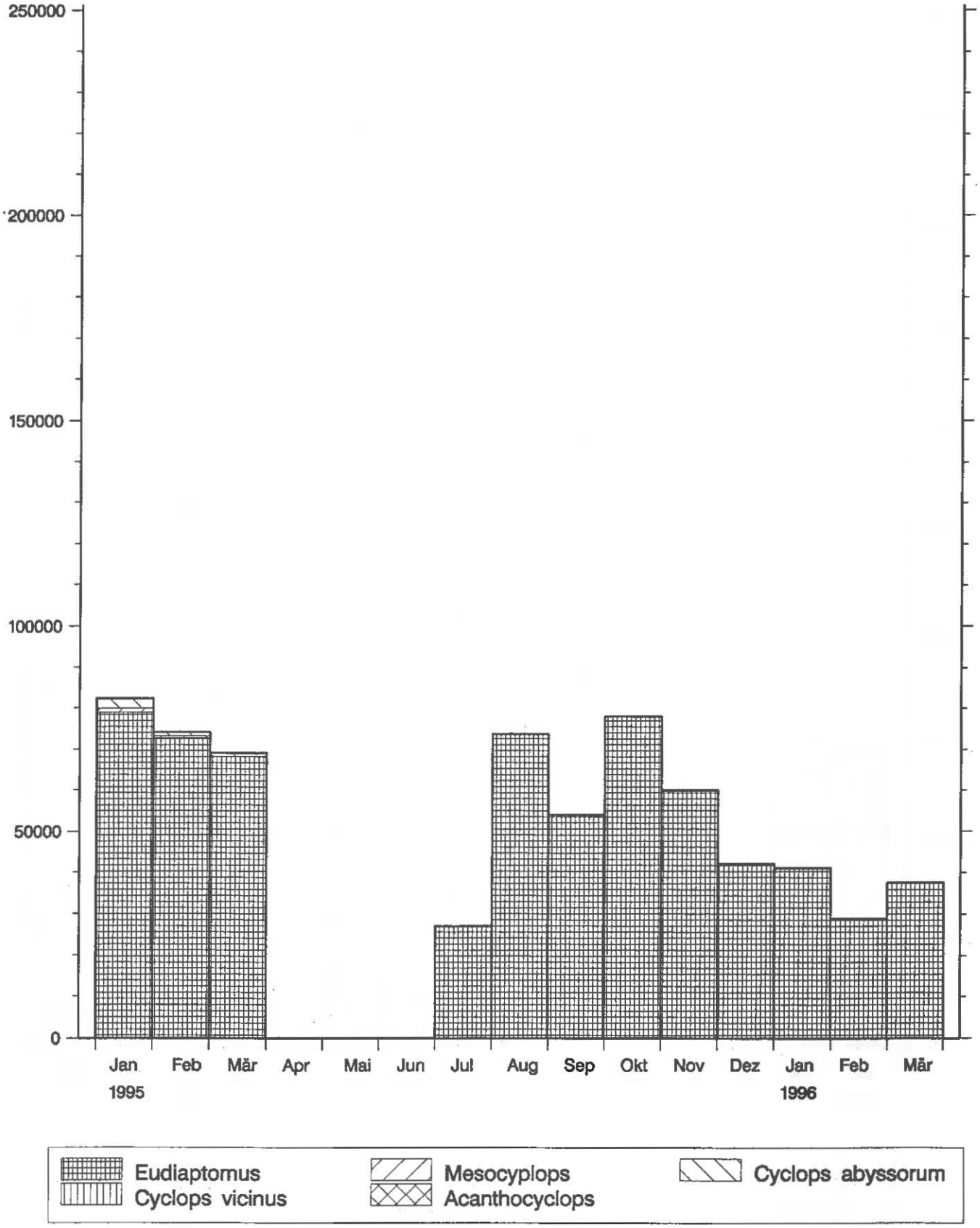


Abb. 31: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen,
Tiere/m^2, Monatsmittel 1995/96 *

* Werte für April – Juni fehlen

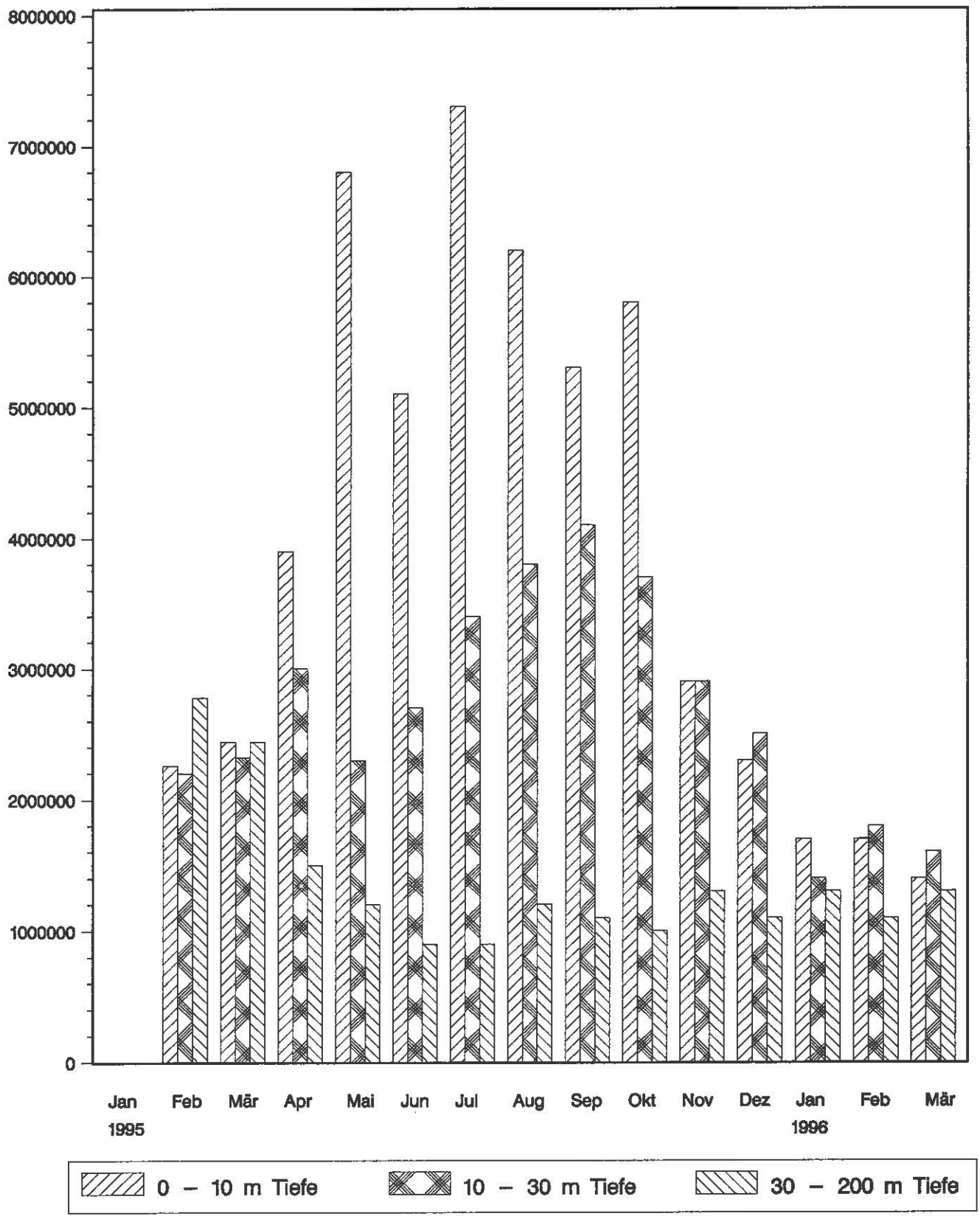


Abb. 32: Bodensee – Obersee, Langenargen – Arbon:
Entwicklung des Bakterienplanktons,
Gesamtkeimzahlen (Millionen Zellen/ml), Monatsmittel 1995/96

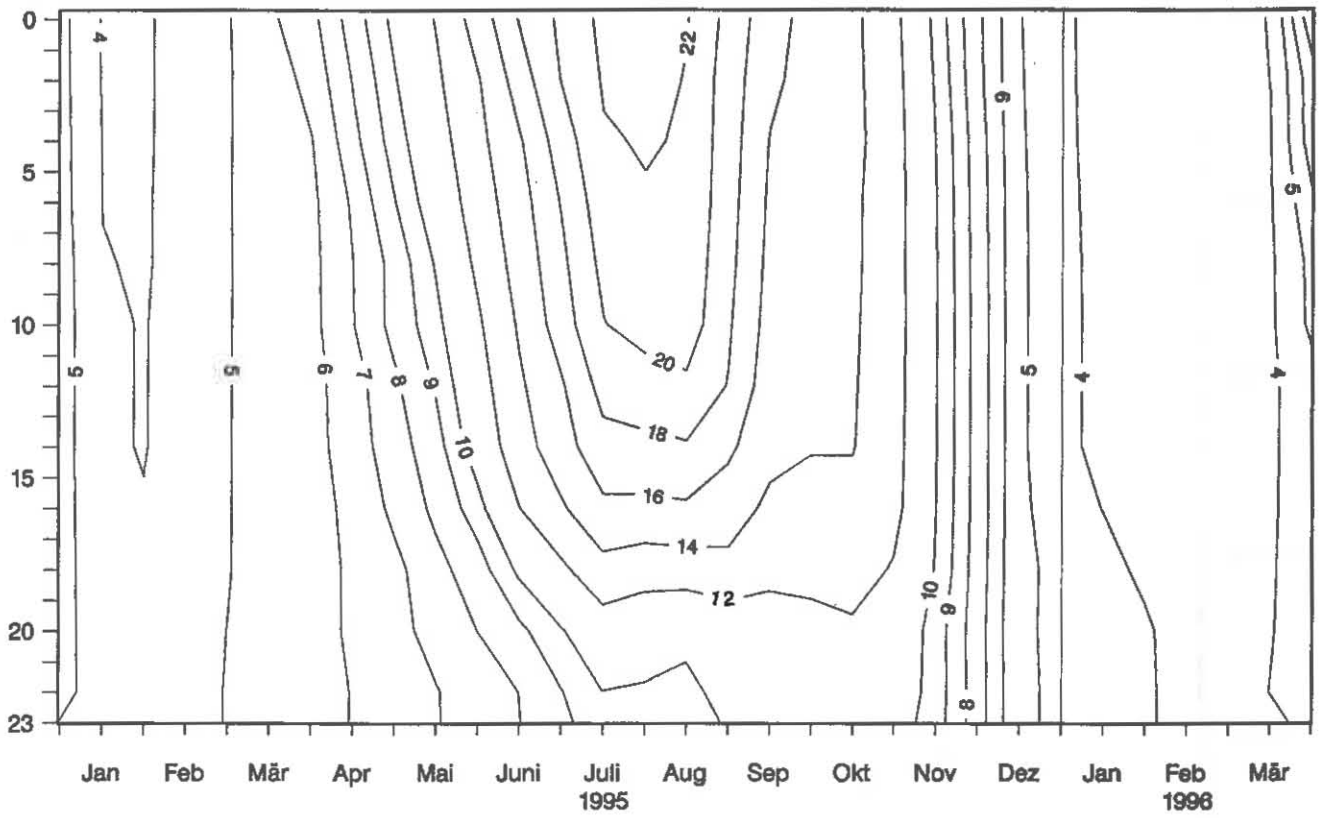


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Temperatur °C

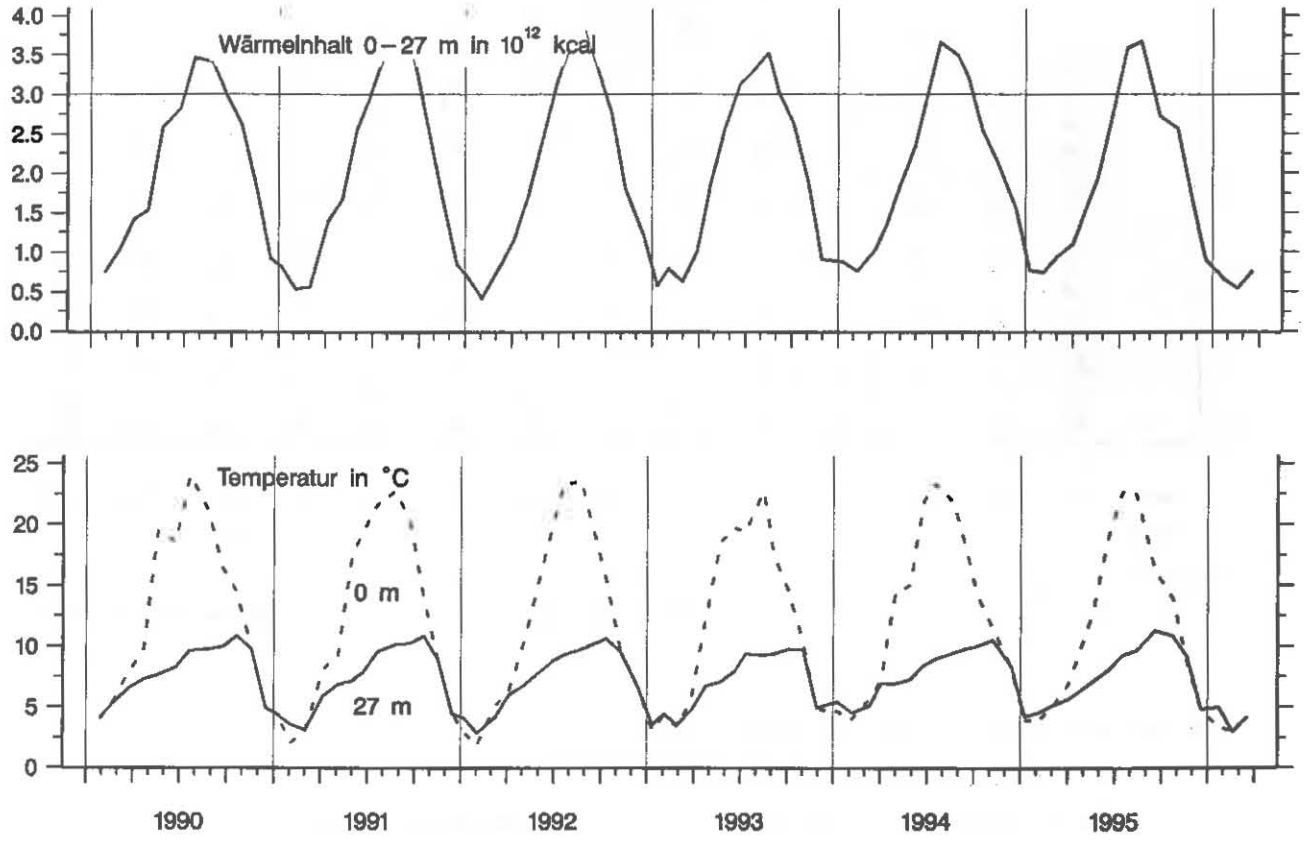


Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Thermik

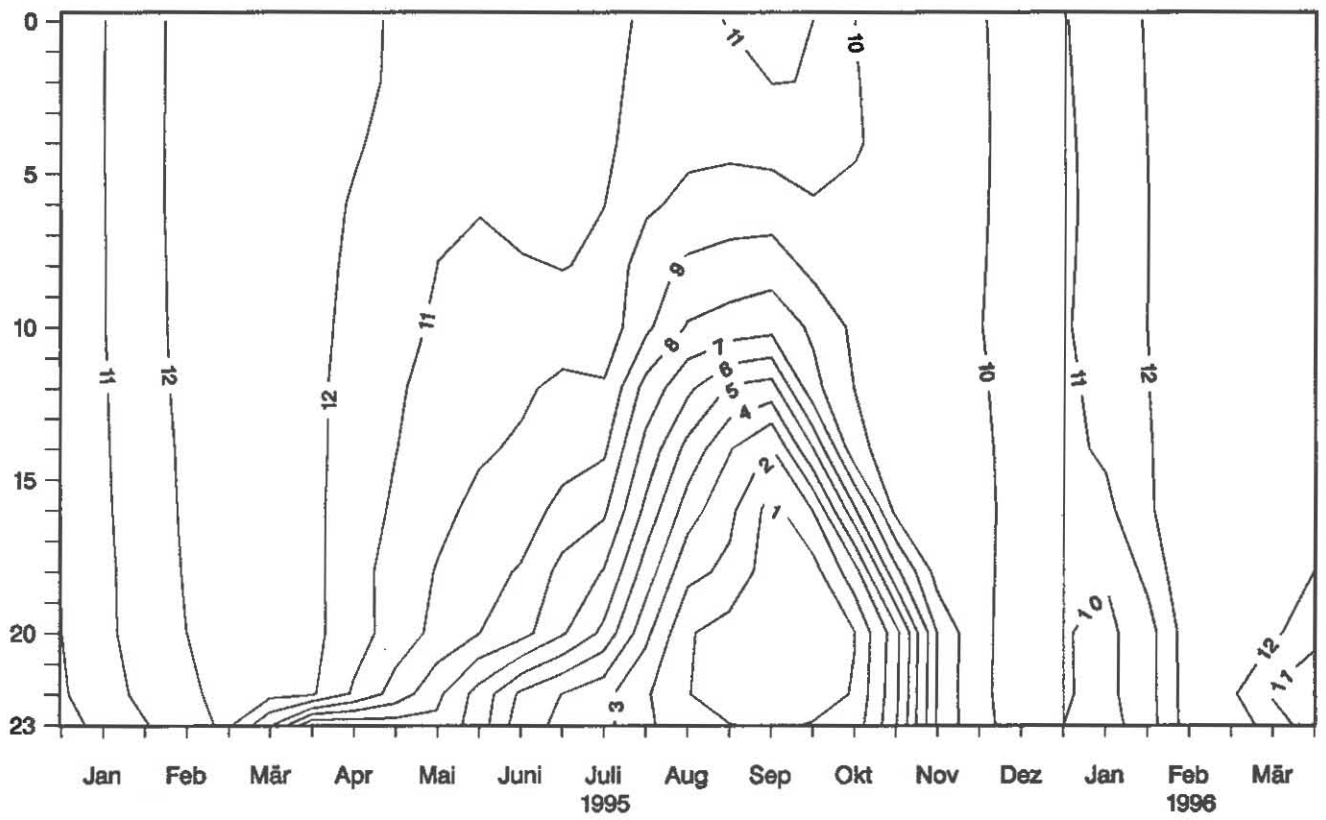


Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoff (mg/l)

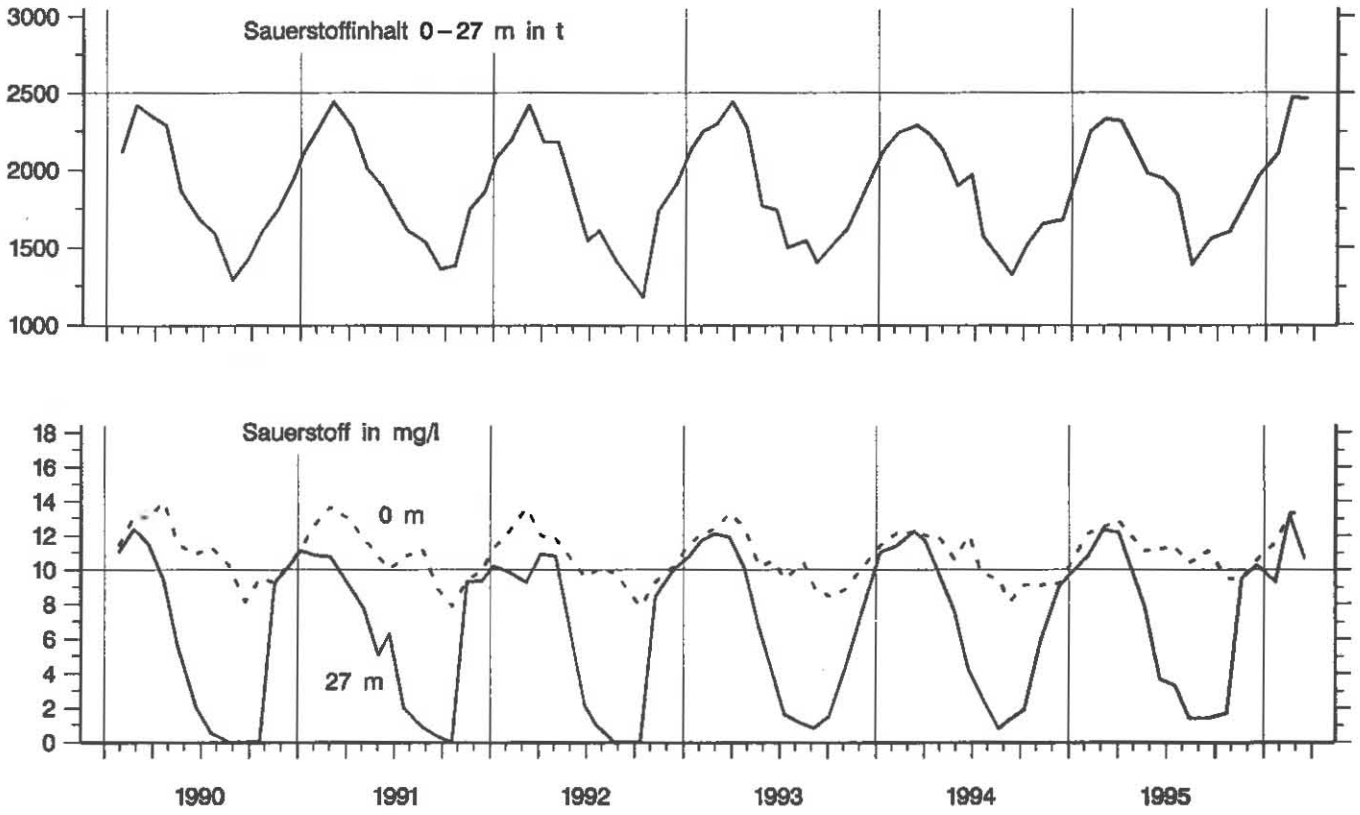


Abb. 36: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoffinhalt 0–27 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 27 m Tiefe

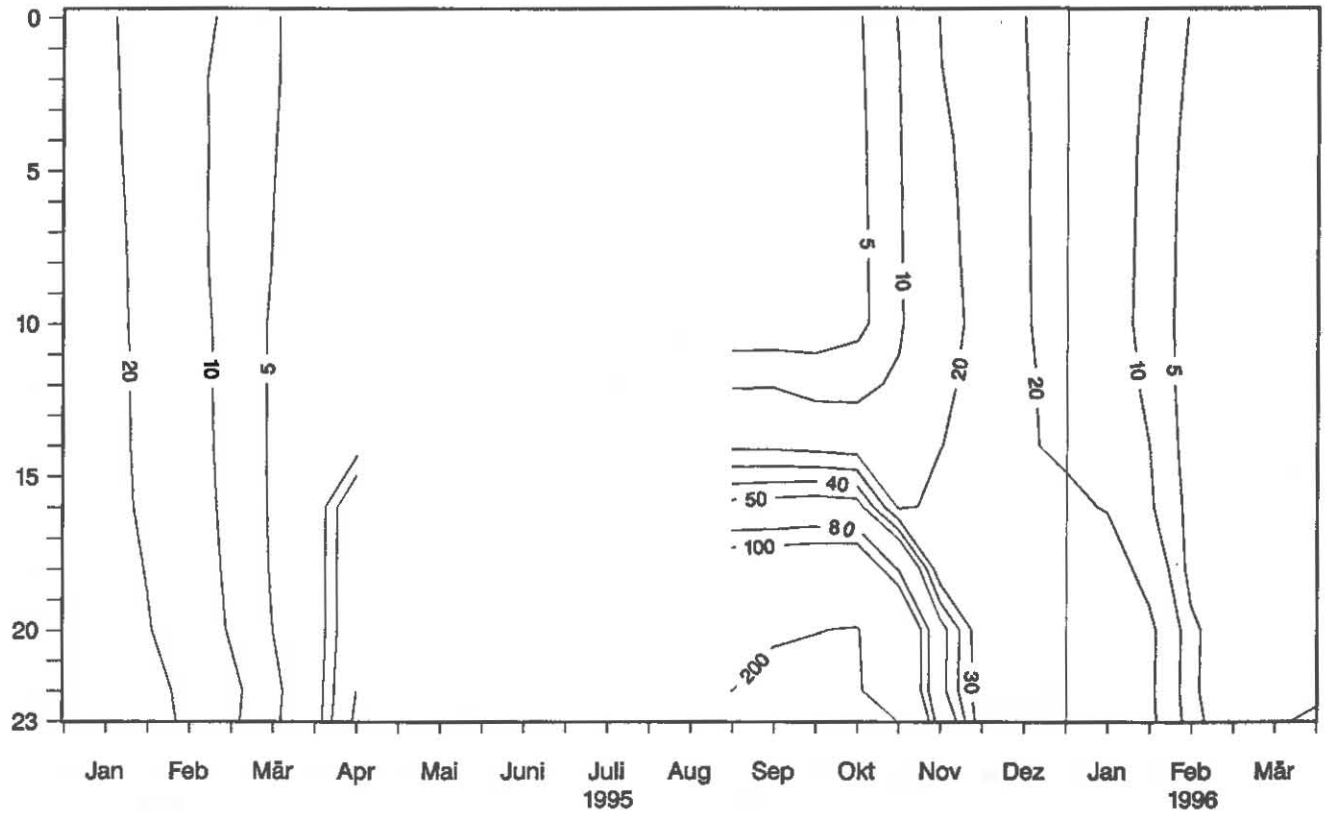


Abb. 37: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3) *

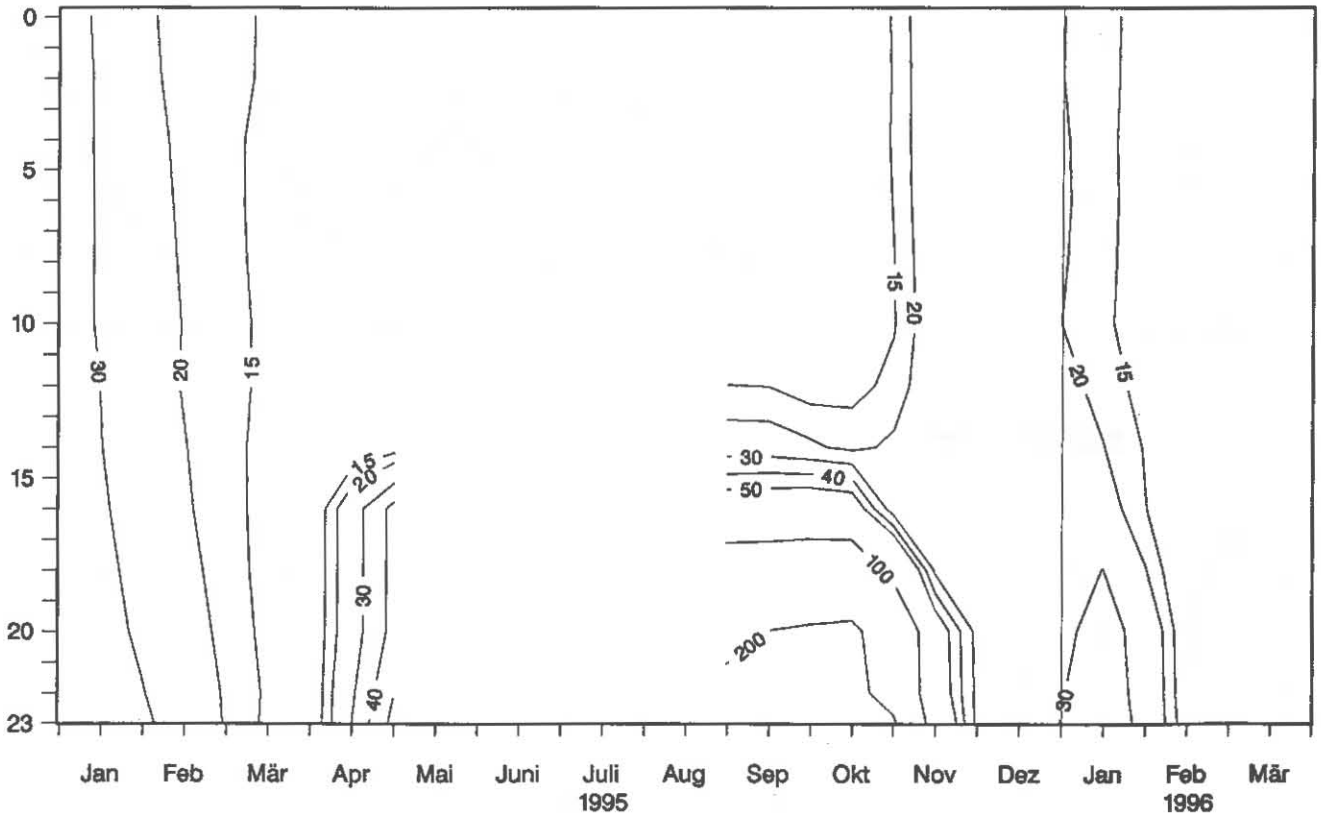


Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m^3) *

* wegen analytischer Probleme teilweise keine Meßdaten vorhanden

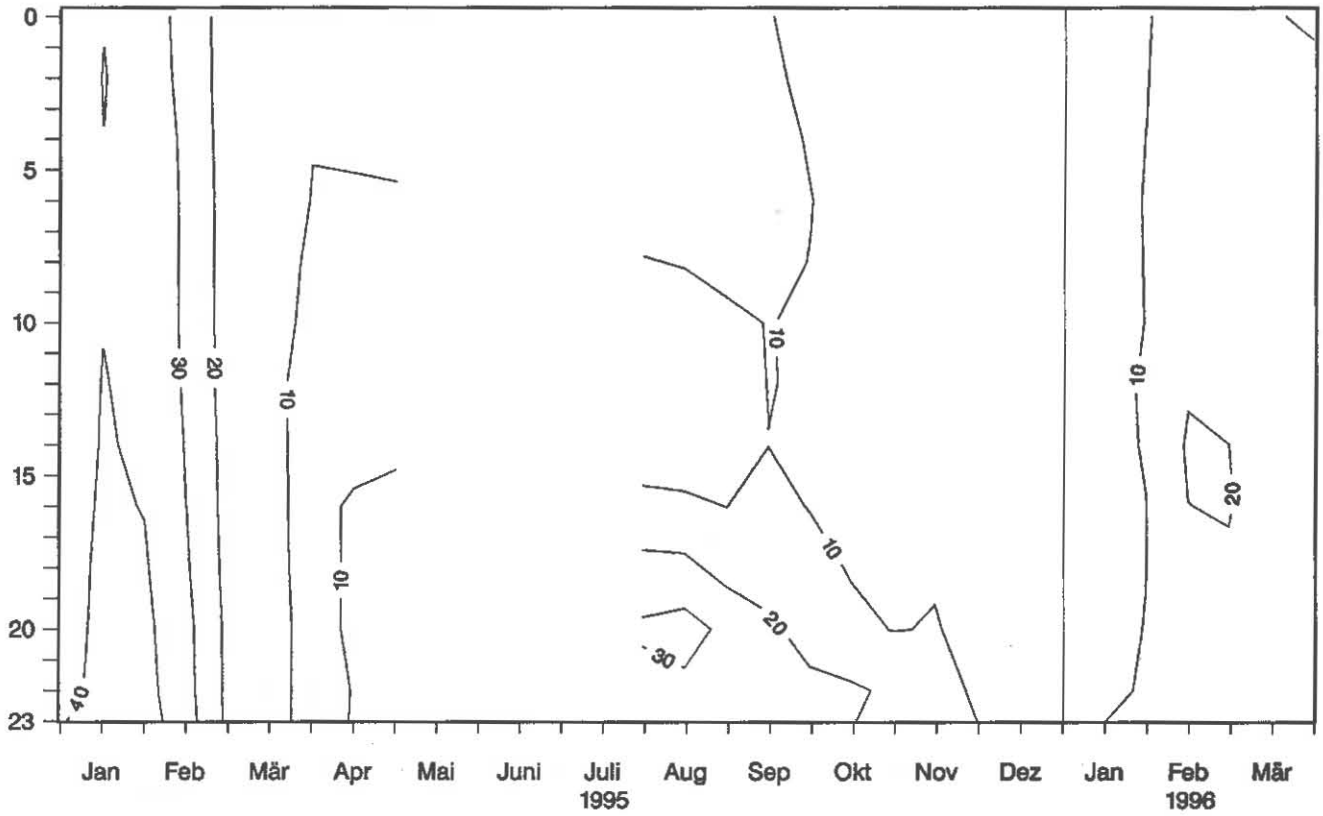


Abb. 39: Bodensee – Untersee, Zellersee:
partikulärer Phosphor (mg/m^3) *

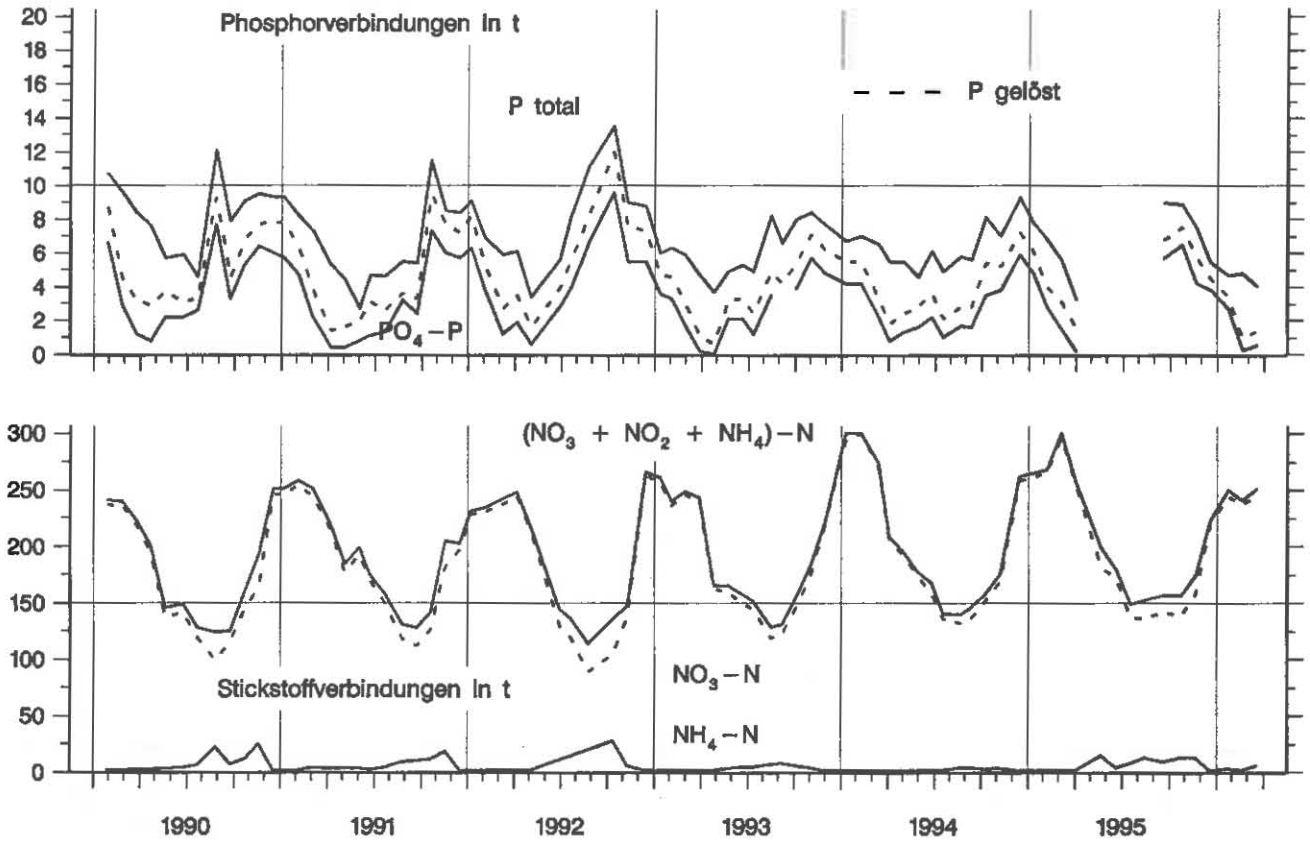


Abb. 40: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt 0 – 27 m Tiefe *

* wegen analytischer Probleme teilweise keine Meßdaten vorhanden

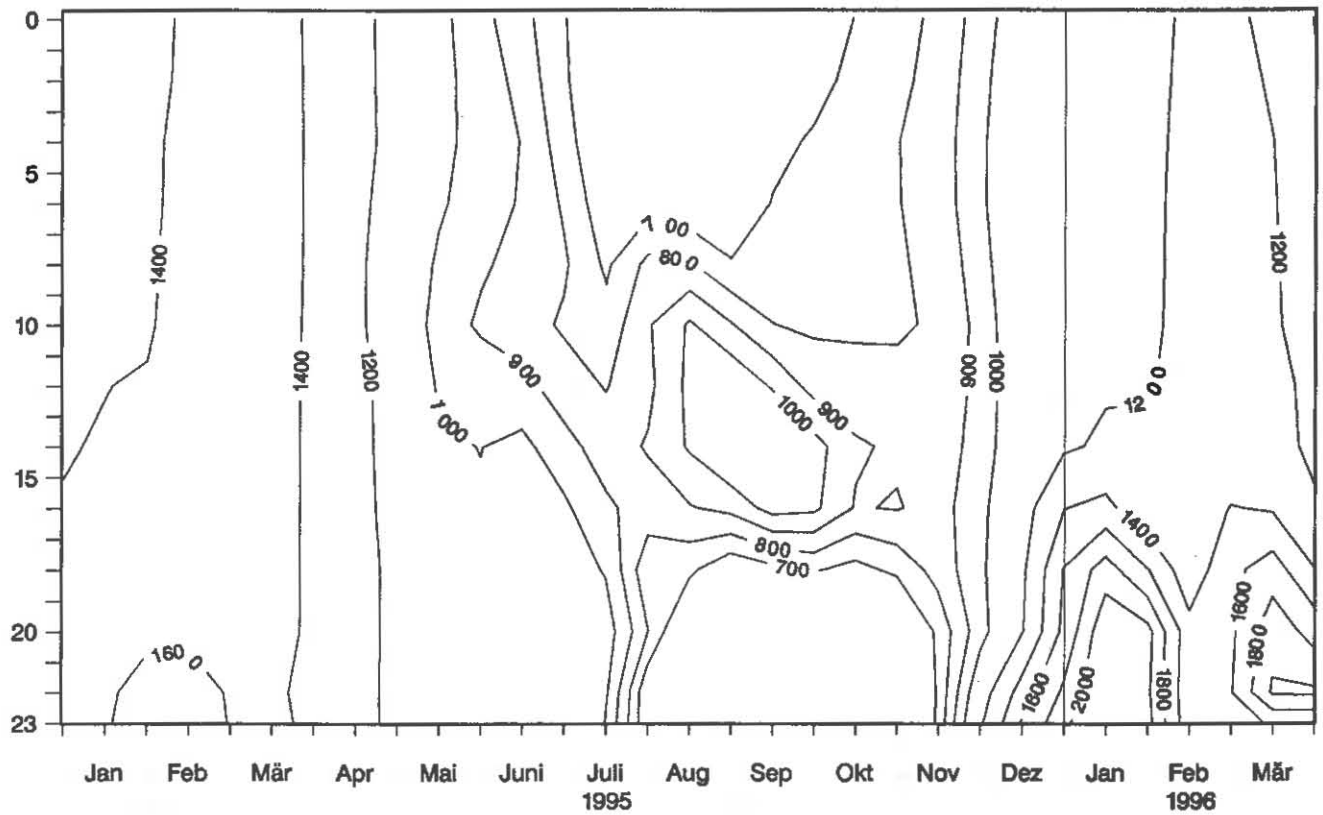


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

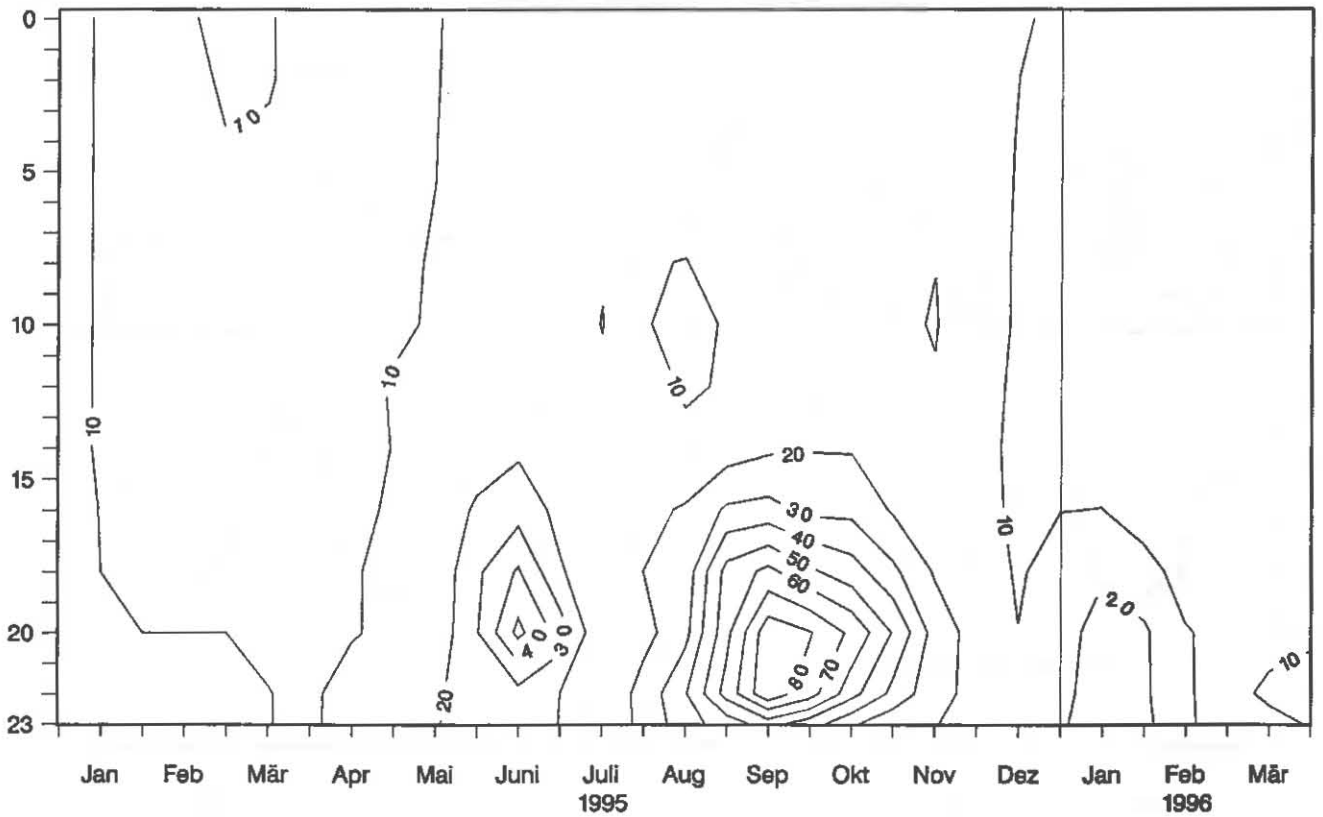


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

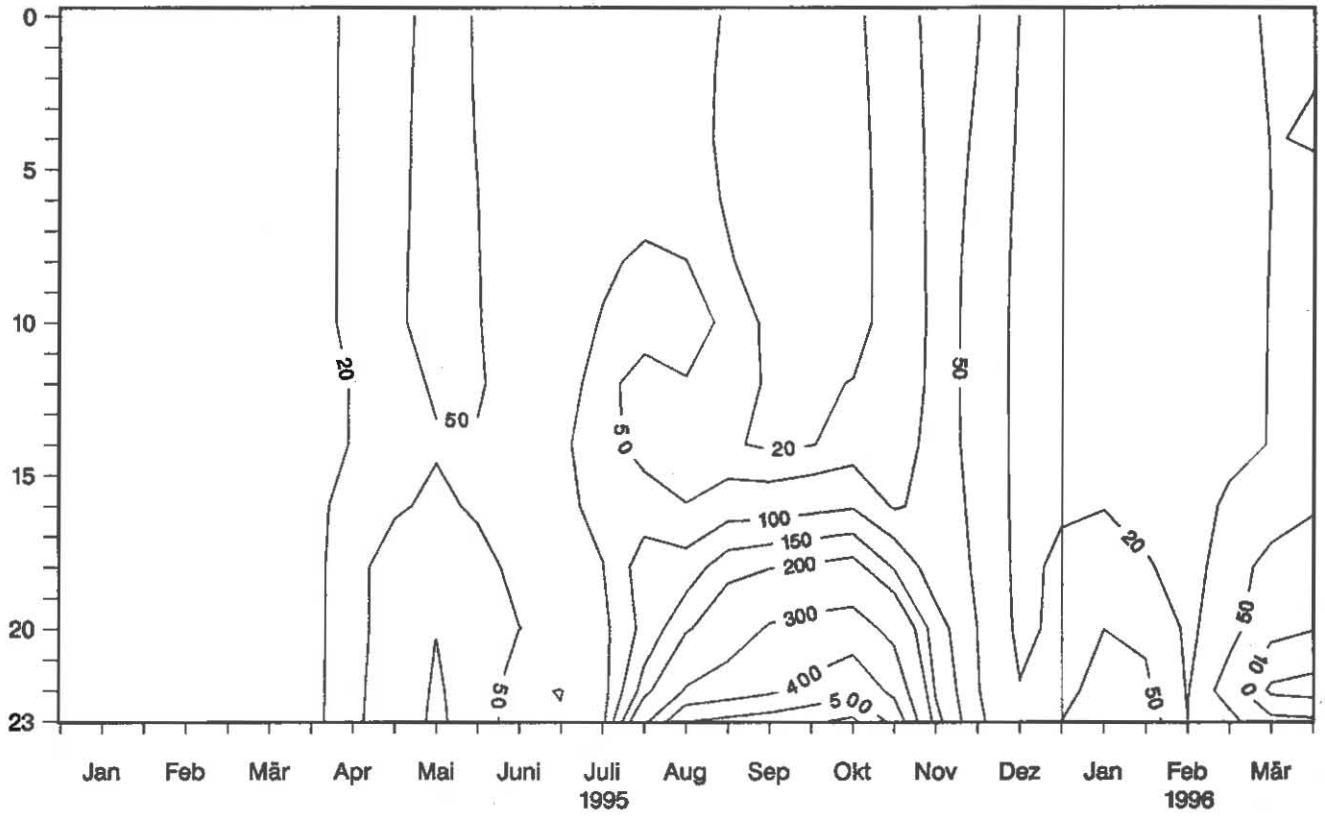


Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

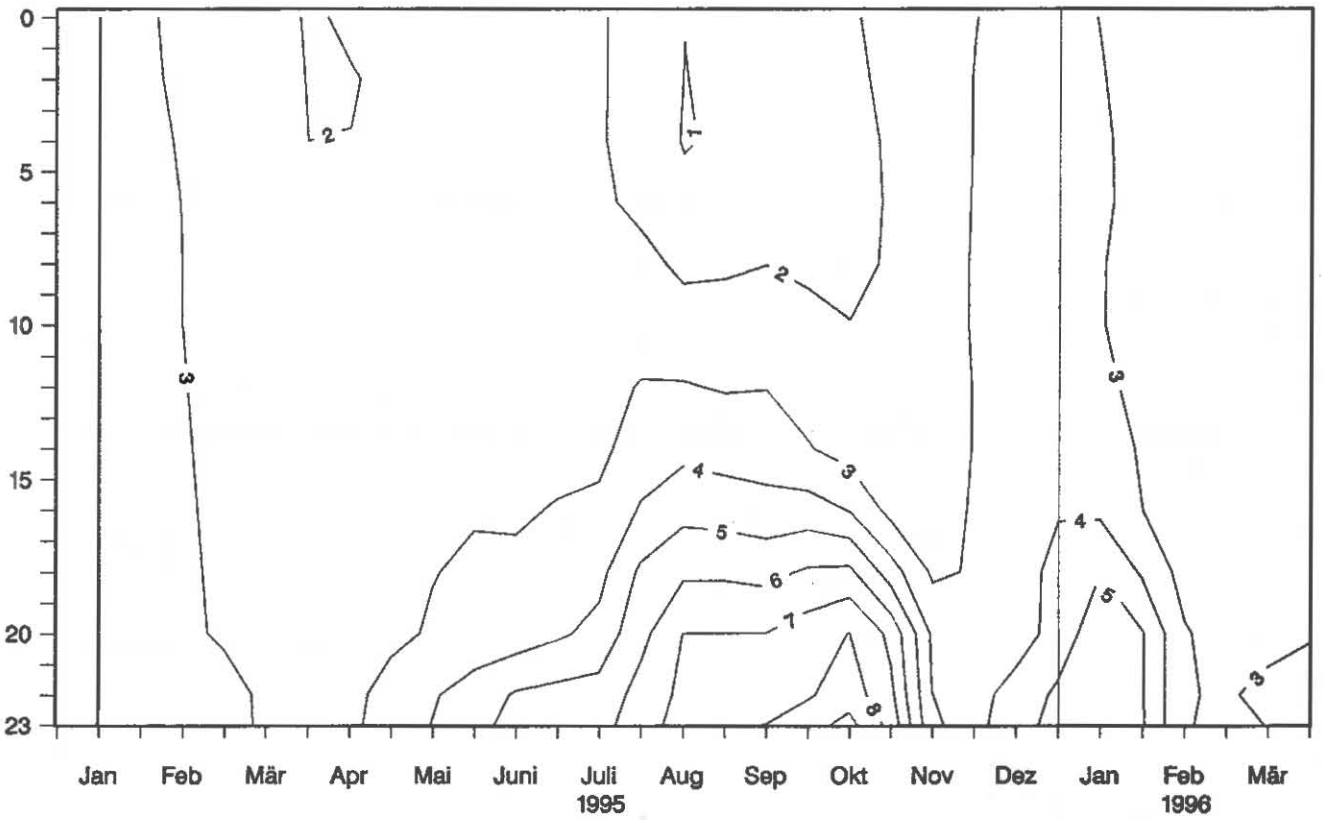


Abb. 44: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Silikat (mg/l)

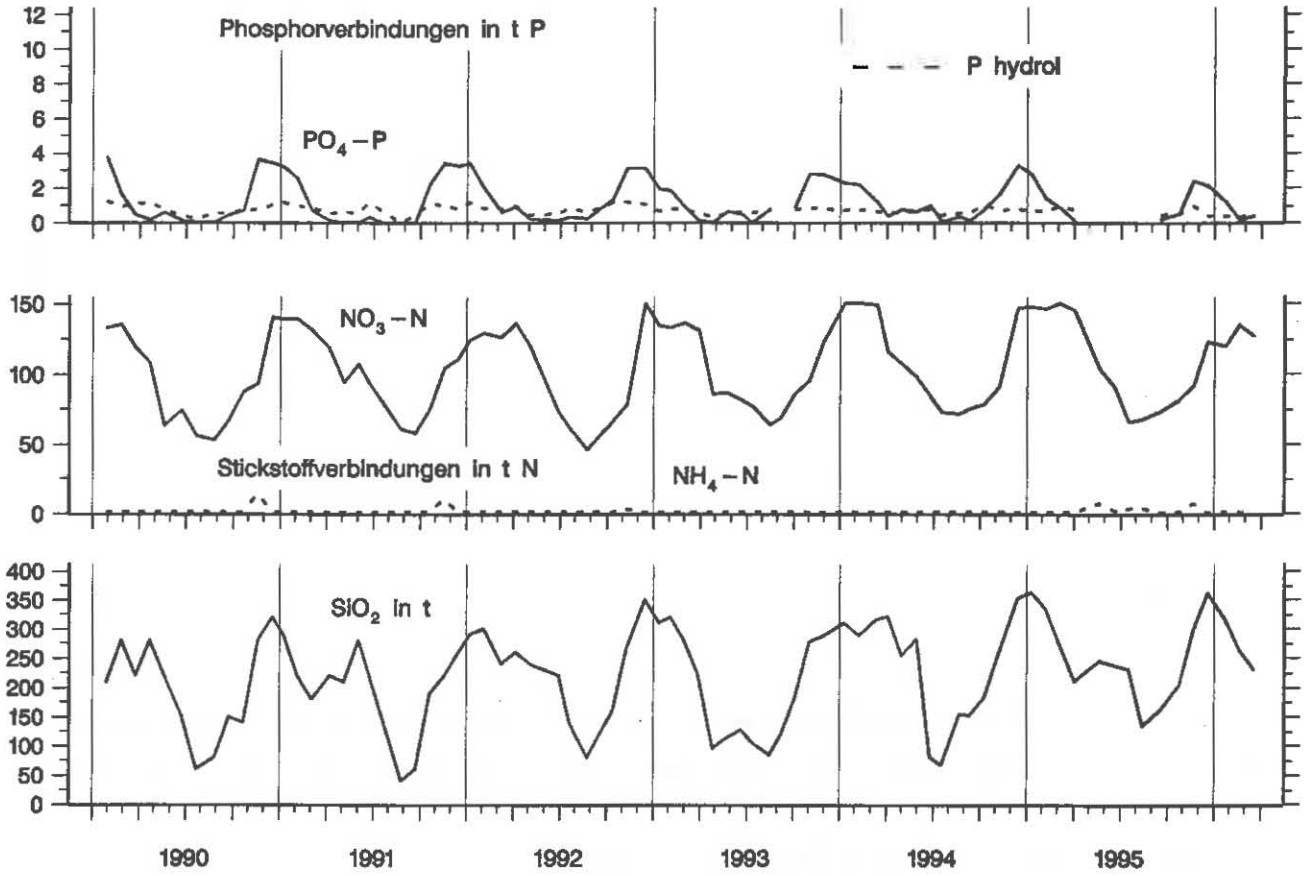


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

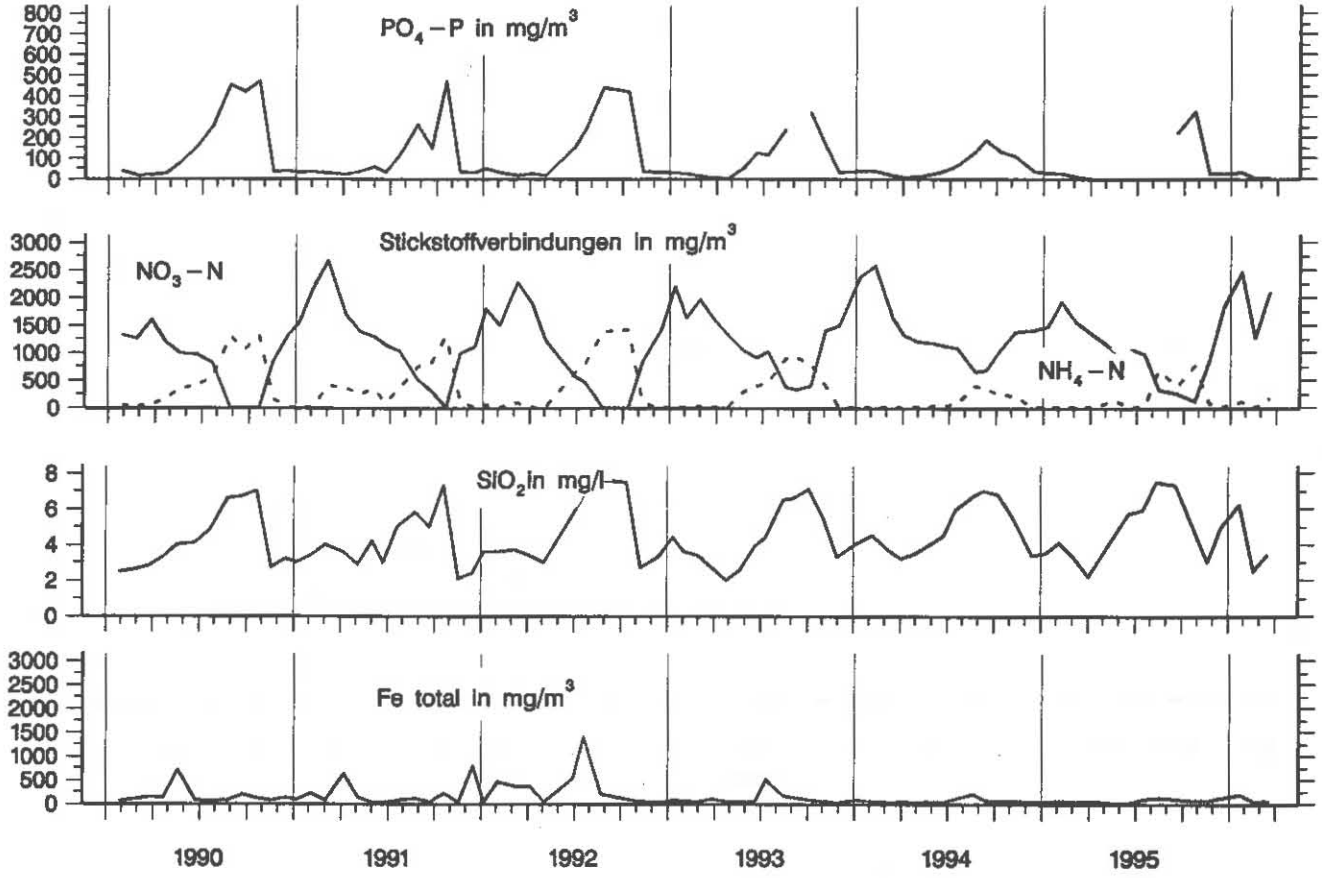


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

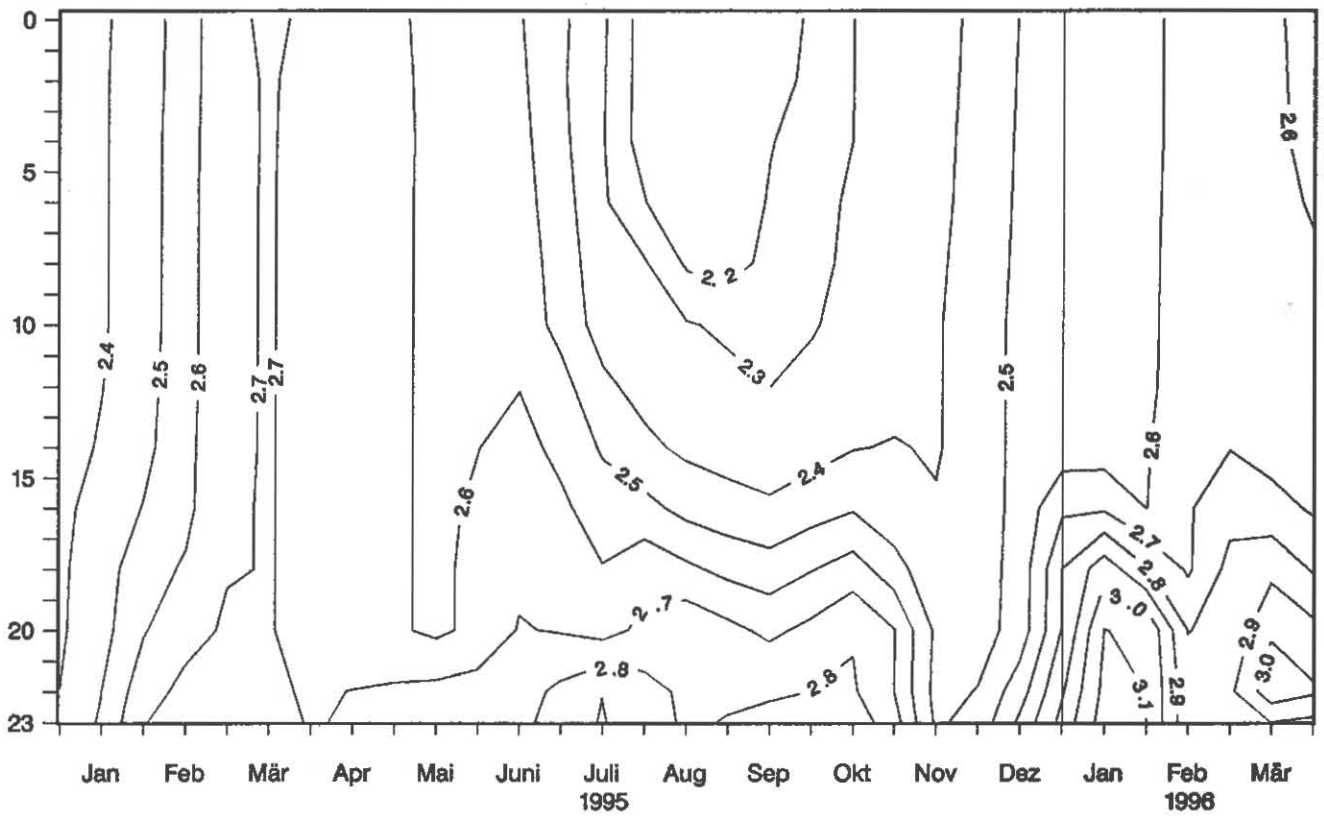


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

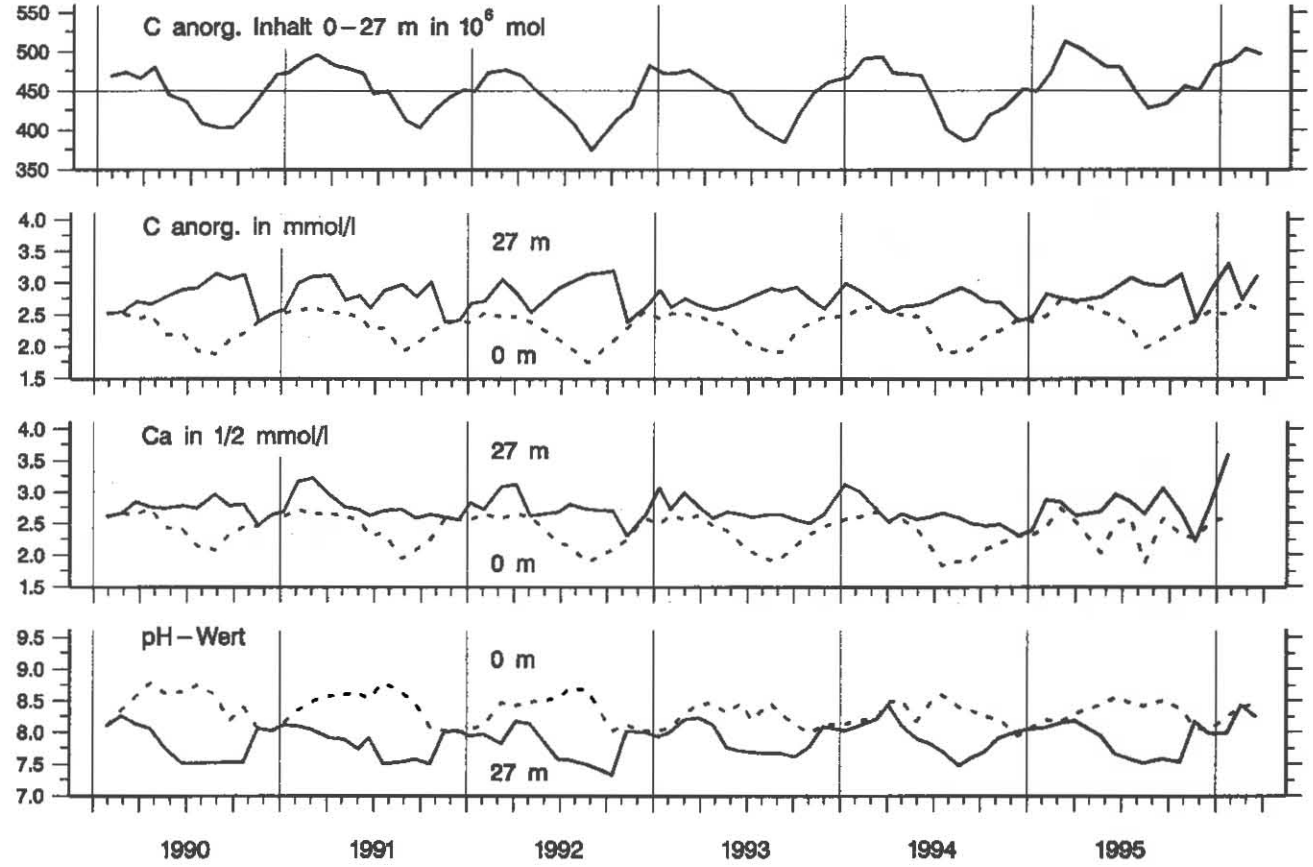


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–27 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH–Wert

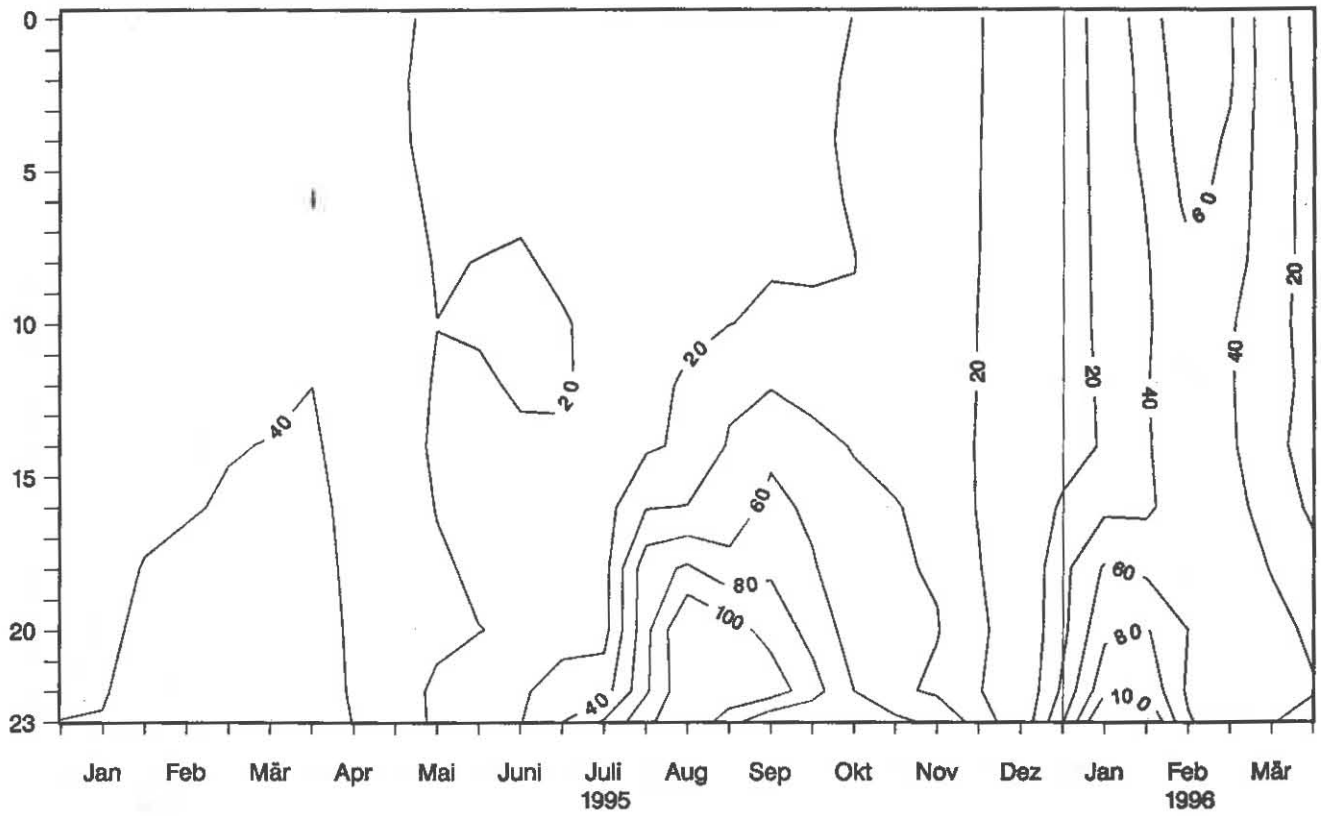


Abb. 49: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Konzentration von Eisen total (mg/m³)

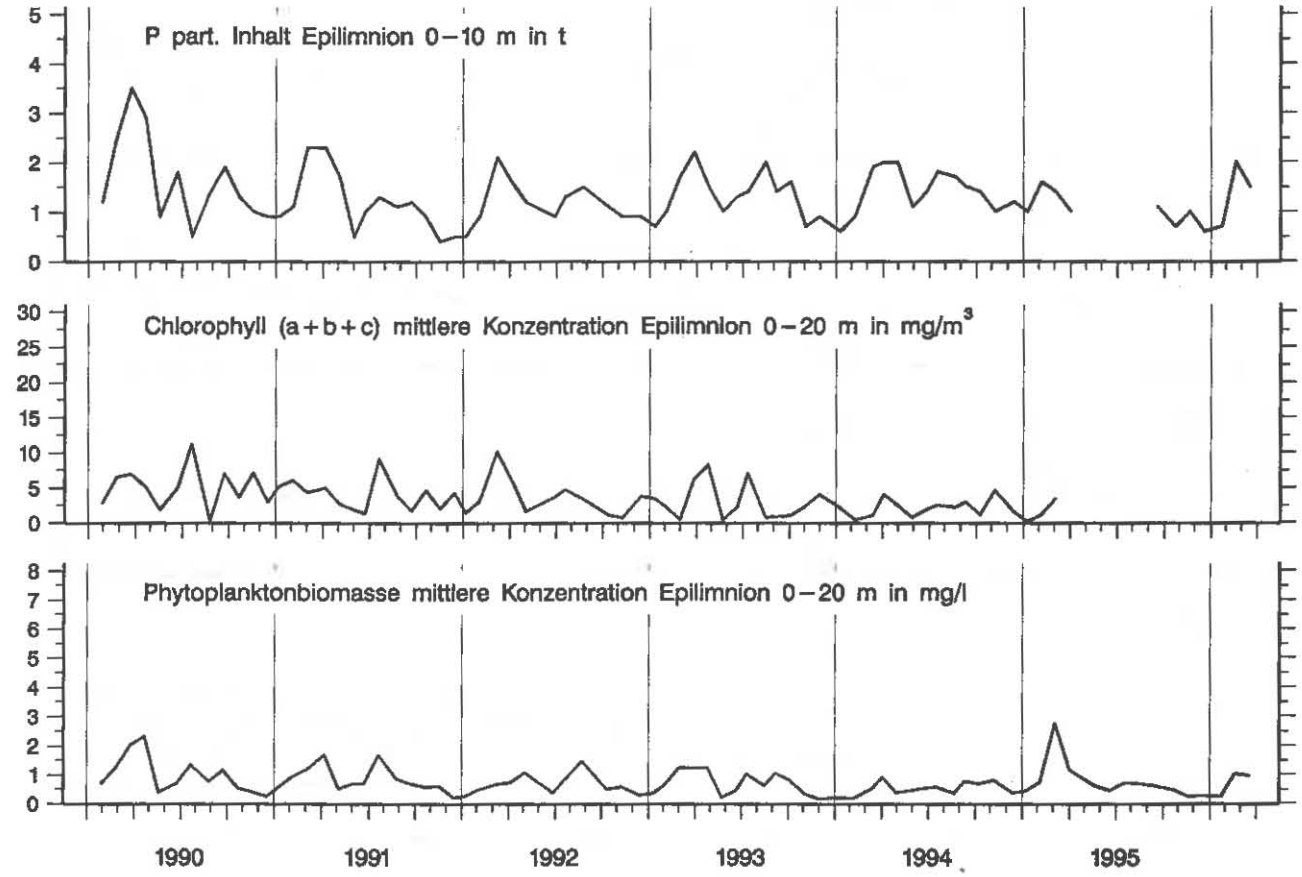


Abb. 50: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

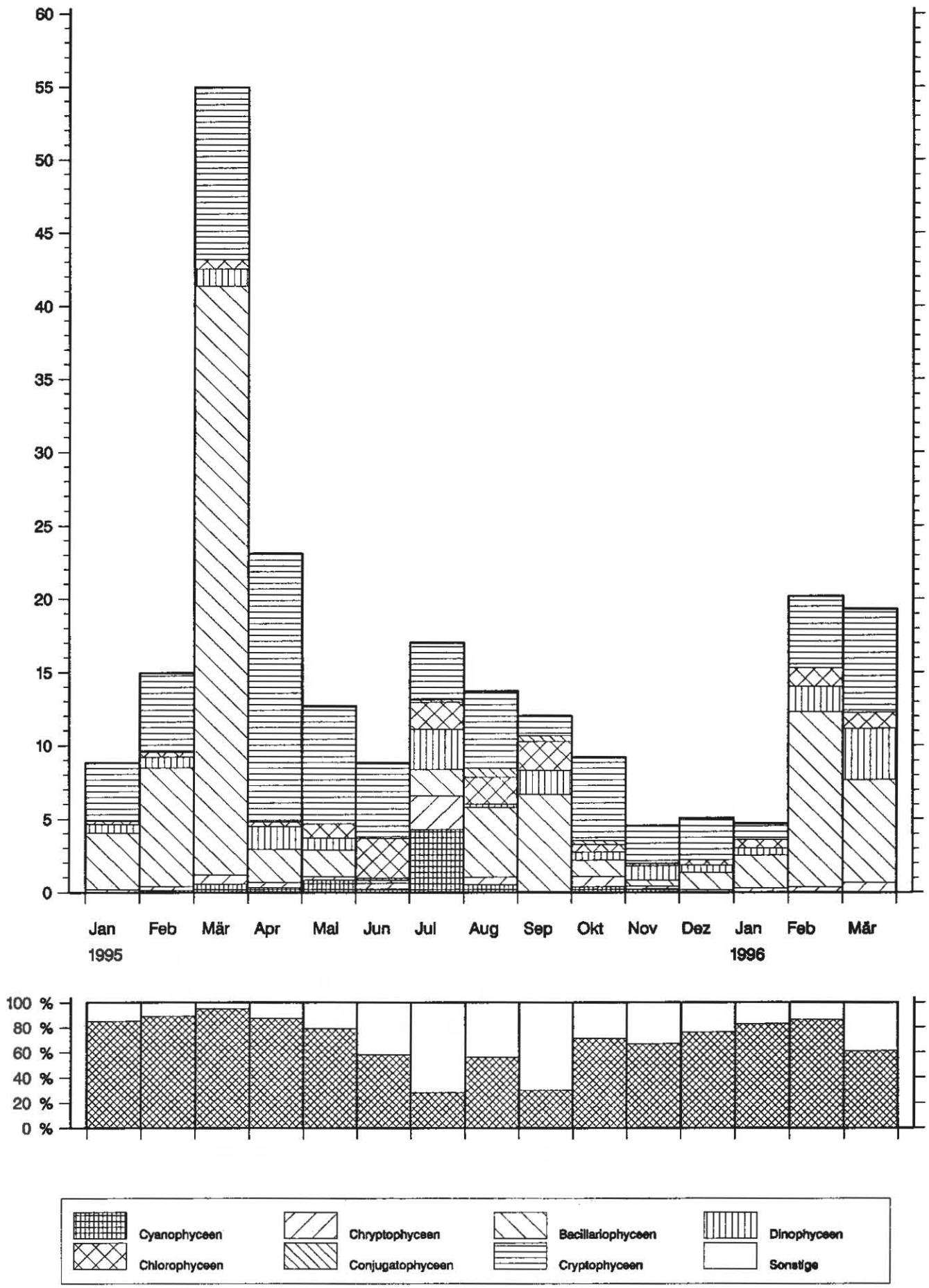


Abb. 51: Bodensee – Untersee, Zeller See:
Entwicklung des Phytoplanktons
Biomasse in g/m² (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1995/96

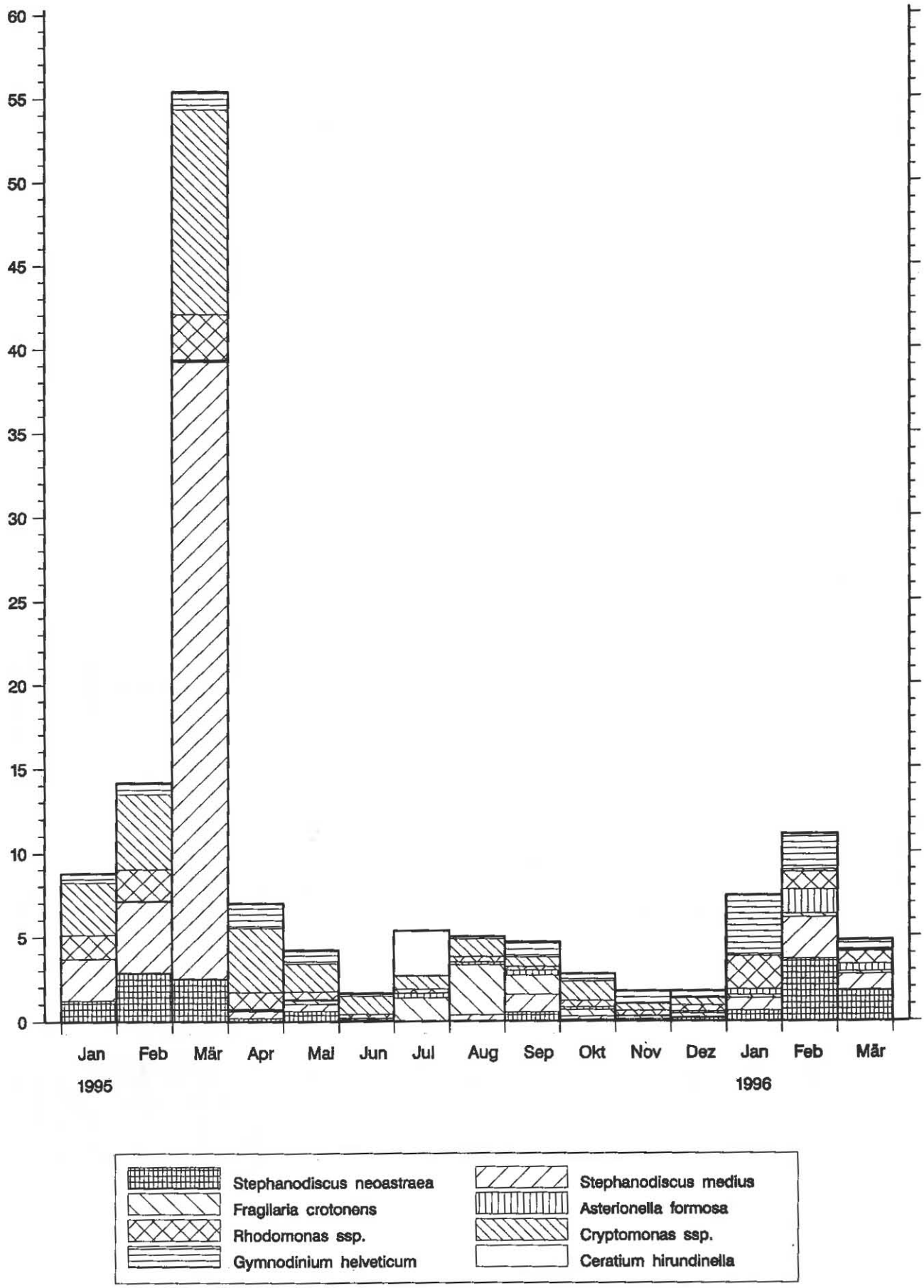


Abb. 52: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Entwicklung des Phytoplanktons
Biomasse der Hauptarten in g/m² (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1995/96

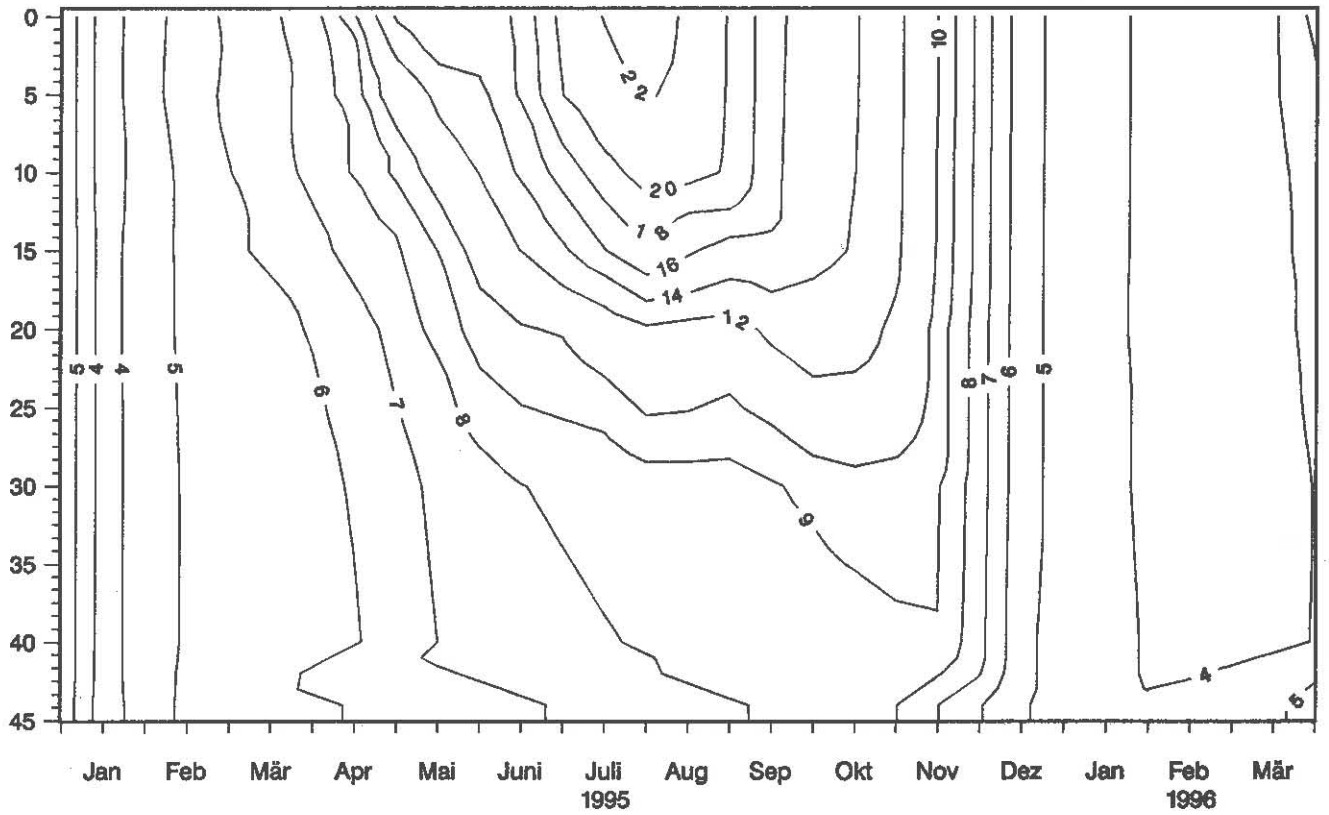


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Temperatur °C

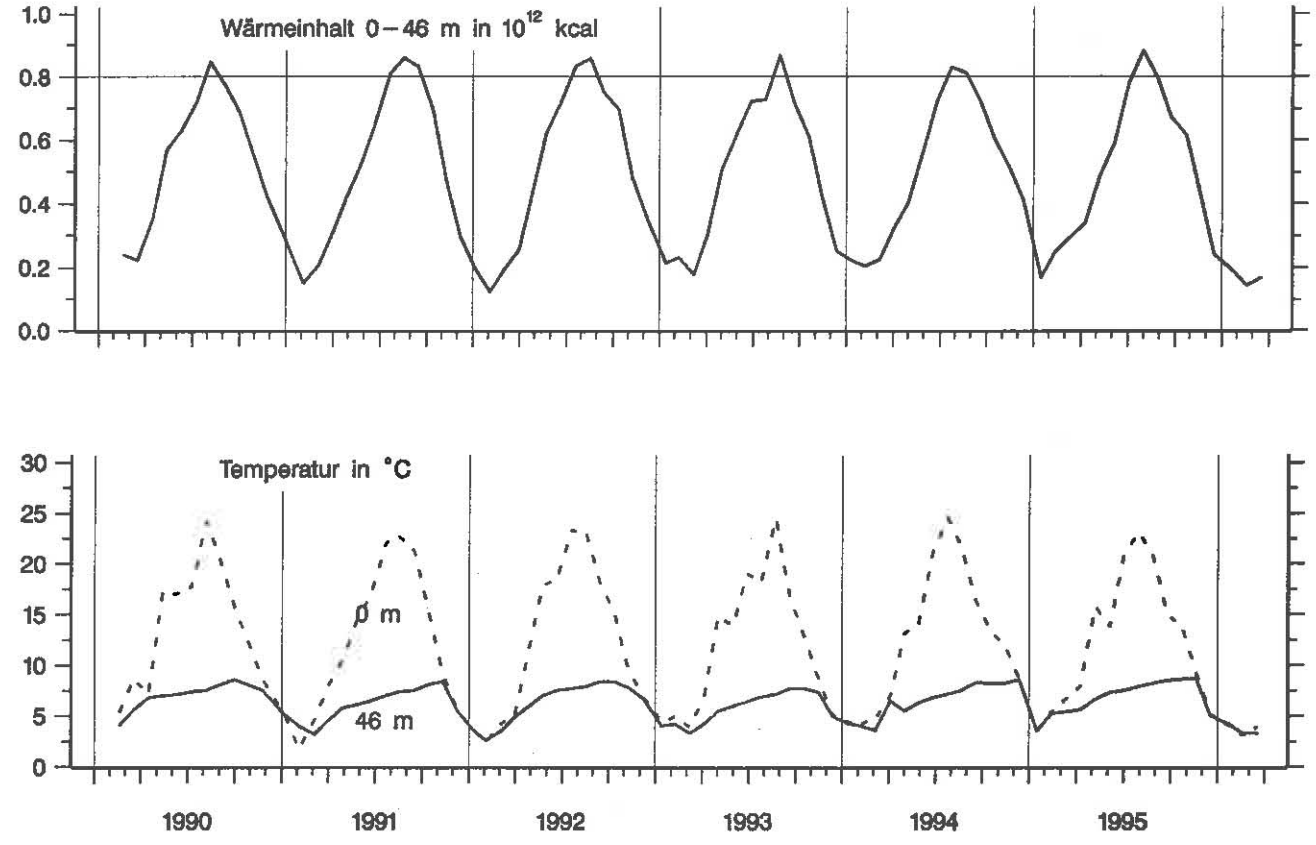


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Thermik

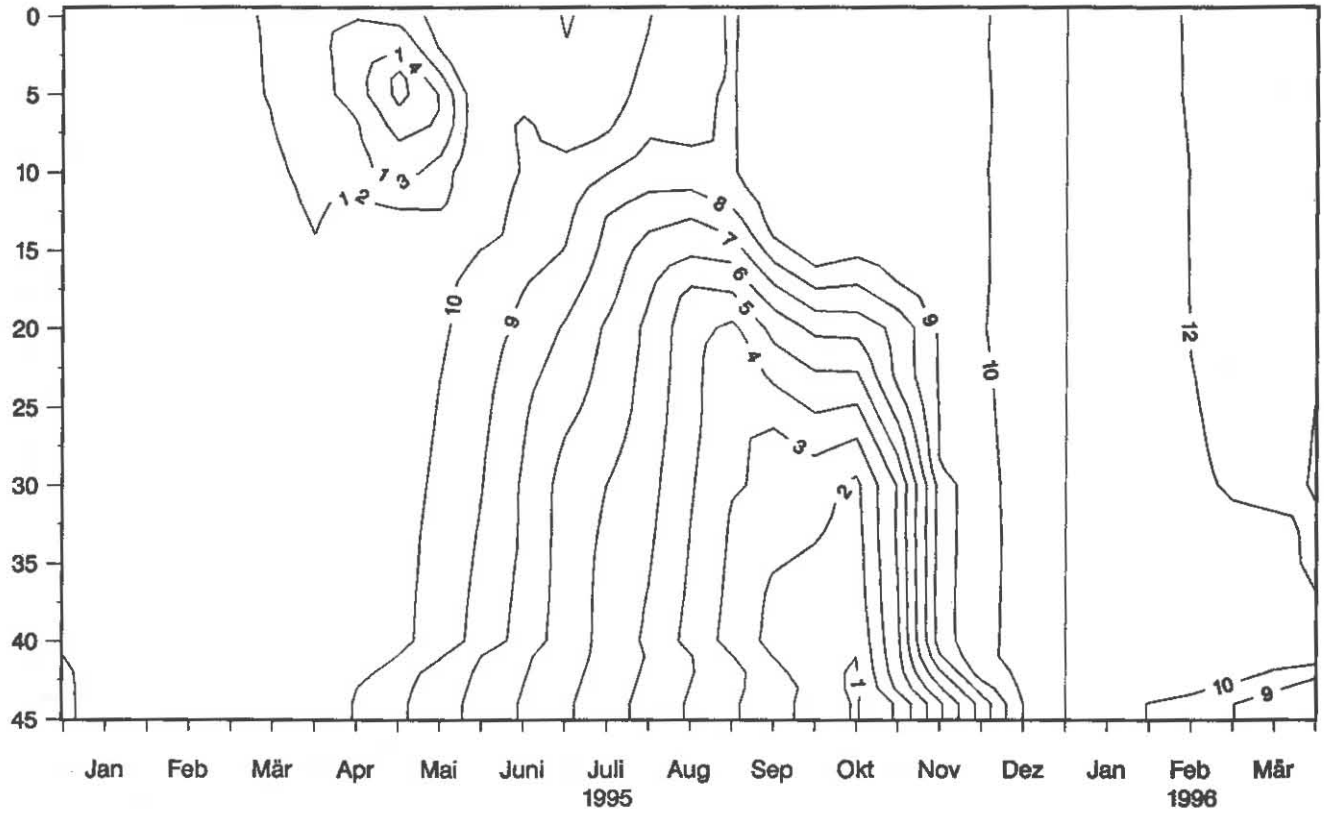


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoff (mg/l)

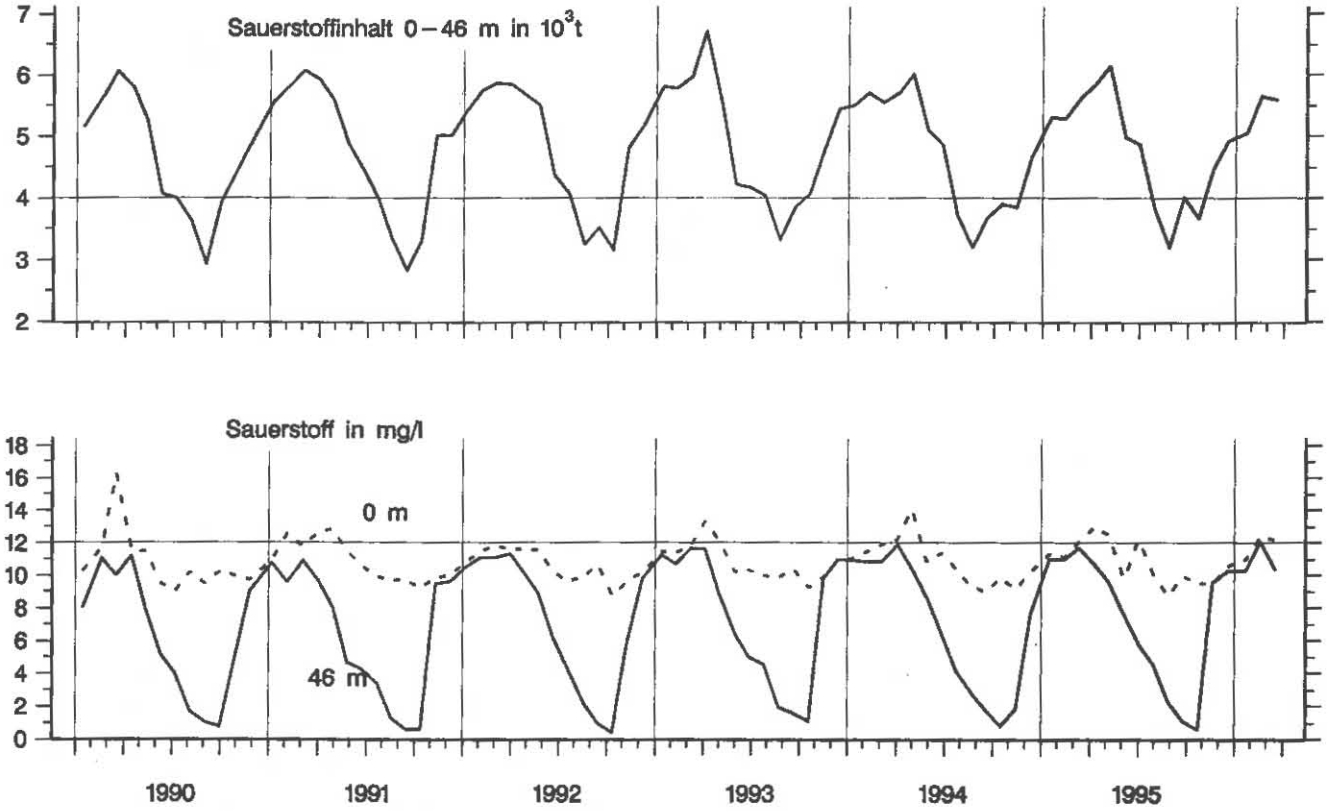


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoffinhalt 0–46 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe

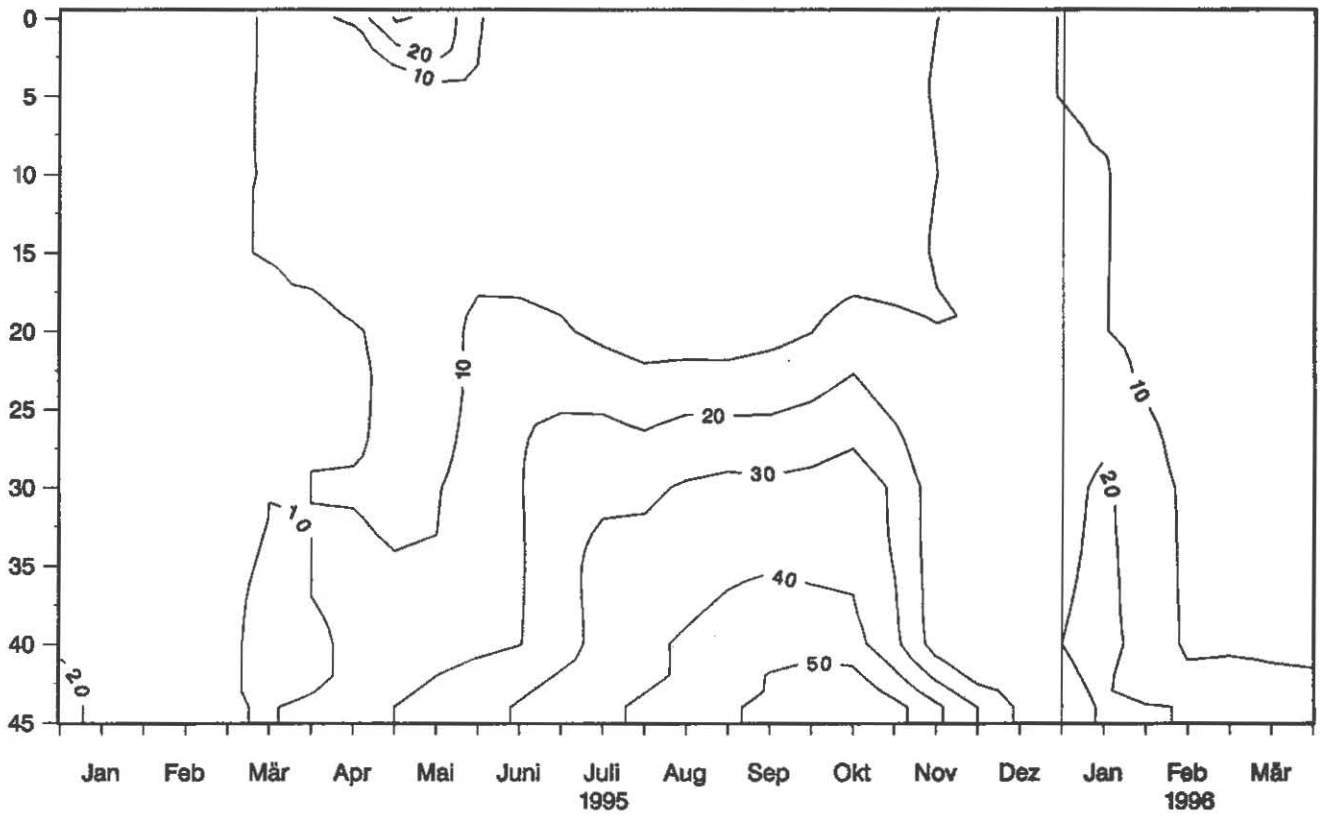


Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

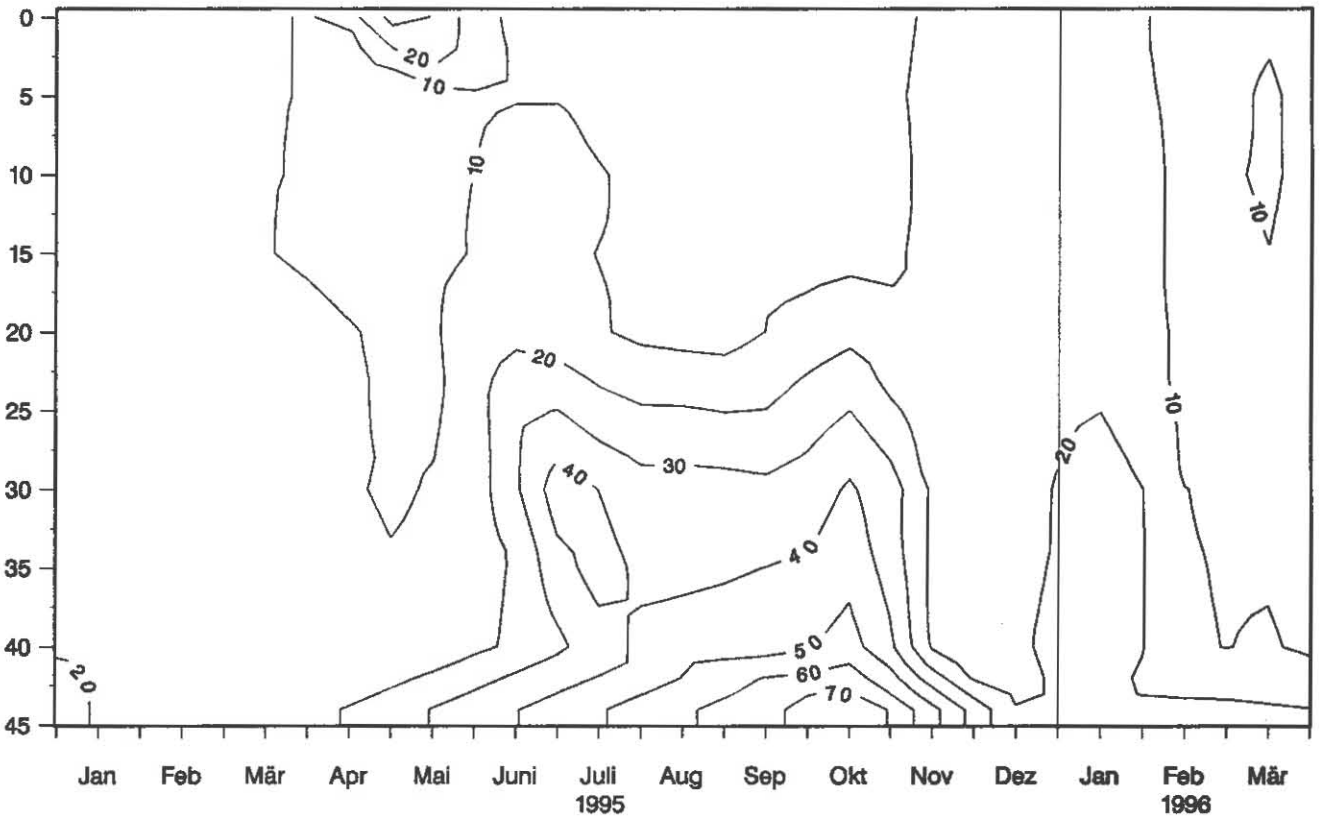


Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m^3)

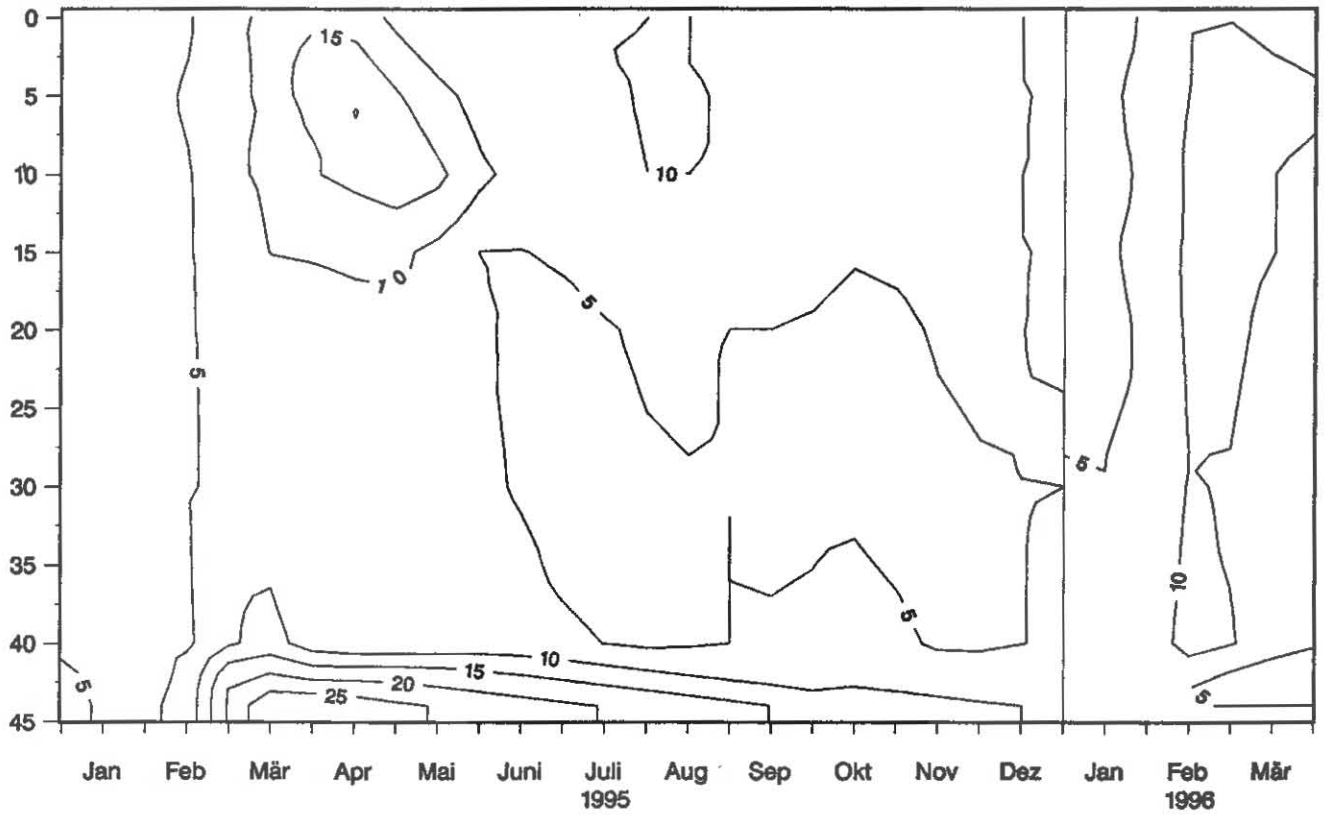


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

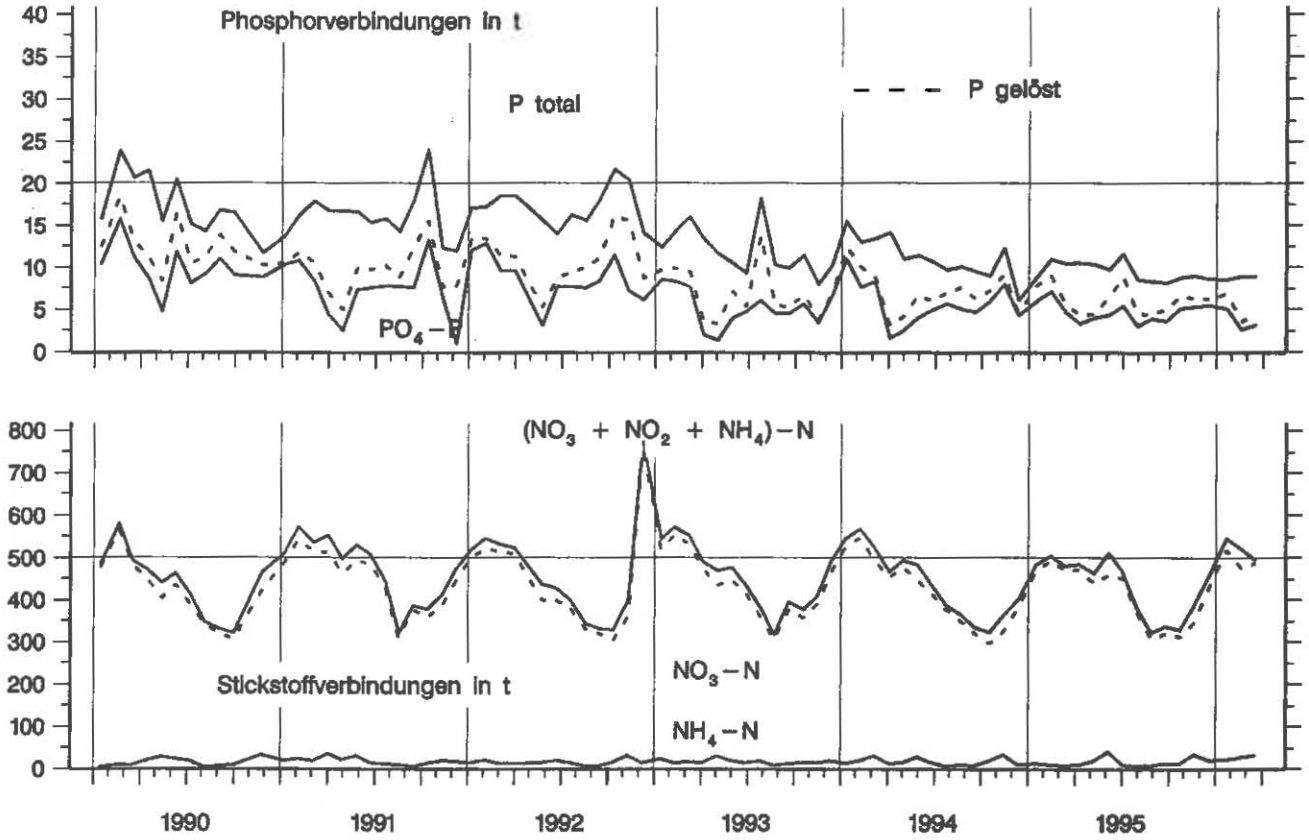


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt 0 – 46 m Tiefe

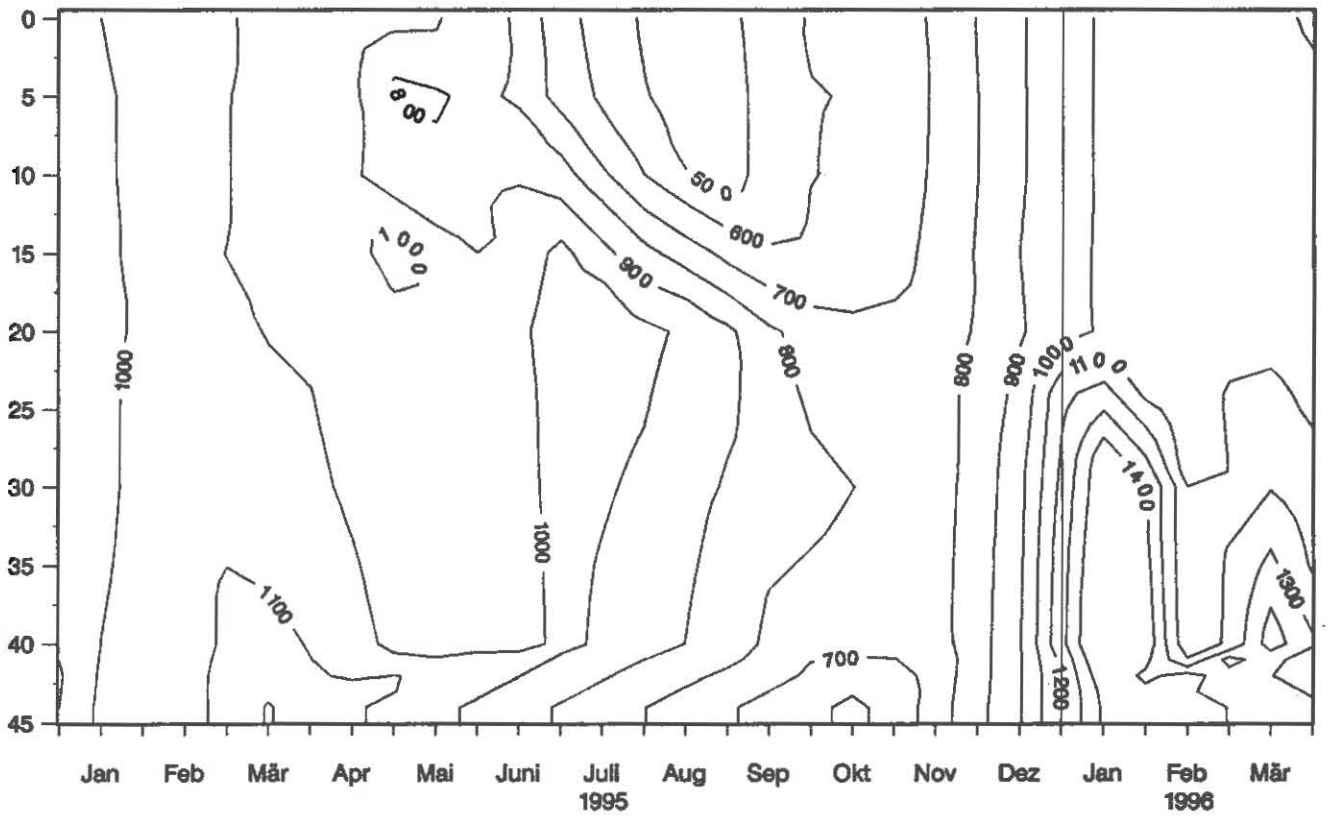


Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

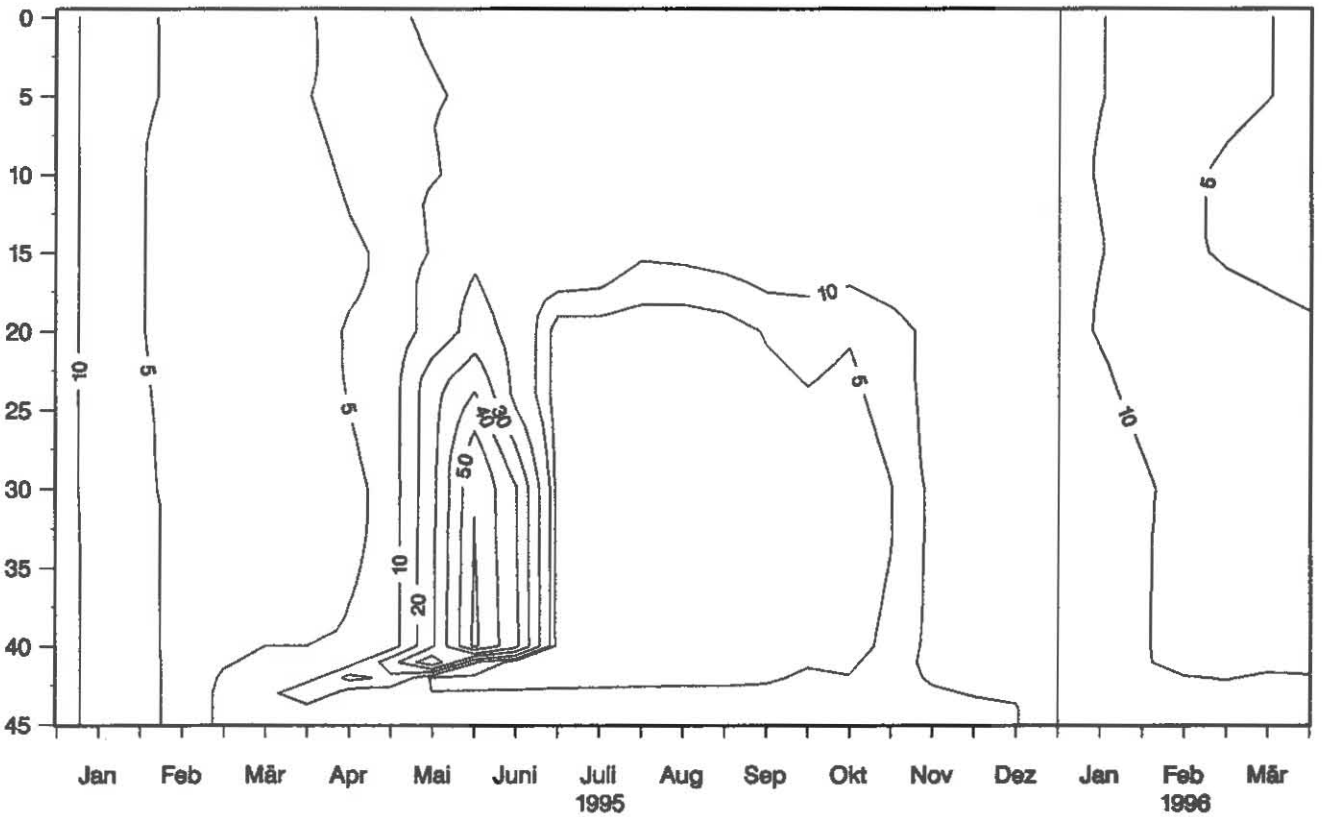


Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

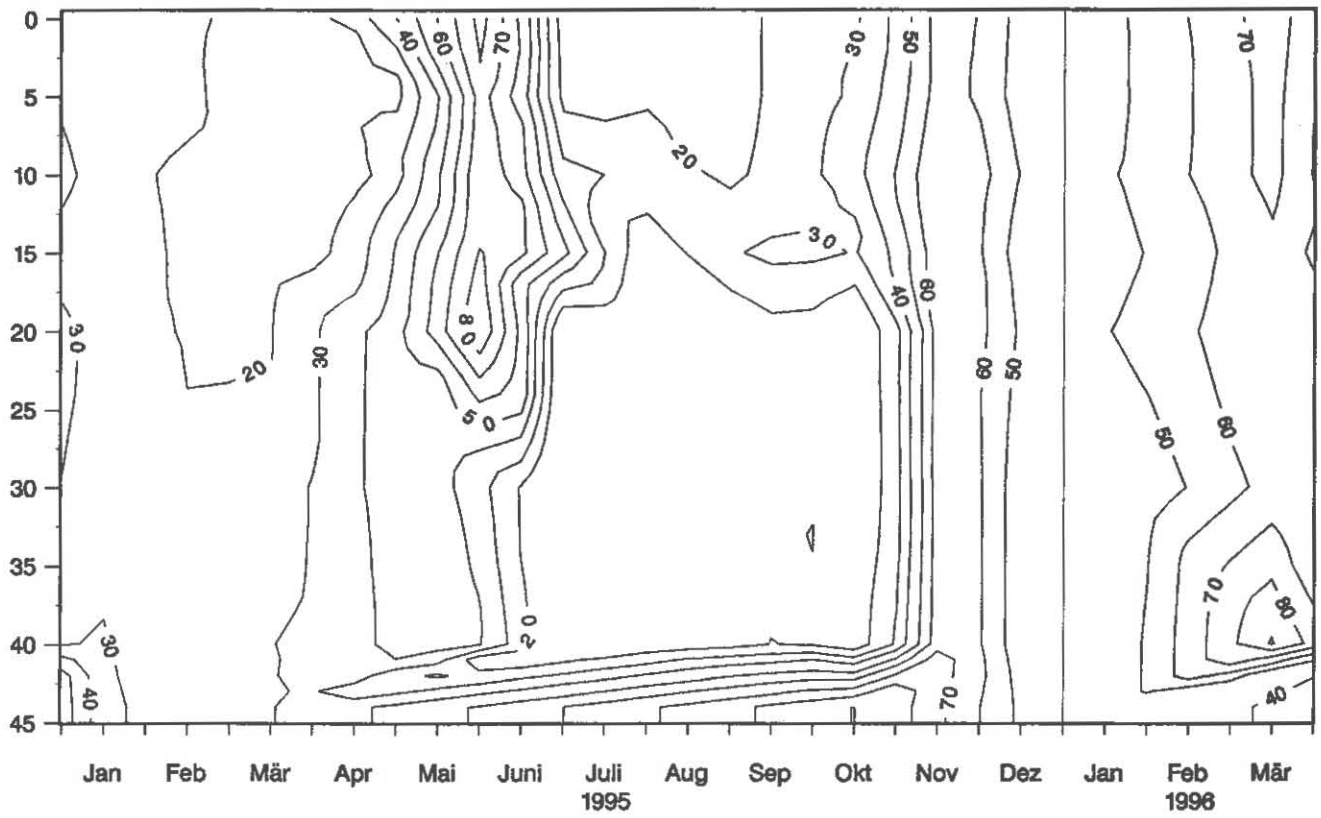


Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

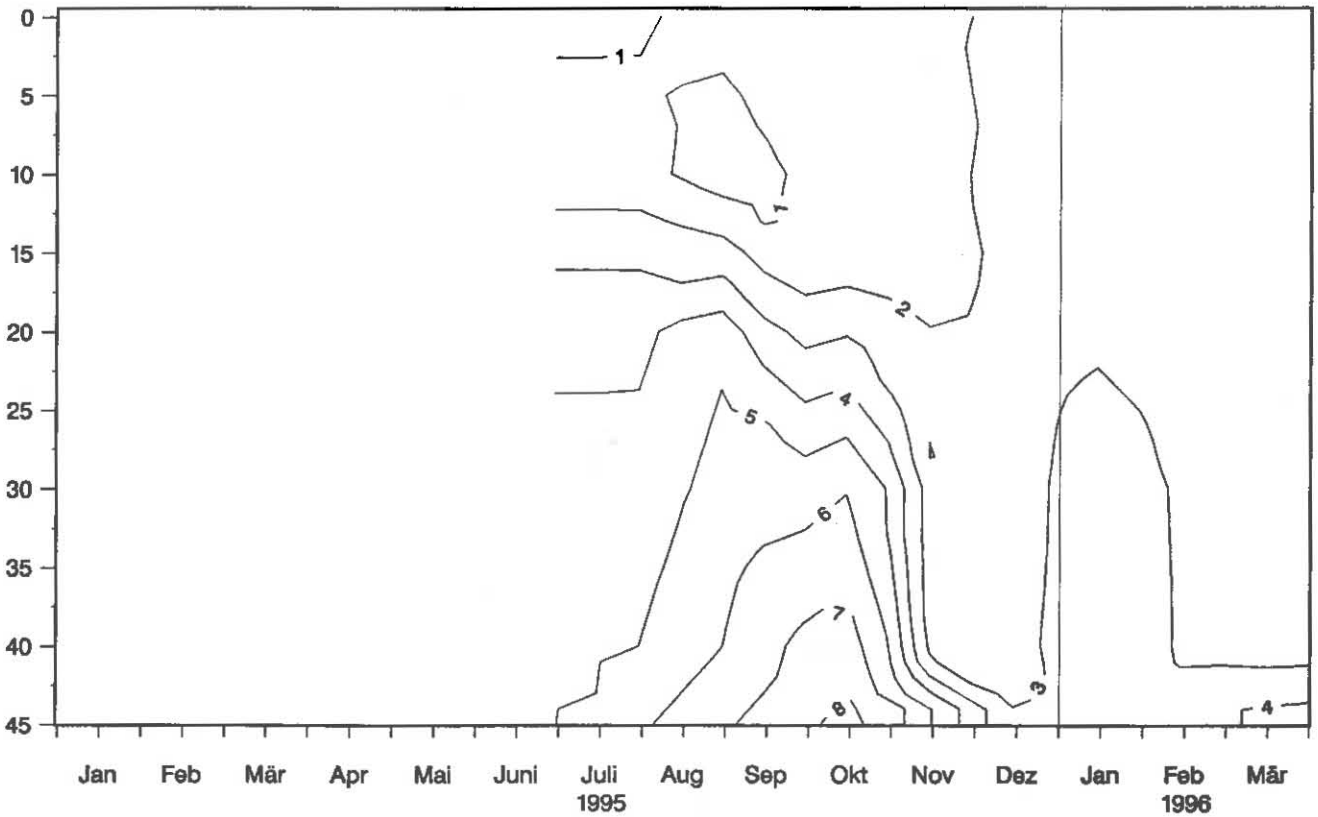


Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Silikat (mg/l)

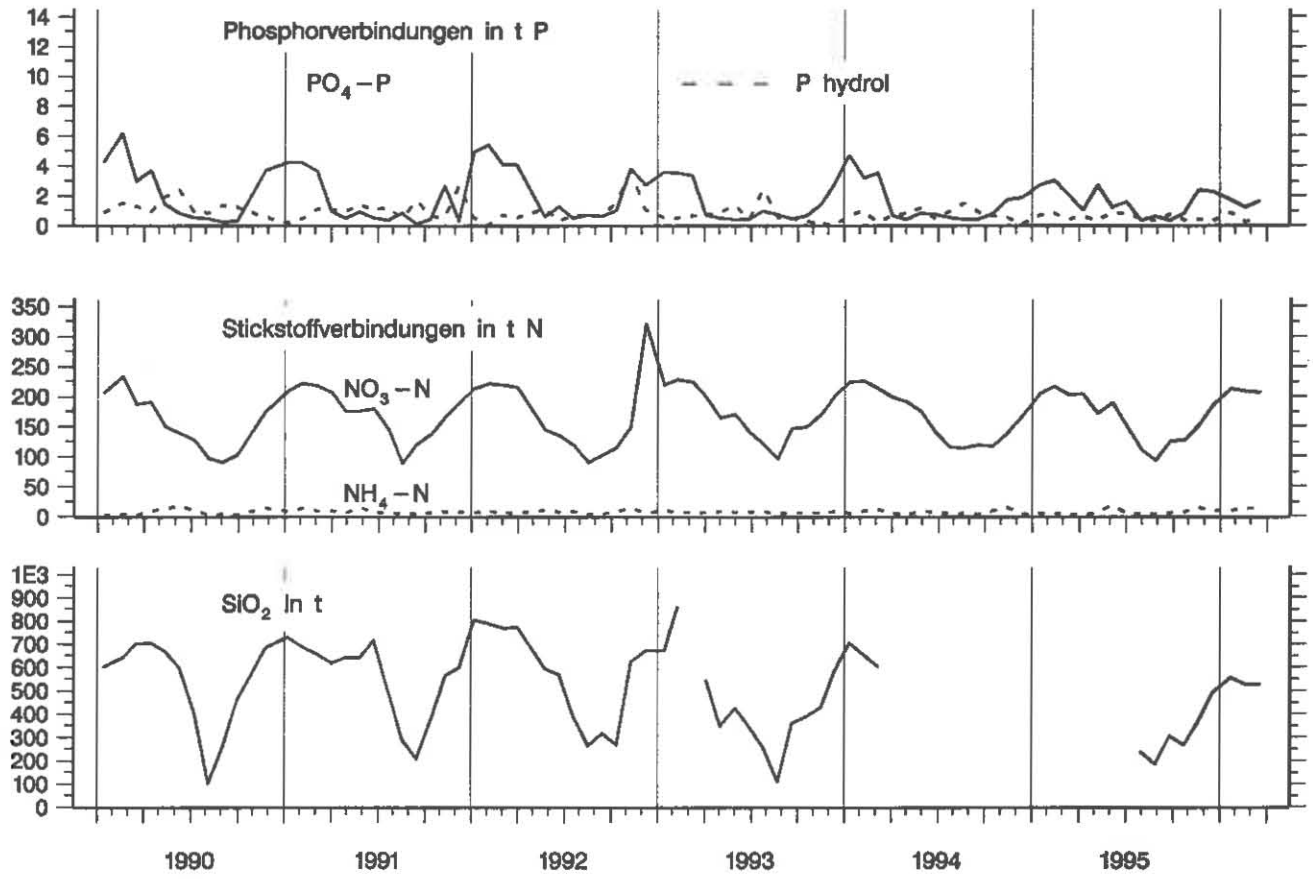


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

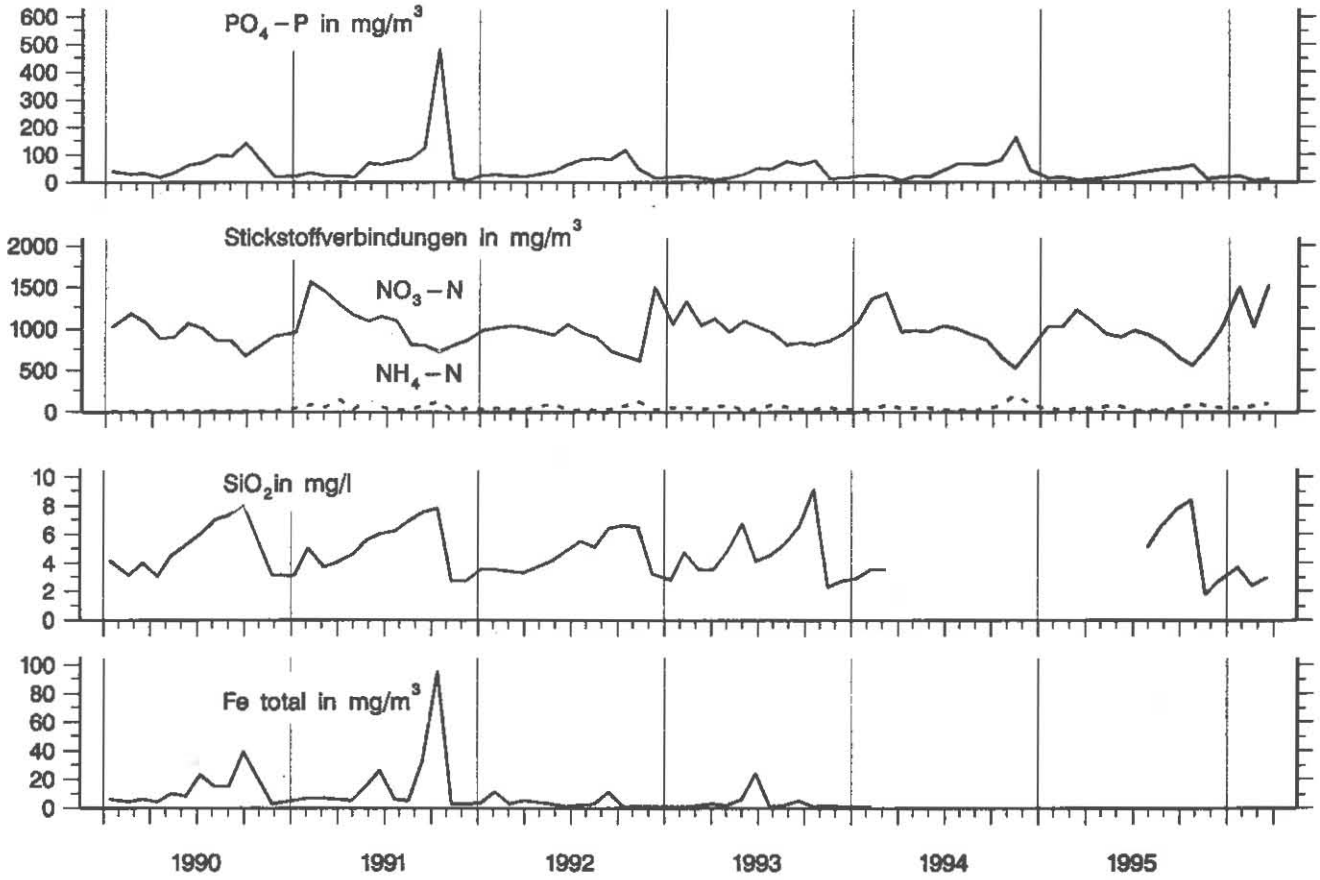


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

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

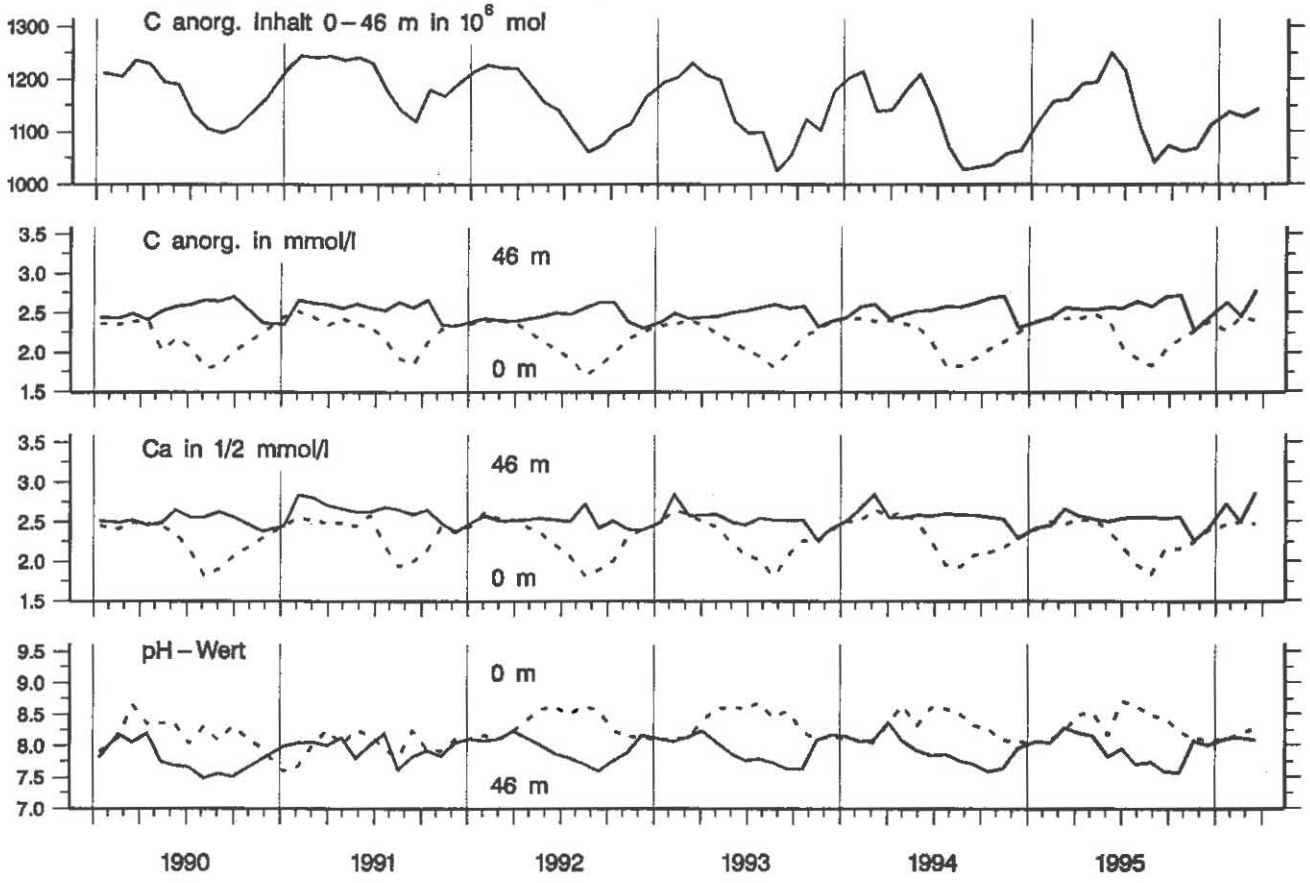


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH–Wert

Abb. 69: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Konzentration von Eisen total (mg/m³)

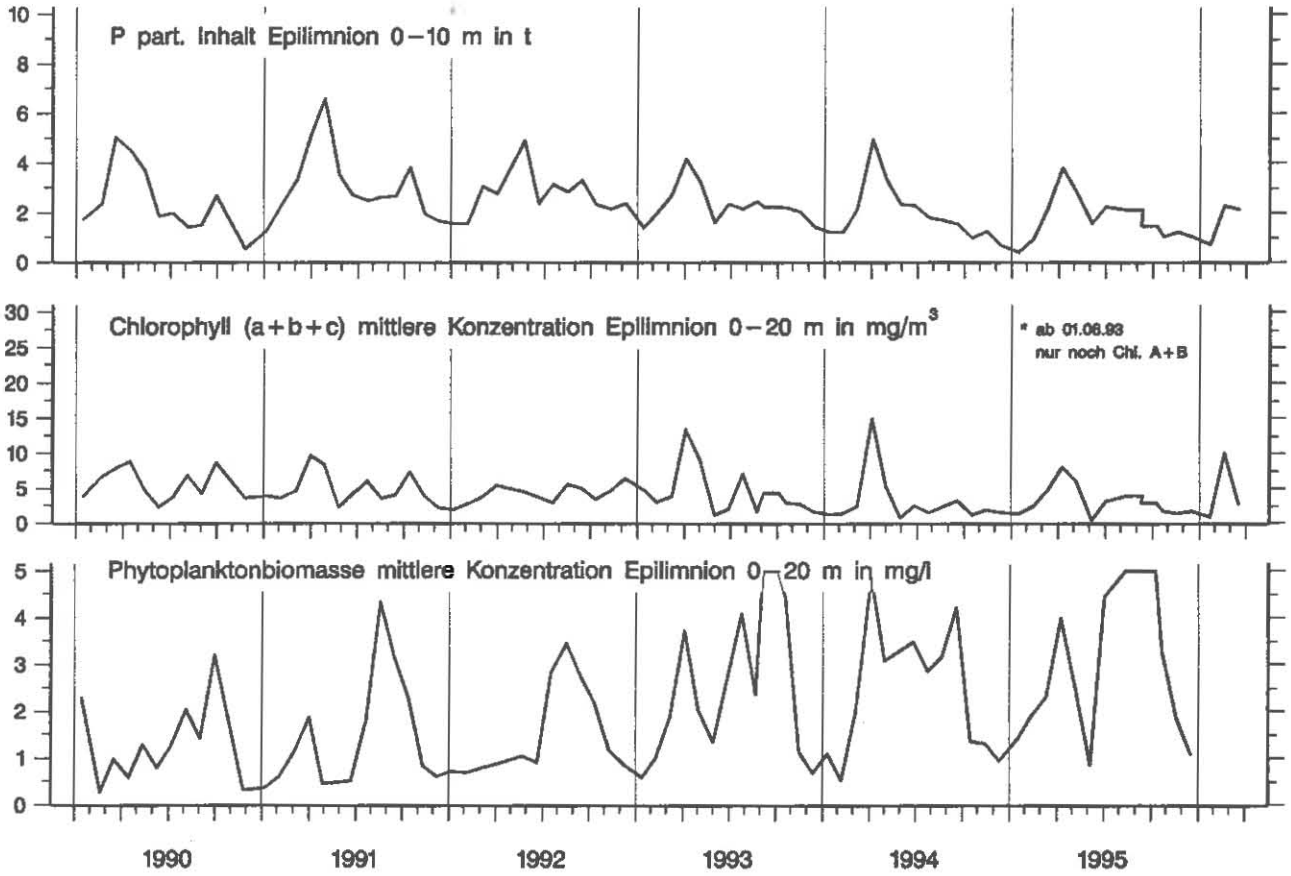


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

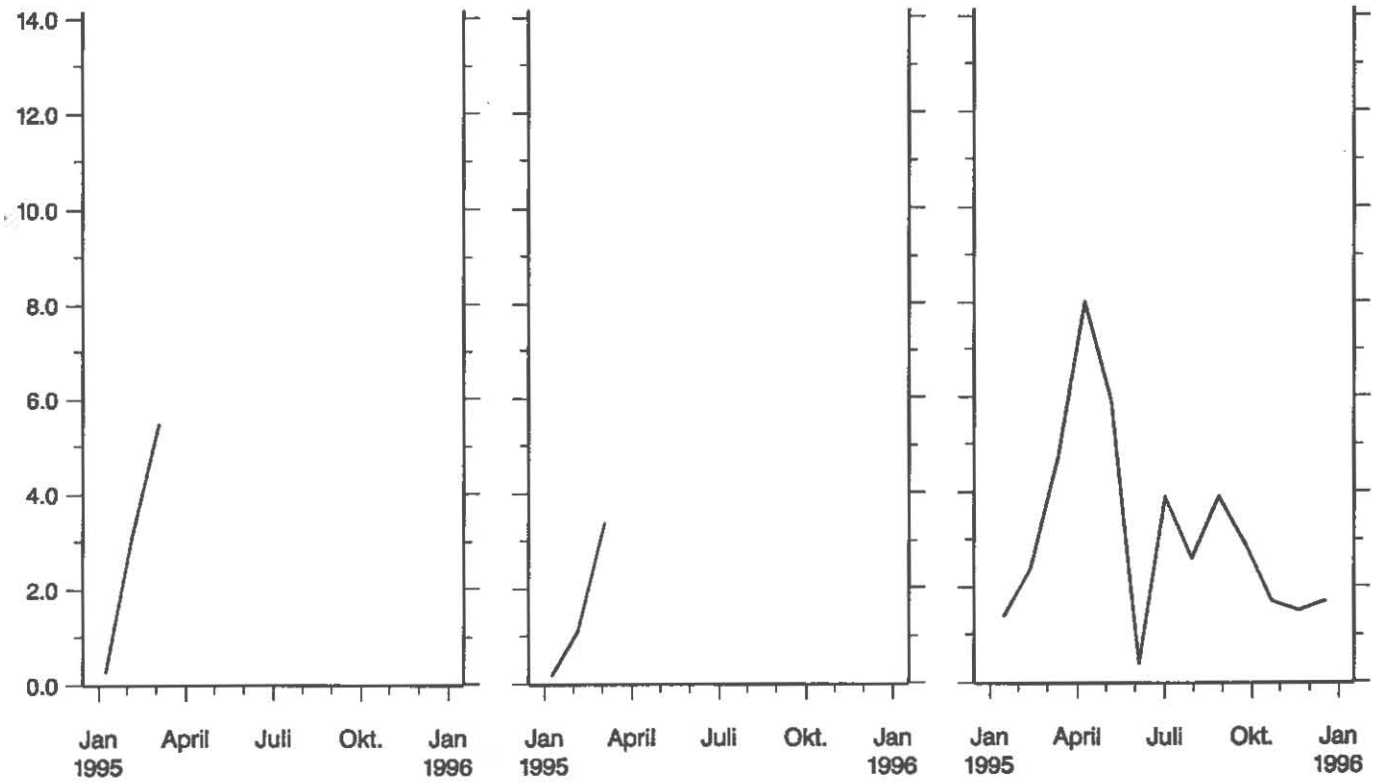


Abb. 71: Bodensee – Untersee
Chlorophyll a + b + c in mg/m^3 im Gnadensee (links), Zellersee (Mitte) und Chlorophyll a in mg/m^3 im Rheinsee (rechts);
mittlere Konzentration 0–20 m Tiefe

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, 50, 60, 100, 140 m
Zeller See :	0, 5, 10, 15, 20, 22 oder23 oder 24 + m
Rheinsee :	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 44 oder 45 oder 46 + m

+ je nach Wasserstand

Tabelle 1 (2)

Untersuchungstermine Januar 1995 bis April 1996 an den Stationen Fischbach- Uttwil (F), Langenargen - Arbon (L), Bregenzer Bucht (B) und von Januar 1995 bis Januar 1996 an den Stationen (Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

Obersee - Stationen

15.01.	1995	F	L	
30.01.		F		B
07.02.		F	L	
21.02.		F		B
06.03.		F	L	
22.03.		F		B
31.03				B
03.04.		F	L	
18.04		F		
24.04.				B
08.05.		F	L	
14.05.				B
22.05		F		
05.06.		F	L	
20.06		F		
26.06.				B
03.07.		F	L	
12.07				B
18.07		F		
01.08.		F	L	
14.08		F		
22.08.				B
05.09.		F	L	
19.09		F		
26.09.				B
09.10.		F	L	
07.11.		F	L	B
21.11		F		
05.12.		F	L	
11.12.				B
19.12.		F		
08.01.	1996	F	L	B
24.01.		F		
06.02.		F	L	
21.02.				B
05.03.		F	L	B
18.03		F		
08.04.		F	L	

Untersee - Stationen

09.01.	1995	Z	
16.01.			R
05.02.		Z	
13.02.			R
05.03.		Z	
13.03.			R
03.04.		Z	
10.04.			R
08.05.			R
22.05.		Z	
06.06			R
20.06.		Z	
03.07.			R
18.07.		Z	
31.07.			R
14.08.		Z	
28.08.			R
11.09.		Z	
19.09.			R
23.10.			R
24.10.		Z	
20.11.			R
21.11.		Z	
18.12.	1996		R
19.12.		Z	
22.01.			R
23.01.		Z	

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)

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	
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	F	L	B	Z	R
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				R
Phaeophytin nach Goltermann	F				R
Chlorid	F	L	B	Z	R
Sulfat	F	L	B	Z	R
Eisen total	F	L		Z	
Mangan total	F	L			R*)
Natrium	F	L			R
Kalium	F	L			R
KMNO4 - 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
Restsauerstoff 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				Z	R
Magnesium (aus Gesamthärte und				Z	R
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 + NH_4-N)	F	L			
Gesamtsstickstoff 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 1995 (Meßdaten vom 03.04.95 bis 18.03.96)
IV bis XII: Monate 1995; I-III, IV-96: Monate 1996

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)								Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Hypolimnion (200 - 252.5 m)		Begin bis Ende Seejahr	03.04 bis 05.09 1994	05.09 bis 18.03 1995
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 03.04.95	Ende 18.03.96	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^{12} Kcal	24,0 4,5	VIII III	5,3 4,5	I III	245,6	207,5	360,3 215,0	VIII I	90,7 19,8	VIII I	7,7 6,3	IX III	-38	+104	-134
Sauerstoff (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	16,6 8,6	V VII	10,5 6,2	III IX	522,7	505,7	528,3 451,7	V IX	64,4 40,5	V IX	15,1 9,9	III II	-17	-71	+54
Orthophosphat - P (a) mg m^{-3}, (b) t	20,0 0,0	III VIII	40,0 18,0	VIII-IX III	860,0	809,5	931,2 576,2	III XI	78,6 2,7	III VIII	50,1 25,9	II III	+51	-24	+31
Phosphor, hydrolisierb. (A) mg m^{-3}, (b) t	4,0 0,0	XII III	5,0 1,0	IV,XII,I III	205,3	90,4	206,6 62,7	XI III	17,4 5,8	XII III	7,2 2,8	XII III	-115	-43	-72
Phosphor, gelöst (a) mg m^{-3}, (b) t	22,0 2,0	III VIII	43,0 17,0	VIII,IX III	1065,3	899,9	1065,3 741,8	IV IX	88,1 14,1	IV VIII	56,5 26,5	II IV	-199	-283	+84
Phosphor, partikulär (a) mg m^{-3}, (b) t	9,0 1,0	IX II	28,0 1,0	XI IV	126,5	99,7	301,8 76,0	XII II	34,1 5,1	IX II	9,3 1,5	XII II	-27	-16	-11
Phopshor, total (a) mg m^{-3}, (b) t	24,0 8,0	IV VIII,IX	71,0 21,0	XI III	1191,8	999,6	1191,8 865,1	IV XII	101,7 39,0	IV IX	61,7 30,3	XI,XII III	-192	-298	+107
Nitrat - N (a) mg m^{-3}, (b) t	1060,0 490,0	IV VIII	1050,0 830,0	XI II	48204,7	46851,8	49671,2 44719,2	XI VII	4531,2 2309,5	IV VIII	1514,1 1315,4	X II	-1352	-1316	-36
Nitrit - N (a) mg m^{-3}, (b) t	21,0 0,0	VII IV,I-III	5,0 0,0	III IV-VII	20,6	101,4	259,3 2,0	VI II,III	78,6 0,0	VIII II,III	6,5 0,0	III IV,II,III	+80	+57	+24
Ammonium - N (a) mg m^{-3}, (b) t	60,0 0,0	VI XI-III	30,0 0,0	IV I-III	479,3	257,9	616,1 0,0	VI I-,II	218,4 0,0	VI I-III	16,5 0,0	IV I-III	-221	-375	+154
Stickstoff, partikulär (a) mg m^{-3}, (b) t	120,0 0,0	V II	30,0 0,0	XI IX	429,9	295,5	1251,8 295,5	VI III	435,6 45,3	V II	28,8 0,0	VI X	-134	+451	-585
Silikat (SiO_2) (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	3,3 0,3	II VIII	6,2 4,6	II IV	153,5	165,5	172,4 127,7	III VI	14,7 2,2	III VIII	8,1 5,1	II III	+12	-21	+33
Kalium (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	1,4 1,0	V,VI IX	1,4 1,2	VI IX,X	62,0	61,8	64,2 55,8	IV X	5,7 4,6	VI IX	1,9 1,7	IV IX,XI	0	-6	+6
Natrium (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	4,4 3,1	IV VII	4,5 4,3	V XI	209,5	200,6	209,5 193,0	IV XI	19,1 14,9	V X	6,4 6,1	VI,VII XI	-9	-14	+5

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)								Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Hypolimnion (200 - 252.5 m)		Beginn bis Ende Seejahr	03.04 bis 05.09 1994	05.09 bis 18.03. 1995
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 03.04.95	Ende 18.03.96	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Calcium (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	49,6 24,0	IV VIII	58,0 48,4	VII VIII	2368,1	2274,6	2368,1 2211,4	IV VIII	215,0 171,8	IV VIII	83,3 69,0	VII IV	-94	-42	-52
Magnesium (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	9,5 0,6	I IX	9,9 3,8	I VII	391,5	438,1	449,7 371,4	I IX	40,2 29,4	I IX	14,1 5,5	VIII VII	+47	-20	+67
Clorid - Cl (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	5,4 3,6	V VIII	5,6 5,0	IX II	253,9	246,8	258,7 231,2	VI X	23,2 17,0	V VIII	8,3 7,3	VII II	-7	-3	-4
Sulfat - SO4 (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	34,9 27,2	IV VII,VIII	35,9 32,7	IX VI	1637,8	1616,5	1695,8 1563,4	XII VII	149,5 121,0	IV VII	51,4 47,3	XI VI	-21	-67	+46
Eisen total (a) mg m^{-3}, (b) t	57,0 9,0	VI V	20,8 11,0	XI VI	863,0	754,4	1217,6 603,0	I III	139,9 46,0	I V	40,2 15,8	XI VI	-107	+182	-91
Mangan total (a) mgm^{-3}, (b) t	5,0 1,0	V IV	44,0 3,0	IX III	47,8	51,1	193,1 47,7	IX IV	10,8 4,1	IX VIII	16,0 1,4	IX IV,V	+3	+145	-142
Kohlenstoff anorg. (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	30,2 24,2	IV,III VIII	32,9 30,5	IX III	1443,0	1442,3	1457,9 1411,9	I IX	131,2 107,6	IV VIII	46,4 43,6	XI III	-1	-31	+30
Alkalinität (a) mmol l^{-1},(b)10^6kmol	2,5 2,1	IV VIII	2,6 2,5	IX III	119,2	119,3	120,1 115,2	XI VIII	10,8 8,7	IV VIII	3,8 3,6	IX VIII	0	-3	+3
chem.Sauerstoffbed. (KMnO4-Verbrauch) (a) mg l^{-1}, (b) 10^3 t	10,0 6,2	VIII III	7,7 6,3	VI VIII	343,8	308,7	360,1 308,7	VI III	37,9 28,3	VIII III	10,5 9,0	VIII IX	-35	-32	-3
UV - Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,260 0,148	VI VIII	0,164 0,140	V VI											
elektr. Leitfähigkeit μS cm^{-1}, 20°C	295,0 235,0	II VIII	303,0 295,0	II VII											
pH - Wert	8,7 7,9	X I	8,1 7,7	III XI											
Chlorophyll (a+b+c) (a) mg m^{-3}	24,6 0,6	V III	0,9 0,3	II III											

Tabelle 3

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee - Obersee Seejahr 1995 / 96 an den Stationen Fischbach - Uttwil (F), Langenargen - Arbon (L) und Bregenzer Bucht (B)

Meßwerte in "0" m	F	L	B
Temperatur in °C			
Maximum	24,0	22,9	21,8
Minimum	4,7	4,6	4,7
Sauerstoff in mg O2 l^{-1}			
Maximum	16,6	15,4	15,5
Minimum	9,6	7,5	9,4
Leitfähigkeit bei 20 °C in µS cm^{-1}			
Maximum	294,0	293,0	334,0
Minimum	236,0	242,0	280,0
pH in pH - Einheiten			
Maximum	8,7	8,8	8,6
Minimum	8,1	8,1	8,0
Orthophosphat in mg PO_4-P m^3			
Maximum	17,0	19,0	11,0
Minimum	0,0	2,0	2,0
Phosphor gelöst in mg P m^3			
Maximum	21,0	23,0	13,0
Minimum	3,0	5,0	3,0
Phosphor total in mg P m^3			
Maximum	24,0	28,0	30,0
Minimum	8,0	9,0	11,0
Nitrat in mg NO_3-N m^3			
Maximum	1000,0	1230,0	1020,0
Minimum	490,0	520,0	380,0
Ammonium in mg NH_4-N m^3			
Maximum	50,0	40,0	60,0
Minimum	0,0	0,0	10,0
Eisen total in mg Fe m^3			
Maximum	182,0	40,0	-
Minimum	12,0	9,0	-
Kohlenstoff anorg. in mmol C l^{-1}			
Maximum	2,5	2,5	4,4
Minimum	2,0	2,1	2,1
Phosphor partik. in mg P m^3			
Maximum	7,0	20,0	20,0
Minimum	2,0	1,0	7,0
Stickstoff partik. in mg N m^3			
Maximum	80,0	80,0	-
Minimum	10,0	10,0	-

Meßwerte in Seebodennähe	F	L	B
	250 m	200 m	60 m
Temperatur in °C			
Maximum	5,3	5,0	6,1
Minimum	4,4	4,3	4,6
Sauerstoff in mg O_2 l^{-1}			
Maximum	10,1	10,7	12,0
Minimum	5,9	6,7	8,0
Leitfähigkeit bei 20 °C in µS cm^{-1}			
Maximum	303,0	302,0	339,0
Minimum	295,0	295,0	319,0
pH in pH - Einheiten			
Maximum	8,1	8,1	8,3
Minimum	7,8	7,8	8,0
Orthophosphat in mg PO_4-P m^3			
Maximum	40,0	36,0	21,0
Minimum	16,0	17,0	8,0
Nitrat in mg NO_3-N m^3			
Maximum	1050,0	1020,0	1200,0
Minimum	830,0	870,0	840,0
Ammonium in mg NH_4-N m^3			
Maximum	30,0	10,0	20,0
Minimum	0,0	0,0	10,0
Eisen total in mg Fe m^3			
Maximum	208,0	150,0	-
Minimum	11,0	12,0	-
Kohlenstoff anorg. In mmol C l^{-1}			
Maximum	2,7	2,7	3,9
Minimum	2,5	2,5	1,3
Phosphor total in mg P m^3			
Maximum	71,0	53,0	34,0
Minimum	21,0	25,0	21,0

Tabelle 4: Seekenndaten
Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1995 (Meßdaten vom 09.01.95 bis 23.01.96)
I bis XII: Monate 1995; I-III, I-94: Januar 1996, * von V - VIII keine Werte

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn bis Ende Seejahr	09.01 bis 18.07 1995	18.07 bis 23.01 1996
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 09.01.95	Ende 23.01.96	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^9 kcal	22,6 3,3	VII I96	11,2 4,2	IX I	766,4	661,0	3670,5 661,0	VIII I96	2363,7 354,8	VIII I96	-105	+2818	-2924
Sauerstoff (a) mg l^{-1}, (b) t	12,8 7,9	IV VIII	12,3 3,3	III VII	2249,9	2102,3	2330,1 1387,0	III VIII	1331,6 1017,1	IV XI	-147	-410	+262
Orthophosphat - P (a) mg m^{-3}, (b) t *	26,0 1,0	I IV	327,0 1,0	X IV	4,8	2,7	6,4 1,4	X III	2,7 0,1	I IV	-2	-	-
Phosphor, hydrolisierb. (A) mg m^{-3}, (b) t *	10,0 3,0	III XII,I96	16,0 2,0	X XII	1,2	0,7	1,7 0,6	III XII	1,0 0,4	XI I96	0	-	-
Phosphor, gelöst (a) mg m^{-3}, (b) t *	33,0 6,0	XI IX	343,0 8,0	X IV	61,0	3,4	7,5 1,5	X IV	3,4 0,6	I IX	-3	-	-
Phospher, partikulär (a) mg m^{-3}, (b) t *	16,0 5,0	II X,XII	23,0 8,0	IX IV	1,7	1,3	2,8 0,9	II XII	1,6 0,6	II XII	0	-	-
Phopshor, total (a) mg m^{-3}, (b) t *	42,0 15,0	I,XI X	361,0 16,0	X IV	7,8	4,6	8,9 3,2	IX IV	4,4 1,6	I X	-3	-	-
Nitrat - N (a) mg m^{-3}, (b) t	1570,0 740,0	III VII	2450,0 970,0	I96 VII	261	244	296,8 137,1	III VII	196,6 65,8	III VII	-16	-194	+178
Nitrit - N (a) mg m^{-3}, (b) t	21,0 3,0	IX VIII	33,0 6,0	VIII X	1,8	1,8	5,1 1,4	IX XII	2,1 0,8	XI I96	0	-2	+2
Ammonium - N (a) mg m^{-3}, (b) t	70,0 0,0	V,VIII XII	770,0 10,0	X I-III	1,8	3,6	14,8 1,5	V XII	7,4 0,8	V,IX I96	-2	+2	-2
Silikat (SiO_2) (a) mg l^{-1}, (b) t	3,5 0,9	XII VIII	10,3 2,2	X IV	638,8	632,6	649,0 379,4	XII IV	363,2 134,3	I VIII	-6	-144	+138
Calcium (a) mg l^{-1}, (b) t	56,2 36,4	VII VIII	70,0 44,0	I96 IX	8655,0	1021,1	1048,1 808,9	VII VIII	5854,2 4133,4	III VIII	-7634	-565	-7068
Magnesium (a) ml l^{-1}, (b) t	11,64 0,0	IV VII	9,8 3,0	IV IX	1436,4	1231,2	2012,0 110,4	IV VII	1187,0 40,5	IV VII	-205	-1325	+1120
Chlorid (a) mg l^{-1}, (b) t	10,5 4,6	III VI	13,2 6,8	II IX	1873,4	1600,4	1957,6 1027,5	III VI	1108,9 553,9	III VI	-273	-804	+531

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn bis Ende Seejahr	09.01 bis 18.07 1995	18.07 bis 23.01 1996
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 09.01.95	Ende 23.01.96	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Eisen total (a)mg m^{-3}, (b) t	41,0 9,0	IV VII,VIII	195,0 14,0	I96 V	5,7	7,8	7,8 2,9	I96 V	4,0 1,5	IV V	+2	-3	+5
Kohlenstoff anorg. (a) mg l^{-1}, (b) t	32,8 23,7	III VII	39,6 29,1	I96 XI	5390,5	5860,5	6153,6 5138,7	III VIII	3510,0 2637,6	III VIII	+470	+26	+444
Alkalinität (a) mmol l^{-1},(b)10^3kmol	2,7 1,9	III VIII	3,2 2,4	I96 IX	443,6	486,7	509,2 420,3	III VIII	290,5 220,5	III VIII	+43	+7	+35
UV - Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,565 0,175	I,II VIII	0,685 0,181	II VI									
elektr. Leitfähigkeit μS cm^{-1}, 20°C	326,0 242,0	IV VIII	412,0 267,0	I96 III									
pH - Wert	8,6 8,0	VIII VIII	8,3 7,6	IV VII									
Chlorophyll (a+b+c) **Mittelw.0-20m**,mg m^{-3}	17,5 1,3	III VI											

Tabelle 5: SEEKENNDATEN
Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1995 (Meßdaten vom 16.01.95 bis 22.01.96)
I bis XII: Monate 1995; I-96: Januar 1996

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn bis Ende Seejahr	16.01 bis 31.07 1995	31.07 bis 16.01 1996
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 16.01.94	Ende 22.01.95	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10^9 Kcal	23,1 3,5	VII I	8,7 3,5	IX I	167,2	190,4	881,7 167,2	VII I	474,8 72,1	VIII I	+23	+714	-691
Sauerstoff (a) mg l^{-1} (b) t	15,9 8,6	V VII	11,7 0,6	III X	5286,8	5047,1	6136,4 3197,2	V VIII	3054,2 1837,2	V VIII	-239	-1437	+1198
Orthophosphat - P (a) mg m^{-3}, (b) t	38,0 1,0	V VII	61,0 8,0	X III	5,9	5,1	5,9 3,0	I VIII	3,0 0,3	II VII,IX	0	-3	+3
Phosphor, hydrolisierb. (A) mg m^{-3}, (b) t	14,0 0,0	VII VII	18,0 1,0	X V	1,8	1,7	3,5 1,0	VII III,IV	0,9 0,3	VI XIII	0	-1	+1
Phosphor, gelöst (a) mg m^{-3}, (b) t	20,0 3,0	VII VII	79,0 10,0	X III	7,8	6,8	8,9 4,4	II VIII	3,8 0,8	II VII	-1	-3	+2
Phosphor, partikulär (a) mg m^{-3}, (b) t	21,0 2,0	IV I	30,0 4,0	III I,II	1,0	1,7	6,2 1,0	IV I	3,7 0,4	III I	+1	+3	-2
Phopshor, total (a) mg m^{-3}, (b) t	47,0 10,0	V X	91,0 20,0	X IV	8,7	8,5	11,6 8,1	VII IX	5,8 2,2	V X	0	0	0
Nitrat - N (a) mg m^{-3}, (b) t	1050,0 440,0	II VIII	1500,0 560,0	I96 X	467,3	519,1	519,1 308,4	I96 VIII	215,9 92,8	II VII	+52	-99	+146
Nitrit - N (a) mg m^{-3}, (b) t	19,0 1,0	VIII III	70,0 2,0	VI VII	3,7	4,3	12,7 0,6	VII IV	3,1 0,3	VII III	+1	-1	+2
Ammonium - N (a) mg m^{-3}, (b) t	90,0 11,0	VI VII	92,0 12,0	X VII	12,0	22,1	41,1 7,2	VI VII	18,6 3,2	VI VIII	+10	-5	+15
Silikat (SiO_2) (a) mg l^{-1}, (b) t	- -	- -	- -	- -	-	1338,5	- -	- -	- -	- -	-	+166	-
Calcium (a) mg l^{-1} (b) t	50,4 36,4	IV,V VIII	54,4 48,2	I96 XII	2255,0	2305,8	2510,0 2053,6	VI VIII	1050,2 765,0	VI VIII	+50	-38	+88
Magnesium (a) mg l^{-1}, (b) t	9,6 7,2	V VIII	9,1 8,2	V III	405,1	399,2	457,8 367,9	V VIII	196,5 151,6	V VIII	-6	0	-6
Chlorid (a) mg l^{-1}, (b) t	6,8 4,2	II,IV VII,VIII	8,0 5,6	III IX	2798,0	3099,0	3101,0 2238,0	IV IX	140,2 911,0	IV VIII,IX	+301	-296	+597

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10m)		Seebodennähe (1m über Grund)		See total				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn bis Ende Seejahr	10.01 bis 25.07 1994	25.07 bis 16.01 1995
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 10.01.94	Ende 16.01.95	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Eisen total (a) mg m^{-3}, (b) t	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Kohlenstoff anorg. (a) mg l^{-1}, (b) t	29,9 21,9	IV VIII	32,6 27,8	X XI	1334,4	1363,9	1500,0 1250,4	VI VIII	625,6 460,8	VI VIII	+29	-6	+35
Alkalinität (a) mmol l^{-1} (b) 10^3 kmol	2,5 1,8	IV VIII	2,6 2,2	VII IV	110,5	112,1	123,6 110,1	VI XII	51,8 38,9	IV VIII	+2	+12	-10
UV - Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,122 0,028	VII IV	0,039 0,033	III VII,VIII									
elektr. Leitfähigkeit μS cm^{-1}, 20°C	299,0 231,0	IV VIII	326,0 290,0	I96 VI									
pH - Wert	8,7 8,0	VII I	8,2 7,7	III VII									
Chlorophyll (a+b+c), mg/m^3	11,5 1,4	IV I	5,8 0,2	III VII									

Tabelle 6

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee - Untersees Seejahr 1995 / 96 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

Meßwerte in "0" m	Z	R
Temperatur in °C		
Maximum	22,6	23,1
Minimum	3,9	3,5
Sauerstoff in mg O2 l^{-1}		
Maximum	12,8	12,9
Minimum	9,5	8,7
pH in pH - Einheiten		
Maximum	8,5	8,7
Minimum	8,0	8,0
Orthophosphat in mg PO_4-P m^3		
Maximum	25,0	38,0
Minimum	1,0	2,0
Phosphor partikulär mg P m^3		
Maximum	15,0	15,0
Minimum	5,0	2,0
Nitrat in mg NO_3-N m^3		
Maximum	1600,0	1050,0
Minimum	540,0	450,0
Ammonium in mg NH_4-N m^3		
Maximum	70,0	90,0
Minimum	10,0	11,0
Eisen total in mg Fe m^3		
Maximum	34,0	--
Minimum	9,0	--

Meßwerte in Seebodennähe	Z	R
	22 - 24 m	44 - 46 m
Temperatur in °C		
Maximum	11,1	7,5
Minimum	4,2	6,6
Sauerstoff in mg O_2 l^{-1}		
Maximum	12,3	9,6
Minimum	1,4	5,8
pH in pH - Einheiten		
Maximum	8,2	8,1
Minimum	7,5	7,1
Orthophosphat in mg PO_4-P m^3		
Maximum	327,0	31,0
Minimum	1,0	13,0
Nitrat in mg NO_3-N m^3		
Maximum	1910,0	980,0
Minimum	120,0	900,0
Ammonium in mg NH_4-N m^3		
Maximum	770,0	62,0
Minimum	10,0	13,0
Eisen total in mg Fe m^3		
Maximum	127,0	--
Minimum	14,0	--

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg:	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg Kernerplatz 9 D-70182 Stuttgart
Bayern:	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstraße 67 D-80636 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.