

Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 19

Jahresbericht Januar 1991 bis März 1992

– Freiwasser, Pestizide –

ISSN 1011-1271

Internationale Gewässerschutzkommission
für den
Bodensee

LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES

Nr. 19

Jahresbericht Januar 1991 bis März 1992
– Freiwasser, Pestizide –

Bearbeiter: H. Müller

– 1993 –

VORWORT

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 1991/92. Die allgemeinen Grundlagen und limnologischen Zusammenhänge, die zum Verständnis dieses Berichtes notwendig sind, wurden im Bericht Nr. 9: Limnologischer Zustand des Bodensees - Grundlagen (Stand 1984) dargestellt.

Am Bericht haben mitgearbeitet:

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

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

Vorarlberger Umweltschutzanstalt in Bregenz:

Untersuchungen des Chemismus in der Bregenzer Bucht

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

Datenverarbeitung

Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau, Frauenfeld:

Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus und des Phytoplanktons im Untersee-Rheinsee.

Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Langenargen:

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

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

I N H A L T

	Seite	Abb.	Tab.
Einleitung	5	1	1
Zustandsbeschreibung für das Seejahr 1991/92 (Obersee und Untersee)	6		
Langfristige Entwicklung von			
Phosphor (Obersee)		2A	
Stickstoff (Obersee)		2C	
Chlorid (Obersee)		2C	
Sauerstoff (Obersee)		2B	
Phytoplankton (Obersee)		3	
Zooplankton (Obersee)		4	
Phytoplankton (Untersee: Zellersee)		5	
Obersee:			
Abbildungen und Tabellen			
Witterung	6		
Wasserstände	7		
Thermik	8,9		2
Sauerstoff	10,11		2
Orthophosphat	12,15,23		2
Andere Phosphorverbindungen	13,14,15,23,24		2
Nährstoffinhalt	15,23		2
Nitrat	16,23		2
Nitrit	17,23		2
Ammonium	18,23		2
Stickstoff partikulär	19,24		2
Silikat	20,23		
Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	21,22,23		2
Eisen und Mangan	25		2
Gelöste organische Stoffe			2
Weitere Stoffdaten			2
Phytoplankton	26 - 28		
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
Gelöste organische Stoffe		4		5
Weitere Stoffdaten		4		5
Phytoplankton	50-52, 71	4	70, 71	5

**Vergleich des limnologischen
Zustandes an verschiedenen
Untersuchungsstationen im**

Obersee	Tab. 3
Untersee	Tab. 6

Anhang

Orientierende Untersuchung auf Pestizide im Bodensee

Auskünfte

E I N L E I T U N G

Der Bericht zum Seejahr 1991/92 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) 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.

Z U S T A N D S B E S C H R E I B U N G F Ü R D A S S E E J A H R 1991/1992

B o d e n s e e - O b e r s e e:

Die Phosphorkonzentration sank im Seejahr 1991/92 nur mehr geringfügig unter das Niveau des Vorjahres und betrug im Frühjahr 1992 noch 32 mg/m^3 . (1991: 33 mg/m^3). Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - ist im Jahre 1991 leicht angestiegen. Die Biomasse des Phytoplanktons blieb 1991 erneut deutlich unter dem Vorjahreswert und erreichte damit den geringsten Gehalt seit Mitte der 60er Jahre. Die Sauerstoffverhältnisse im See haben sich nach mehreren ungünstigen Jahren weitgehend erholt. Insbesondere die Versorgung der grundnahen Wasserschichten mit Sauerstoff war das ganze Jahr über besser als 1990.

Die hydrologische Situation des Sees ist 1991 im Vergleich zum Vorjahr durch ein kaltes Frühjahr - insbesondere in den ersten beiden Maidekaden -, einen wärmeren Sommer und einen milderen Winter 1991/92 beeinflusst worden. Nur in der letzten Januar-Dekade 1992 trat starker Frost auf, während dies 1991 auch noch in den ersten beiden Dekaden des Februars der Fall war.

Nach der im vorangegangenen Winter eingetretenen Vollzirkulation kühlte sich das Wasser an der tiefsten Stelle zwischen 240 und 252 m Tiefe Ende März 1991 bis auf minimal $4,25^\circ \text{C}$ ab und nahm dann bis Mitte Januar 1992 allmählich bis auf $4,49^\circ \text{C}$ zu. Infolge des warmen Sommers, der eine stärkere Hauptschichtung verursachte, drang die vertikale Zirkulation im Winter 1992 nur bis max. 170 m Tiefe (Mitte Februar) ein. Diese von der Zirkulation erfaßte Schicht hatte eine Temperatur von $4,45^\circ \text{C}$. Darunter nahm die Temperatur an der tiefsten Stelle bis auf $4,30^\circ \text{C}$ in der bodennahen Wasserschicht ab und behielt diesen Wert bis Anfang April bei. Die Vollzirkulation blieb aus. Durch Erwärmung entwickelte sich bereits Anfang März 1992 eine schwache Oberflächenschichtung, die Anfang April in die Entwicklung der Hauptschichtung überging.

Die Konzentration des Gesamtphosphors im Rohwasser betrug im Frühjahr 1992 während der Monate Februar bis Anfang April im Mittel 32 mg/m^3 (Abb.2A).

Gemessen an dem entsprechenden Vorjahreswert von 33 mg/m³ ist die seit 10 Jahren beobachtete Phosphorabnahme beinahe zum Stillstand gekommen.

Der Orthophosphat-Phosphor wurde von Anfang Juni bis Anfang August in begrenzten Tiefenbereichen der Produktionszone bis auf 1 mg/m³ und darunter aufgezehrt (1990 von Anfang Juli bis Anfang August und 1989 von Anfang Juni bis Anfang November).

Der **anorganische Stickstoff** (N aus NO₃⁻+NO₂⁻+NH₄⁺) mit Nitrat als Hauptkomponente hat 1991 im Jahresmittel (volumengewichtet) geringfügig auf 0,98 g/m³ zugenommen (1990: 0,96 g/m³; 1989: 0,94 g/m³; Abb. 2C).

Chlorid als Indikator vielfältiger Salzbelastungen wies 1991 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von 5,6 g/m³ auf. Damit hat es nach vorübergehender leichter Abnahme wieder etwas zugenommen, liegt aber immer noch unter dem bisherigen Höchstwert von 6,0 g/m³, der 1987 gemessen wurde (Abb. 2C).

Die **Sauerstoffsituation** des Obersees war im Jahre 1991 erneut etwas günstiger als im Vorjahr. Insbesondere die Sauerstoffkonzentrationen über Grund in Seemitte lagen mit einem Minimalwert von 5,0 mg/l im September stets über den entsprechenden Vorjahreswerten (Abb. 2B). Im März 1992 stieg die Sauerstoffkonzentration über Grund erstmals wieder über 10 g/m³, eine Konzentration, die in dieser Höhe und an dieser Stelle letztmals im Mai 1985 gemessen worden war.

Der durchschnittliche Sauerstoffinhalt des Obersees der Monate März und April 1992 lag bei 513.000 Tonnen. Er übertraf damit die teilweise sehr ungünstigen Werte der Jahre 1989 bis 1991 (1989: 464.000, 1990: 506.000 und 1991: 470.000 Tonnen) und näherte sich wieder dem Sauerstoffinhalt Mitte der 80er Jahre (1984: 547.000 Tonnen).

Insgesamt ergibt sich aus der jüngsten Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes des Sees eine spürbare Erholung in der Versorgung der grundnahen Wasserschichten. Diese Entwicklung zeigt, daß sich der See von den Folgen vorangegangener warmer und windarmer Winter weitgehend erholt hat.

Das **Phytoplankton** erreichte 1991 im Jahresmittel eine Biomasse von $11,7 \text{ g/m}^2$ (0 - 20 m Tiefe). Damit lag es deutlich unter den Werten der Vorjahre (1990: $16,3 \text{ g/m}^2$; 1989: $25,1 \text{ g/m}^2$). Die durchschnittliche Biomasse lag somit im Bereich der Mitte der 60er Jahre gefundenen Werte. Dieser Rückgang im Vergleich zum Vorjahr ist vor allem auf das relativ schwache Frühjahrsmaximum Anfang Mai zurückzuführen, das nur $28,4 \text{ g/m}^2$ erreichte (1990: $43,4 \text{ g/m}^2$). Die zu dieser Zeit sehr kühle Witterung hat dazu sicher erheblich beigetragen. Im Jahreslauf folgten noch vier weitere Maxima, wobei die sommerliche Entwicklung Mitte August zum Jahreshöchstwert von $40,8 \text{ g/m}^2$ führte (Abb. 27).

Die Frühjahrsblüte wies im Gegensatz zum Vorjahr (überwiegend Cryptophyceen) eine ausgeglichene Zusammensetzung ohne Dominanz einer bestimmten Algengruppe auf. Im Juni traten die Cryptophyceen in den Vordergrund. Während des Sommermaximums zeigte sich eine im Vergleich zu den Vorjahren weiter zunehmende Tendenz für die Cryptophyceen und die Conjugatophyceen, während die Blaualgen weiter zurückgingen. Cryptophyceen bestimmten wieder die Entwicklung im Herbst. Anfang November war die Winterbiomasse mit ca. 4 g/m^2 erreicht.

Beim **Crustaceenplankton** hat sich der Jahresmittelwert der Gesamtanzahl auch 1991 geringfügig erhöht (Abb. 4). Wie schon im Vorjahr ist diese Erhöhung auch 1991 durch den weiterhin anhaltenden Anstieg der Copepodenbestände von 775.000 auf 820.000 Tiere pro m^2 bedingt.

Bei den Cladoceren reduzierte sich der Mittelwert der Daphnien um etwa 20%. Von der Abnahme war besonders die Daphnia-"galeata-Gruppe" betroffen. Auch bei Bosmina, Leptodora und Bythotrephes gingen die Bestände teilweise bis zu 50 % zurück.

Die Bestandsdichte der vorwiegend h e r b i v o r lebenden Copepoden wurde besonders von dem starken Rückgang der Population von Eudiaptomus gracilis beeinflußt.

Bei den Copepoden Mesocyclops leuckarti und Cyclops vicinus, deren ältere Entwicklungsstadien überwiegend c a r n i v o r leben, war eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Bei dem als o m n i v o r geltenden Cyclops abys-

sorum nahm die Population stark ab. Auch *Acanthocyclops robustus*, der bislang im Ostteil des Obersees in hohen Bestandsdichten vorkam, trat nur noch vereinzelt auf (Abb. 29 - 31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - zeigten innerhalb der Produktionszone (0 - 20 m) den üblichen Anstieg von winterlichen Minimumwerten im Bereich von $1 - 2 \times 10^6$ Bakterien/ml im April und erreichten ihr Jahresmaximum im Mai mit Populationsdichten knapp unter 10×10^6 Bakterien/ml. Nach einem ausgeprägten Minimum während des Klarwasserstadiums (3×10^6 Bakterien/ml) wurden während der Sommermonate wiederum mittlere Zelldichten im Bereich von $4 - 6 \times 10^6$ Bakterien/ml beobachtet. Danach folgte ein langsamer und stetiger herbstlicher Abfall bis zu den winterlichen Minimumwerten, die im Januar erreicht wurden (Abb. 32).

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

Die **Phosphorkonzentration** (Gesamtphosphor im Rohwasser) hat 1991 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) mit $31,7 \text{ mg/m}^3$ weiter abgenommen (1990: $34,6 \text{ mg/m}^3$; 1989: $37,6 \text{ mg/m}^3$). Eine deutliche Abnahme ergab sich im Zellersee auf $35,3 \text{ mg/m}^3$. In diesem Seeteil waren im Vorjahr noch $44,6 \text{ mg/m}^3$ und 1989 $54,5 \text{ mg/m}^3$ gemessen worden.

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$) mit Nitrat als Hauptkomponente stieg 1991 im Rheinsee leicht an. Er betrug im Jahresmittel (volumengewichtet) $0,92 \text{ mg/l}$ (1990: $0,85 \text{ mg/l}$). Im Zellersee wurde ebenfalls eine leichte Zunahme von $0,97 \text{ mg/l}$ auf $1,03 \text{ mg/l}$ beobachtet.

Die **Sauerstoffsituation** hat sich im Zellersee gegenüber dem Vorjahr weiter verbessert, im Rheinsee entsprach sie in etwa der Situation von 1990. Im Zellersee, der in der Tiefe bereits seit Jahrzehnten zeitweise völligen Sauerstoffschwund aufweist, wurde der Sauerstoff in Seebodennähe nur noch im Oktober völlig aufgezehrt (1990: August bis Oktober; 1989: Juli bis Oktober). Im Rheinsee lagen die Sauerstoffkonzentrationen in Seebodennähe im August zwischen 1 und 2 mg/l und im September und Oktober unter 1 mg/l . Im Vorjahr reichte die Phase der etwas höheren Sauerstoffkonzentration ($1 - 2 \text{ mg/l}$) bis in den September und sank erst im Oktober unter 1 mg/l . Im Jahre 1989 lagen die Sauerstoffwerte noch von Mitte August bis Anfang November unter 1 mg/l .

Beim **Phytoplankton** im Zellersee setzte sich der Trend der weiter absinkenden Biomassen fort: Im Jahr 1991 lag die Durchschnitts-Biomasse mit 15,5 g/m² (0-20 m Tiefe) deutlich unter den Werten der letzten Jahre (1990: 20,16 g/m²; 1989: 27,6 g/m²; 1988: 52,05 g/m²).

Die Frühjahrsblüte war in diesem Jahr zweigeteilt: ein erstes Maximum wurde bereits Ende Februar mit 33 g/m² erreicht, wobei hier fast vollständig die Kieselalgen dominierten. Anfang April folgte ein zweiter Peak mit 44,7 g/m², wobei sich die Cryptophyceen in den Vordergrund schoben.

Nach einem Klarwasserstadium in der zweiten Maihälfte mit 5,8 g/m² folgte Mitte Juni ein zweites Maximum mit 17,8 g/m², Ende Juli die Jahreshöchstbiomasse mit 48,8 g/m², die vor allem von Kieselalgen dominiert wurde. Ende August sank die Biomasse auf 8 g/m² ab, um dann wieder leicht auf Werte zwischen 9 und 12 g/m² anzusteigen. Dieser Wert blieb bis Ende November bestehen, dann sank die Biomasse weiter ab auf eine Winterkonzentration von ca. 4 g/m² (Abb. 51 und 52).

Bewertung und Schlußfolgerungen

Die Dank der Abwassersanierung im Einzugsgebiet des Bodensees seit Anfang der 80er Jahre zu beobachtende stetige Abnahme der Phosphorkonzentration im Bodensee-Obersee ist beinahe zum Stillstand gekommen. Bei der Algenbiomasse ist inzwischen trotz der großen Schwankungsbreite in den Vorjahren seit dem 1988 beobachteten Maximum ein eindeutiger Trend der Abnahme erkennbar. Sowohl die 1991 wieder im Konzentrationsbereich aus der Mitte der 60er Jahre liegende durchschnittliche Algenbiomasse als auch die jahreszeitliche Verteilung und das Artenspektrum der Planktonalgen kennzeichnen die Entwicklung zu nährstoffärmeren Verhältnissen. Der weitere Rückgang der Algen wurde allerdings durch die wegen des kalten Wetters schwache Frühjahrsentwicklung erheblich mitverursacht. Die potentielle Produktionskapazität des Sees würde beim derzeitigen Phosphorgehalt und günstigeren Wachstumsbedingungen immer noch viel höhere Algenbiomassen erlauben.

Die jüngste Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes des Sees läßt eine spürbare Erholung beim gesamten Sauerstoffinhalt und bei der Versorgung der grundnahen Wasserschicht erkennen. Das über mehrere Jahre beobachtete Sauerstoffdefizit hat sich erheblich vermindert. Der trotz der ausgebliebenen vertikalen Vollzirkulation im Frühjahr 1992 beobachtete starke Sauerstoffanstieg über dem Seegrund war vor allem auf die grundnahe Einschichtung kalten sauerstoffreichen Wassers zurückzuführen. Doch auch der weitere Rückgang der den See belastenden Algenbiomasse hat wesentlich zu dieser Erholung beigetragen.

Die im Berichtsjahr auch meteorologisch bedingt günstigeren Ergebnisse dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Fortsetzung der derzeit positiven See-Entwicklung nur durch weitere Absenkung der Phosphorkonzentration sichergestellt werden kann. 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.

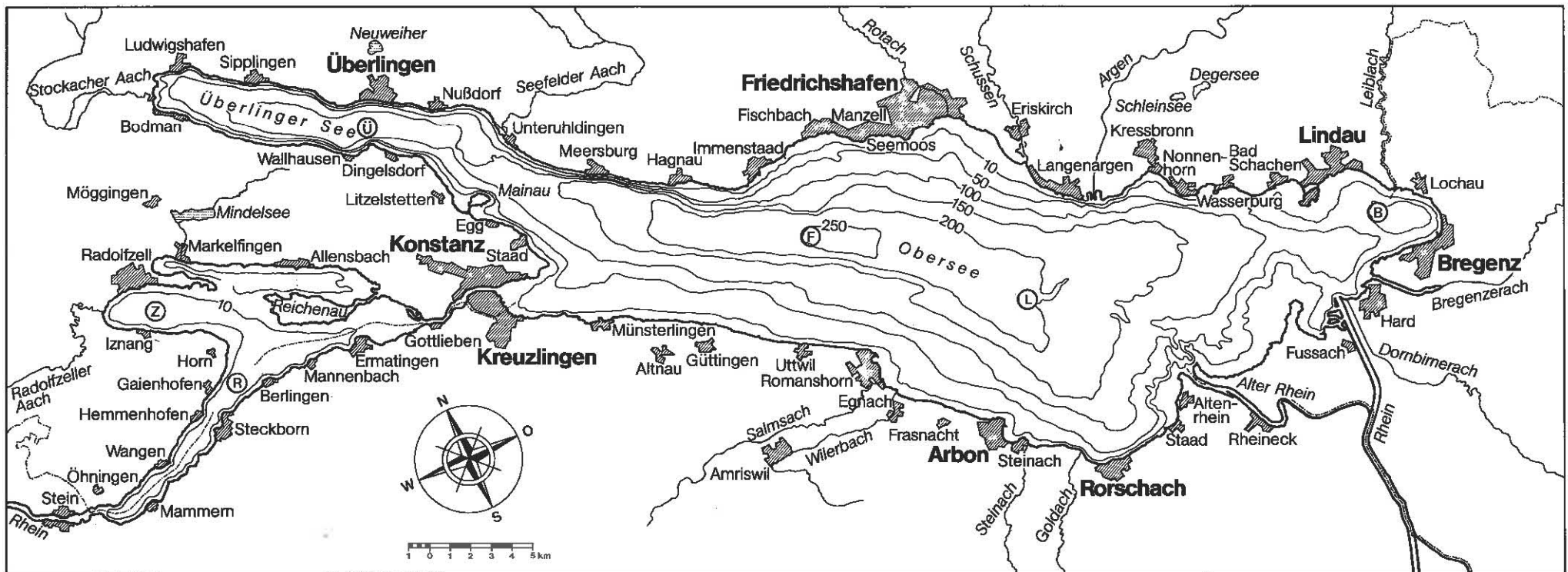


Abb. 1: Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

a) Freiwasser:

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

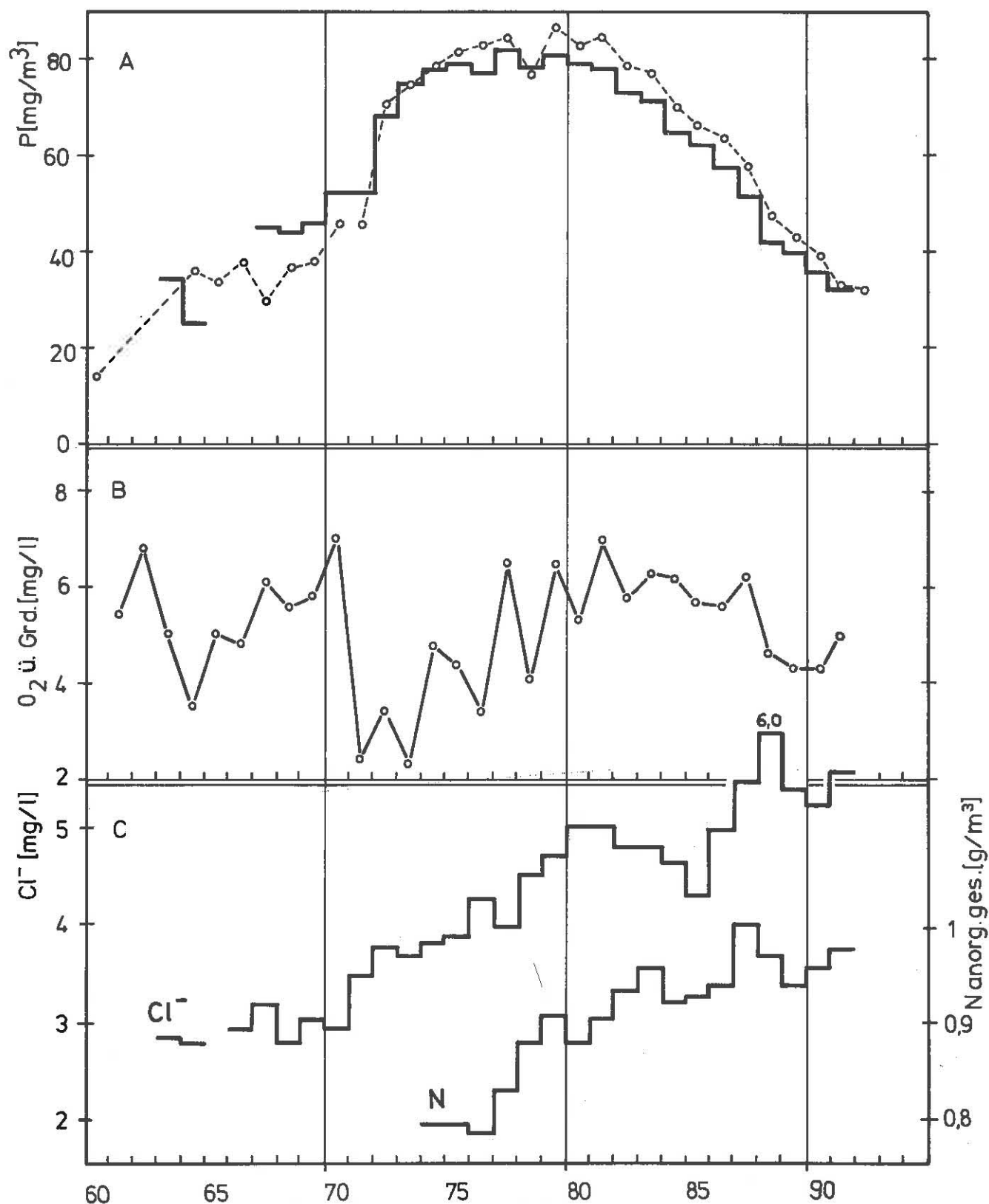


Abb. 2: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Langfristige Entwicklung der Phosphor-, Sauerstoff-,
Stickstoff-, und Chloridkonzentration.

- A. — : Gesamtphosphor im Rohwasser, Jahresmittel, volumengewichtet
 ---- : Gesamtphosphor im Rohwasser, Konzentration während der Vollzirkulation
- B. Sauerstoffkonzentration, Minimalwerte 1 m über Grund
- C. Cl⁻: Chlorid, Jahresmittel volumengewichtet
 N: Stickstoff aus NO₃⁻ + NO₂⁻ + NH₄⁺, Jahresmittel, volumengewichtet.

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

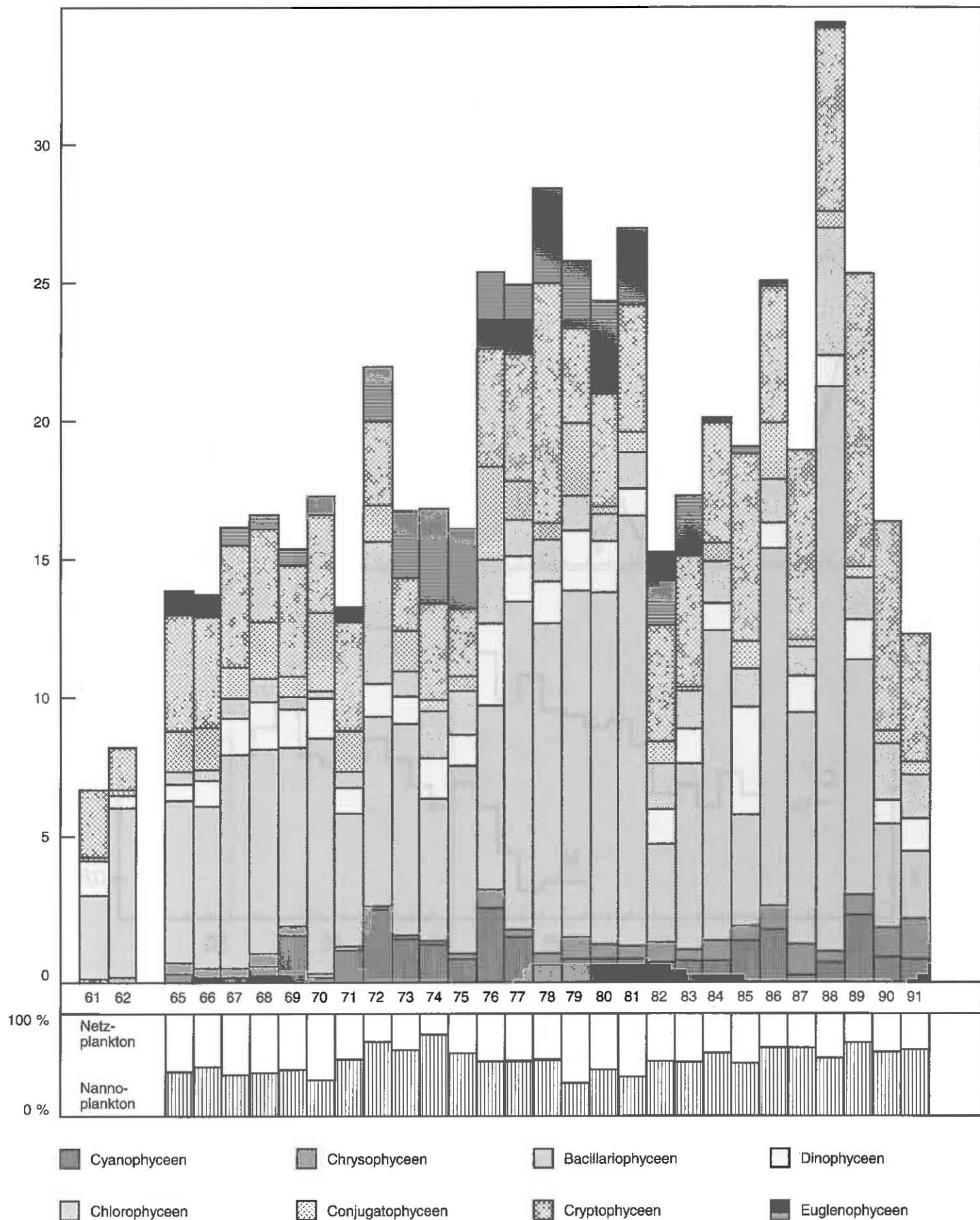
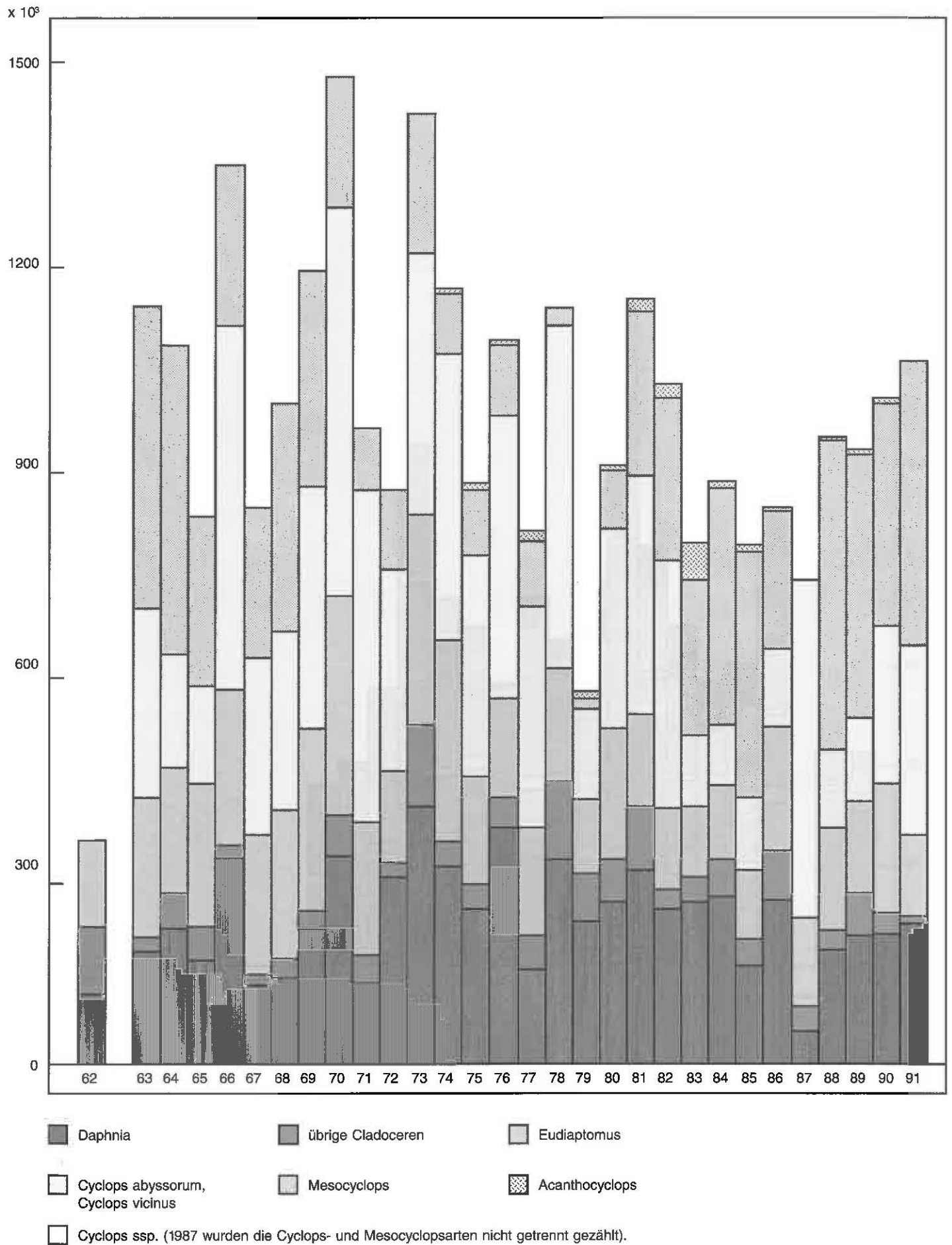


Abb. 4

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



Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe) im Jahresmittel



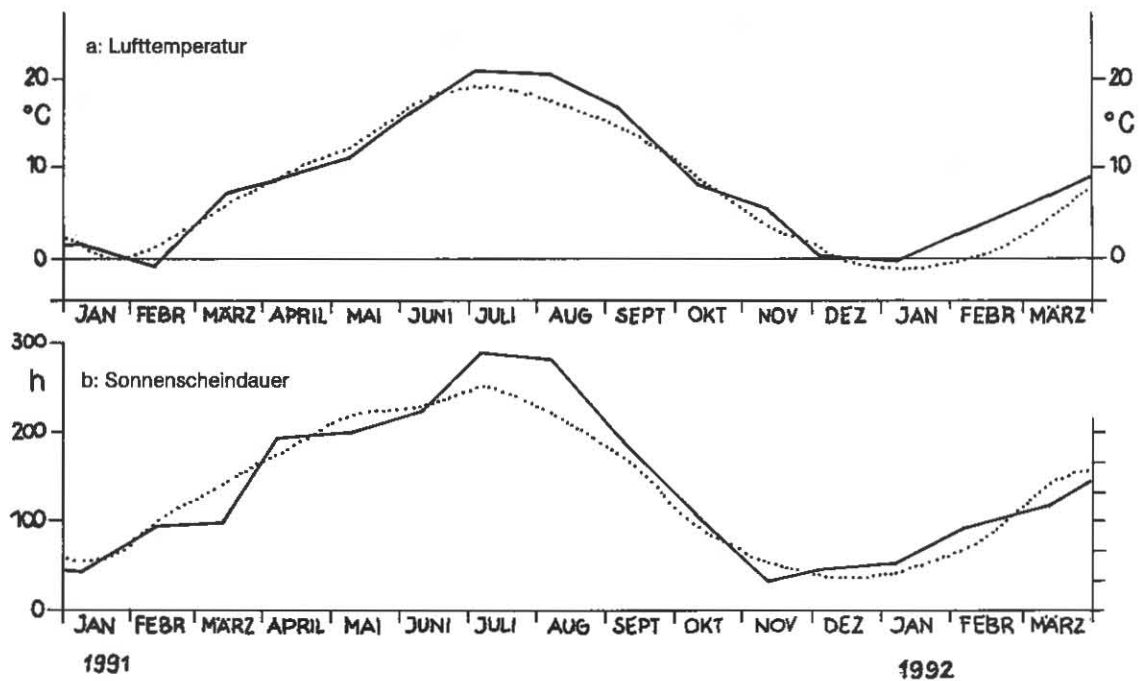


Abb. 6: Bodensee – Obersee:
 Monatliche Klimadaten der Wetterwarte Konstanz*)
 a. — Monatsmitteltemperatur
 langjährige Monatsmitteltemperatur (1931–1960)
 b. — monatliche Sonnenscheindauer in h
 langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (1951–1970)
 *) Die Wetterstation Friedrichshafen wurde aufgelöst

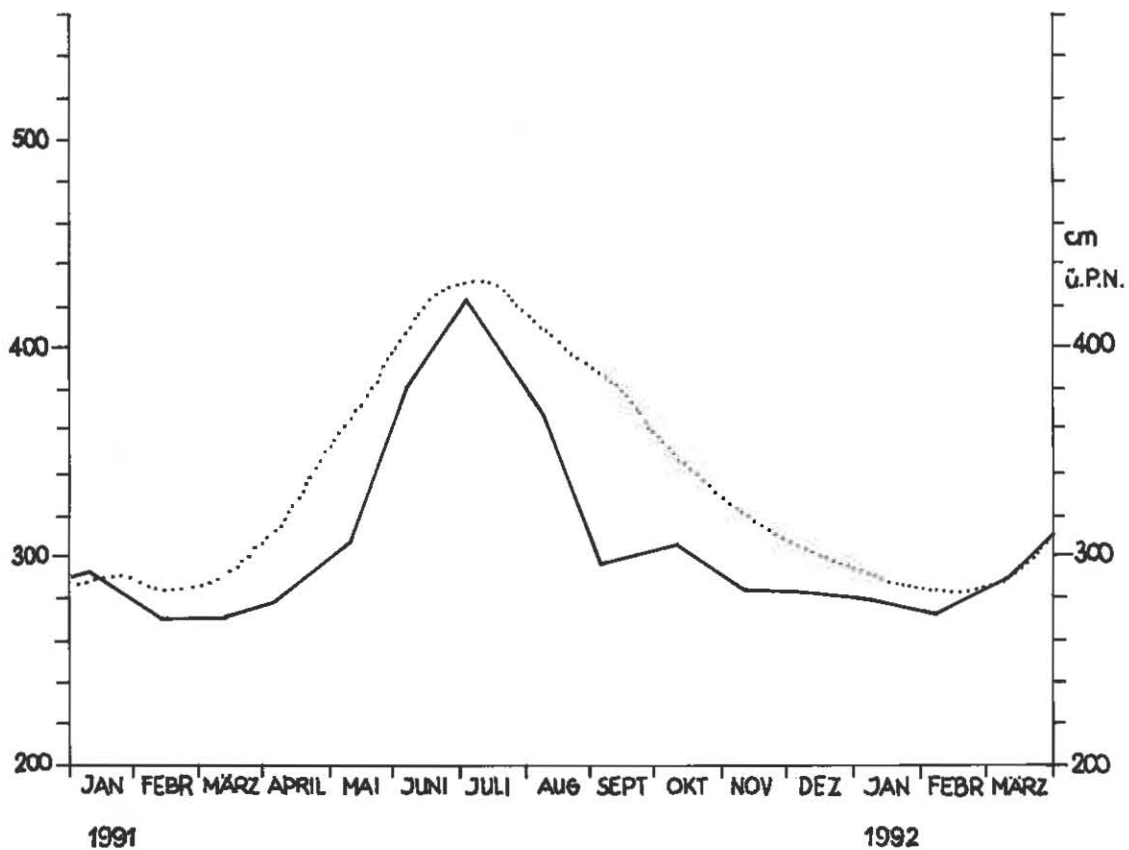


Abb. 7: Bodensee – Obersee:
 Wasserstand am Pegel Konstanz
 — mittlerer monatlicher Wasserstand
 langjähriger monatlicher Wasserstand (1877–1964)

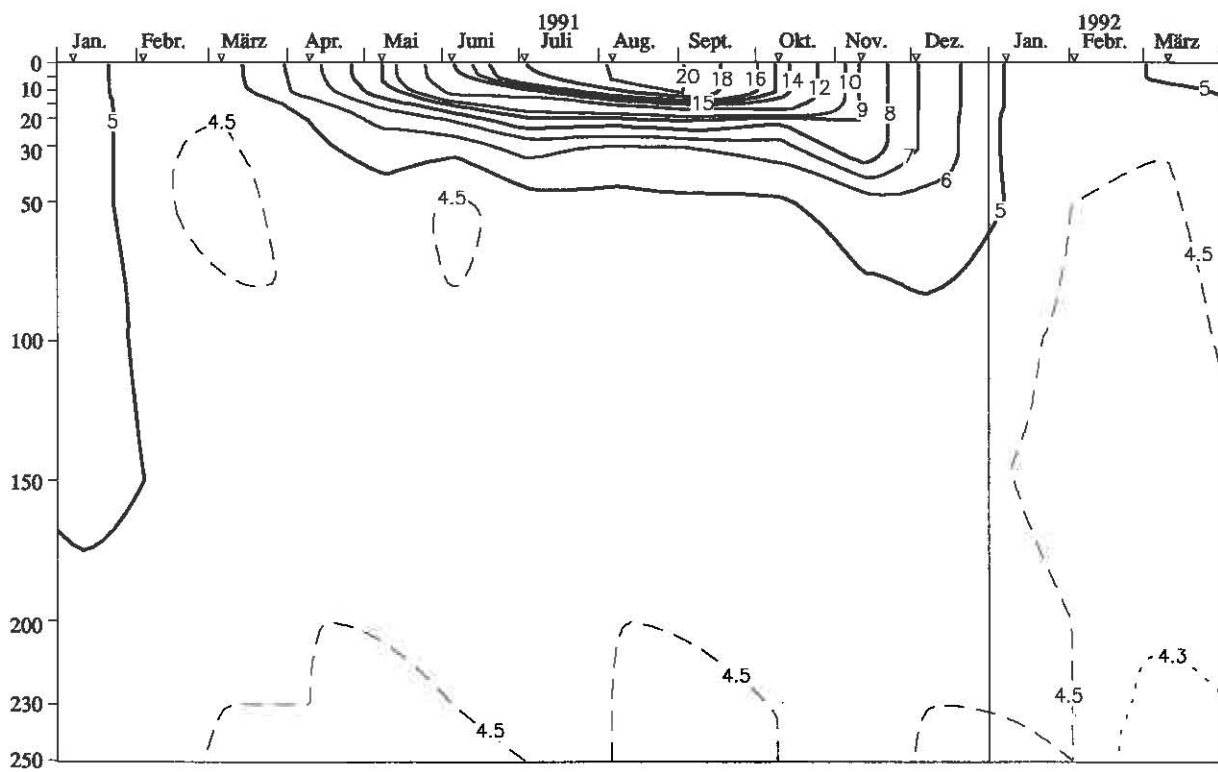


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Temperatur °C

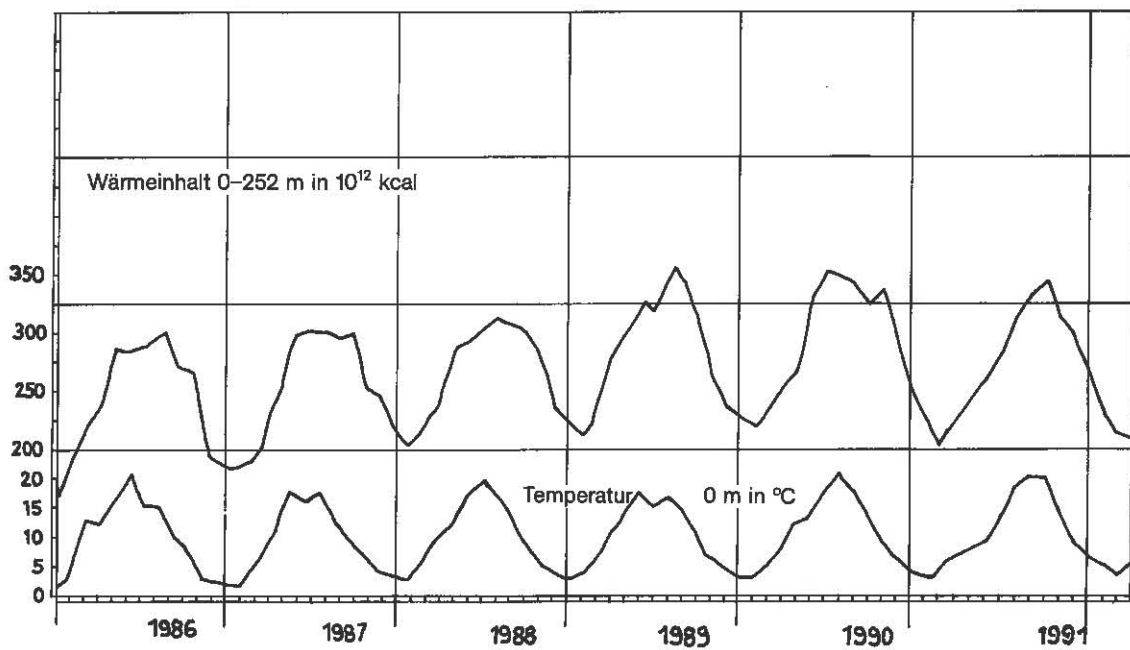


Abb. 9: Bodensee – Obersee:
Thermik

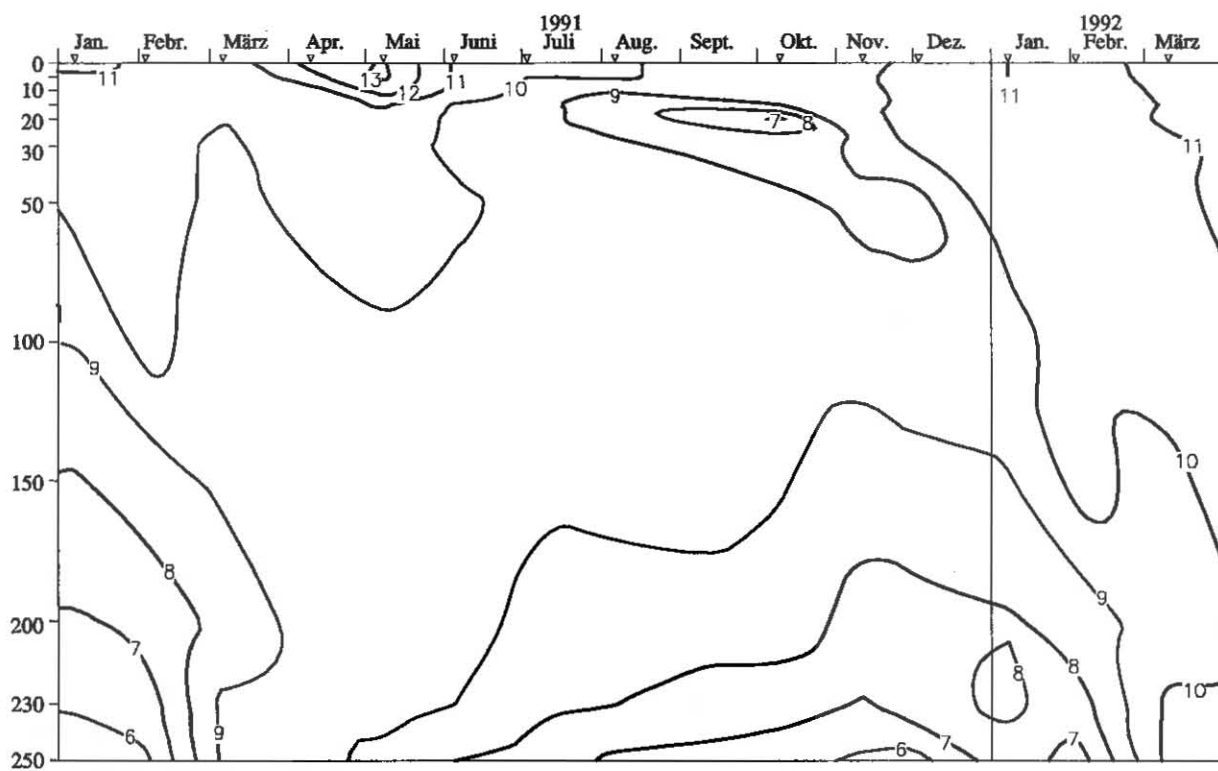


Abb. 10: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Sauerstoff (mg/l)

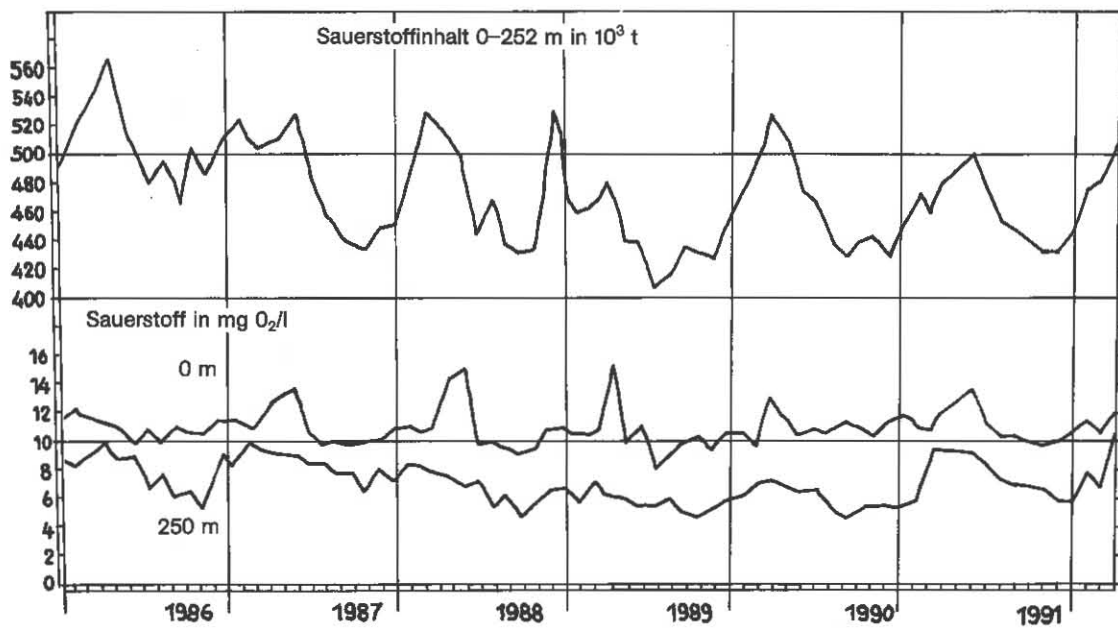


Abb. 11.: Bodensee – Obersee:
Sauerstoffinhalt 0-252 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 250 m Tiefe

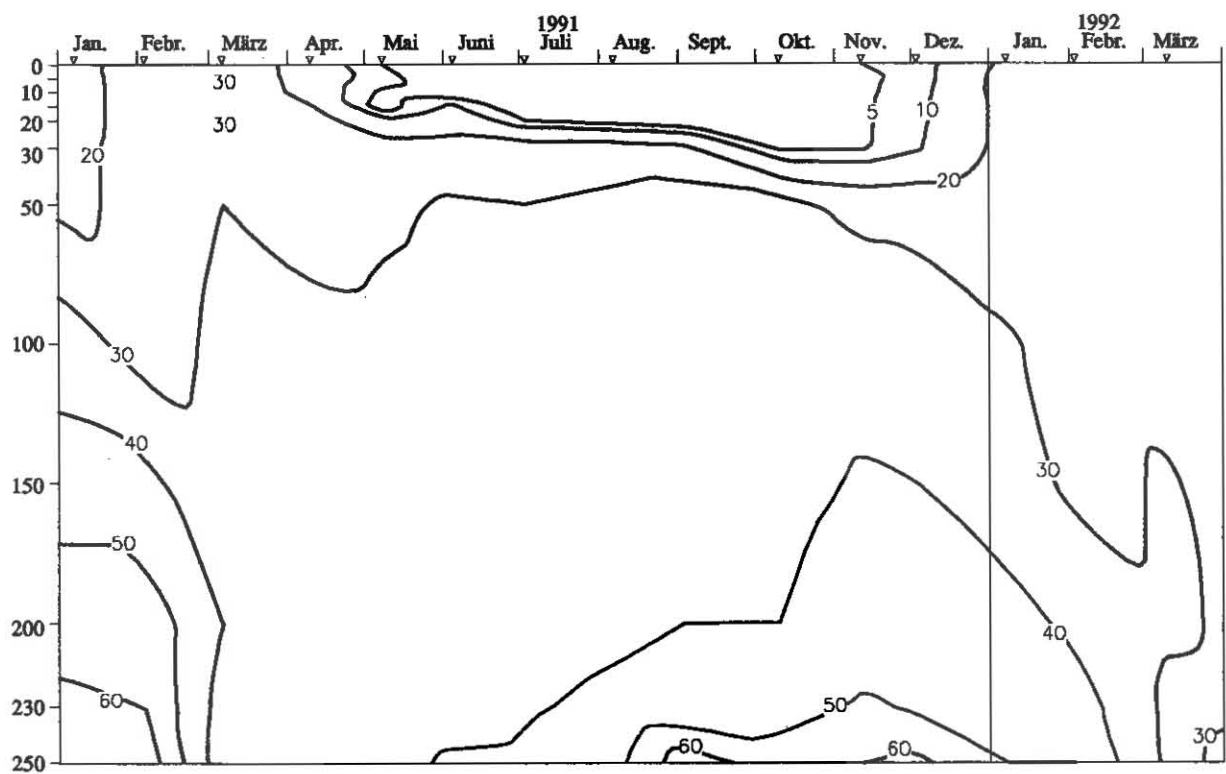


Abb. 12: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m³)

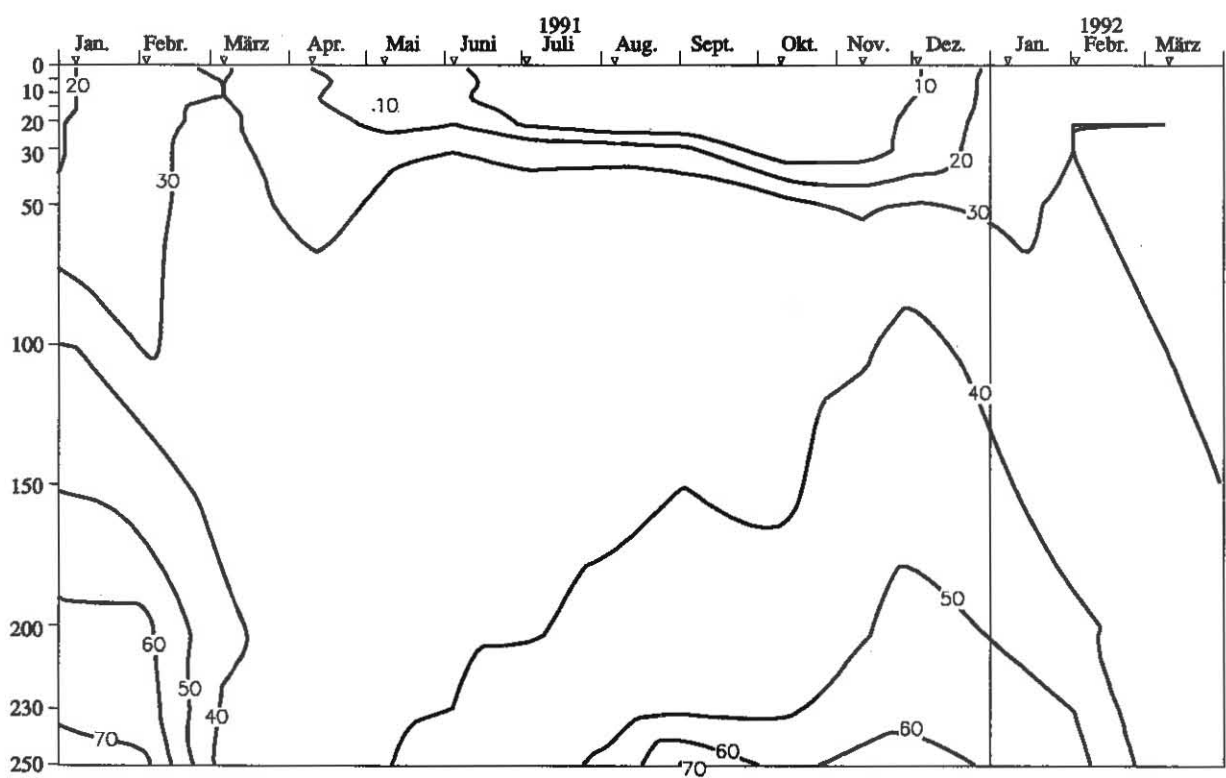


Abb. 13: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m³)

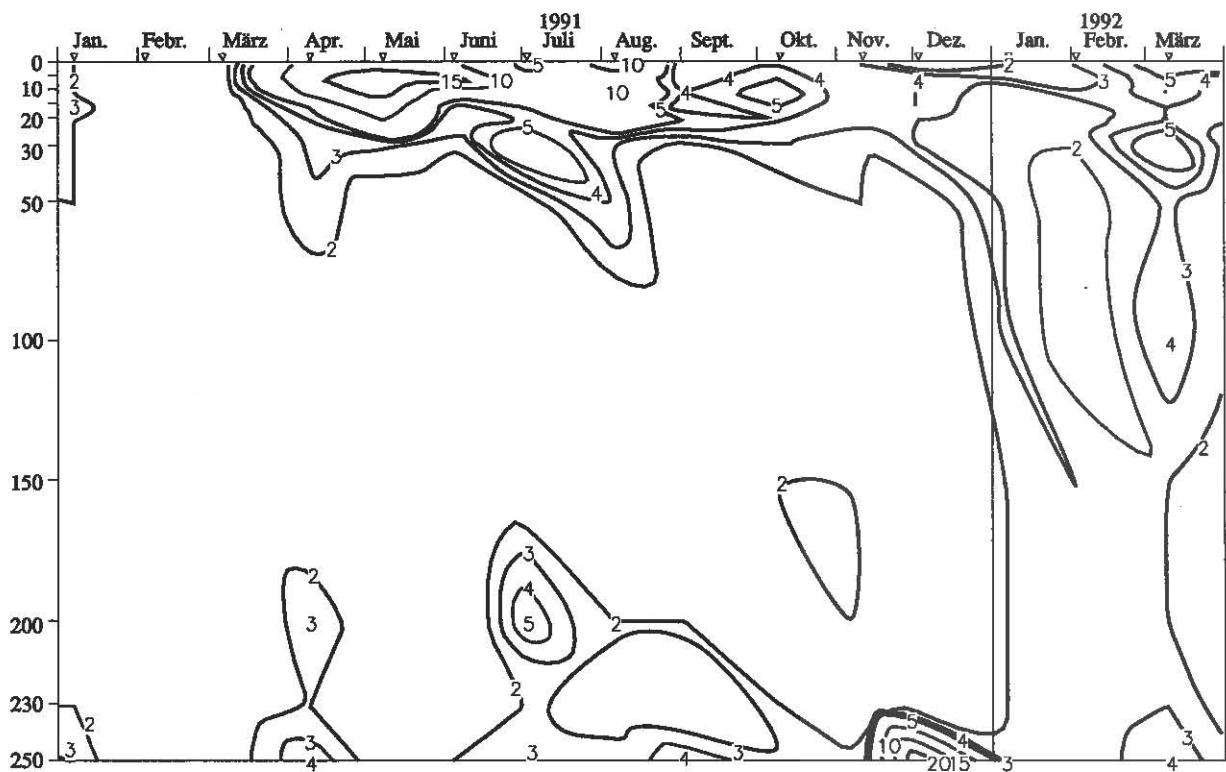


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Phosphor (mg/m³)

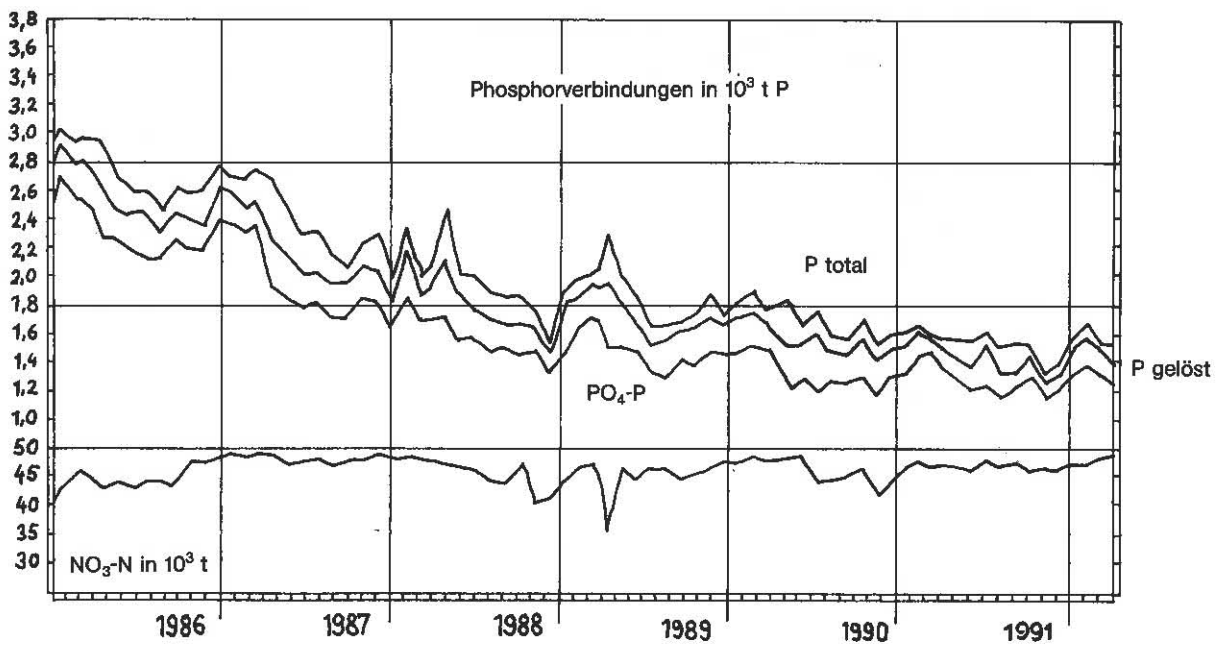


Abb. 15: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (P, NO₃-N) 0–250 m Tiefe

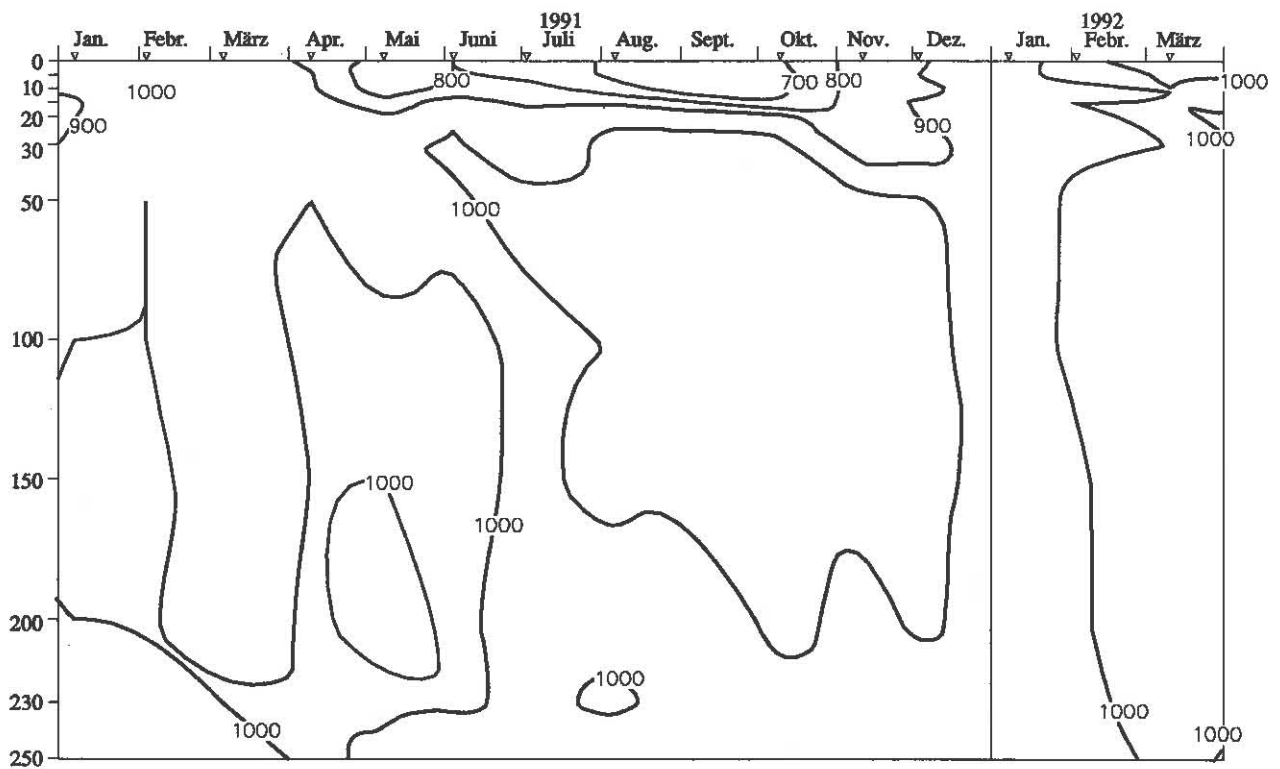


Abb. 16: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

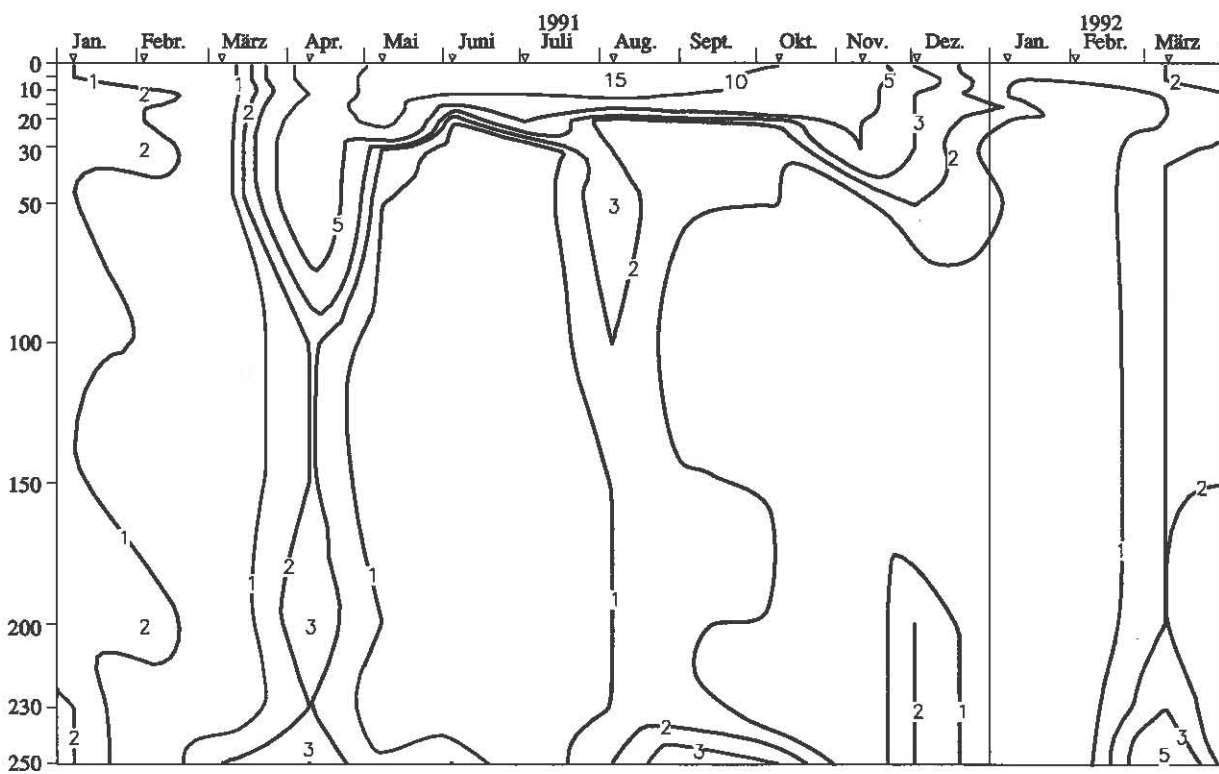


Abb. 17: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

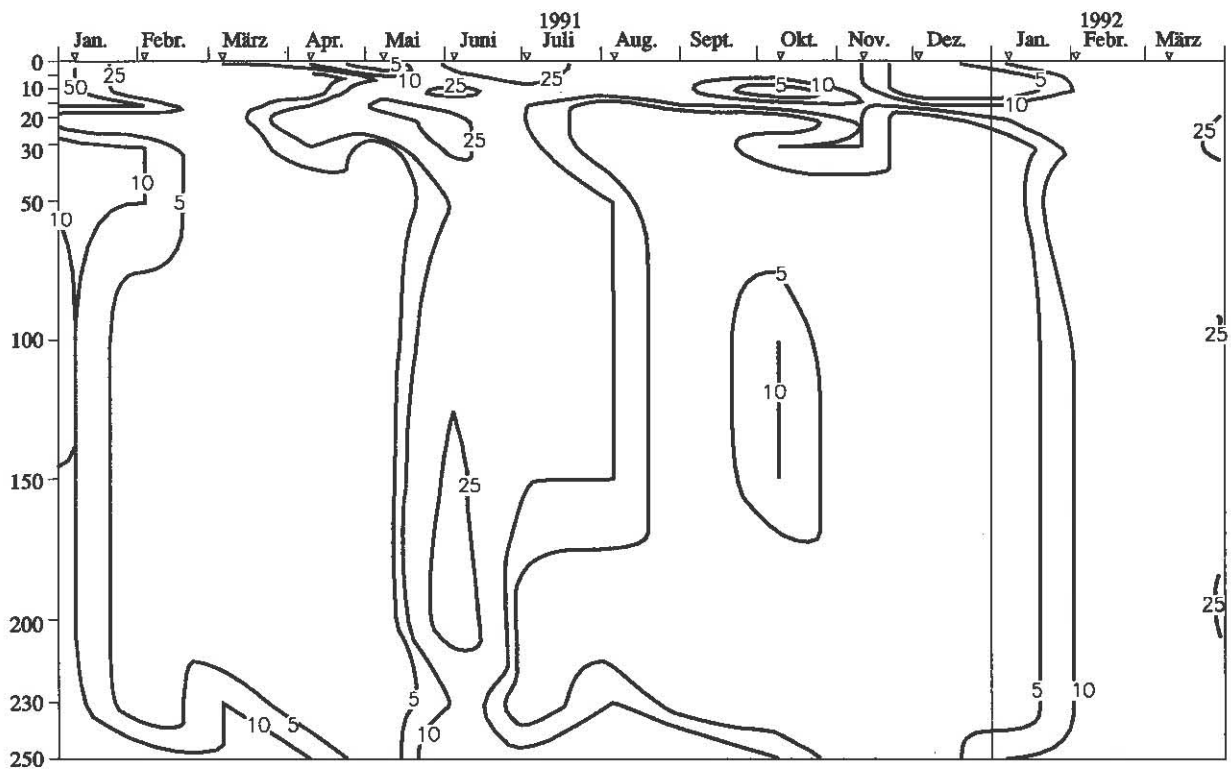


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

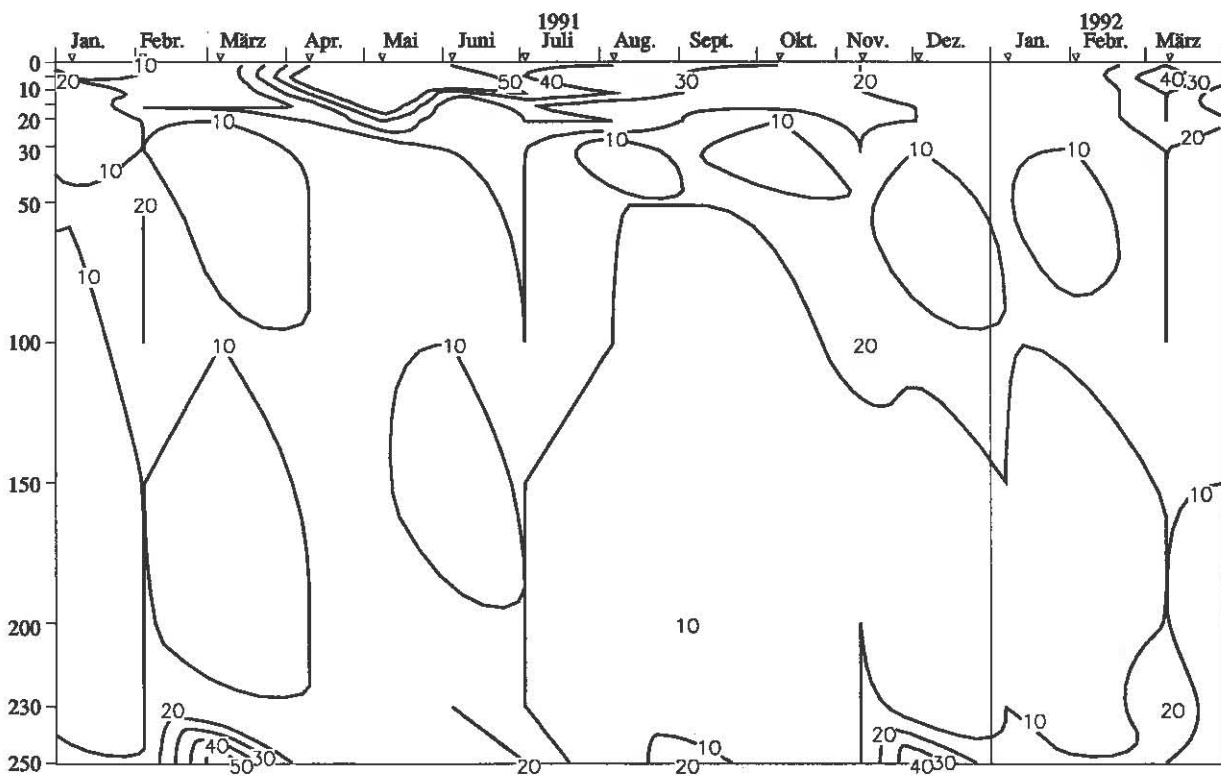


Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Partikulärer Stickstoff (mg/m^3)

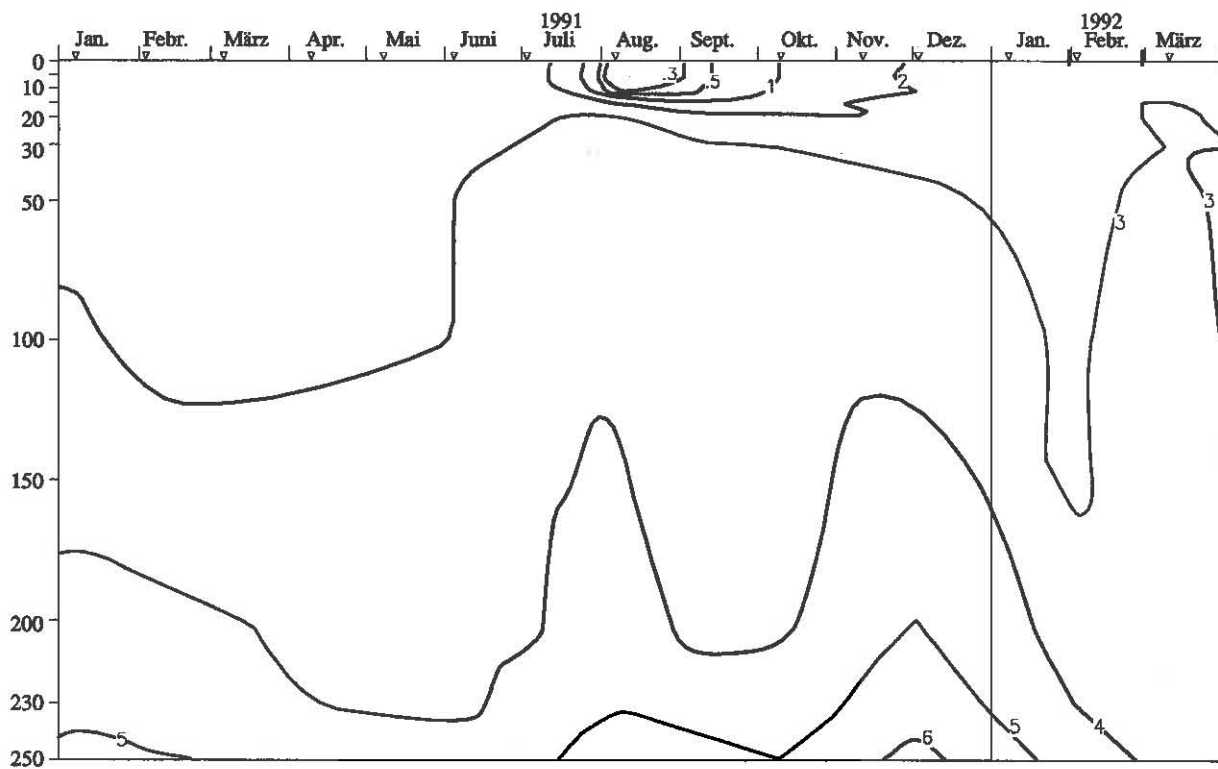


Abb. 20: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Silikat (mg/l)

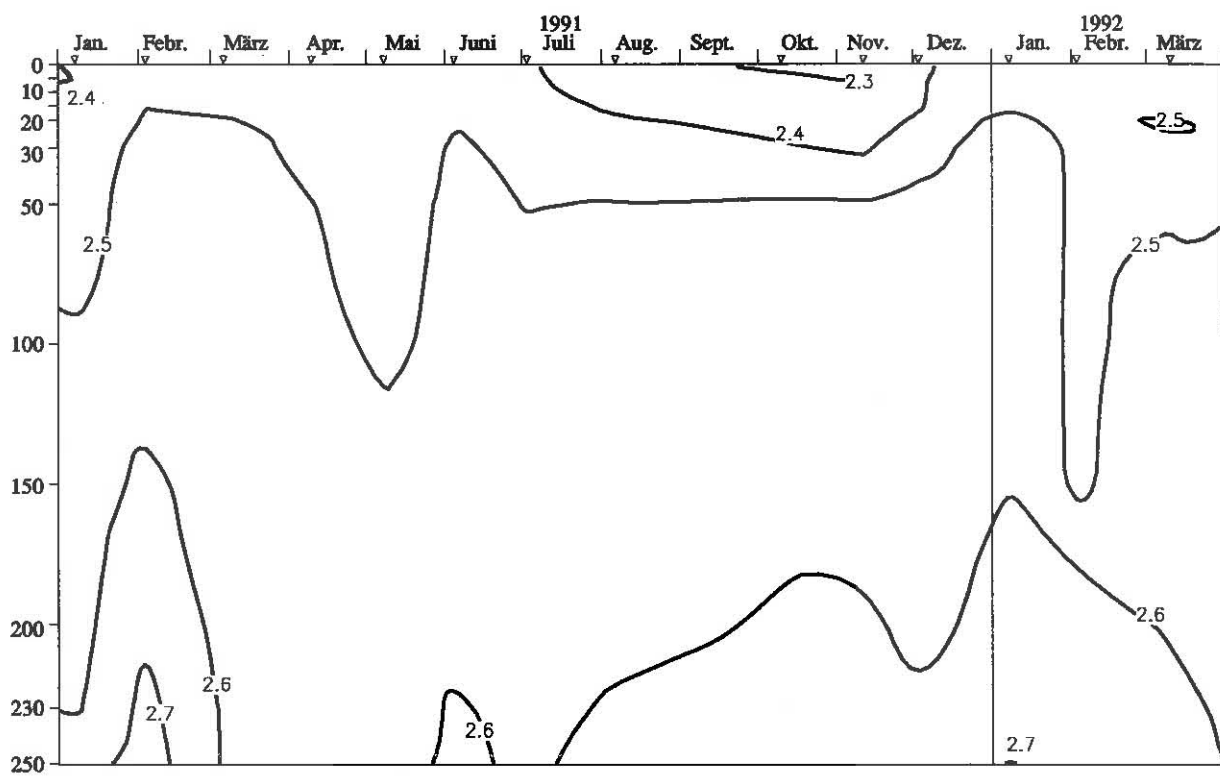


Abb. 21: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

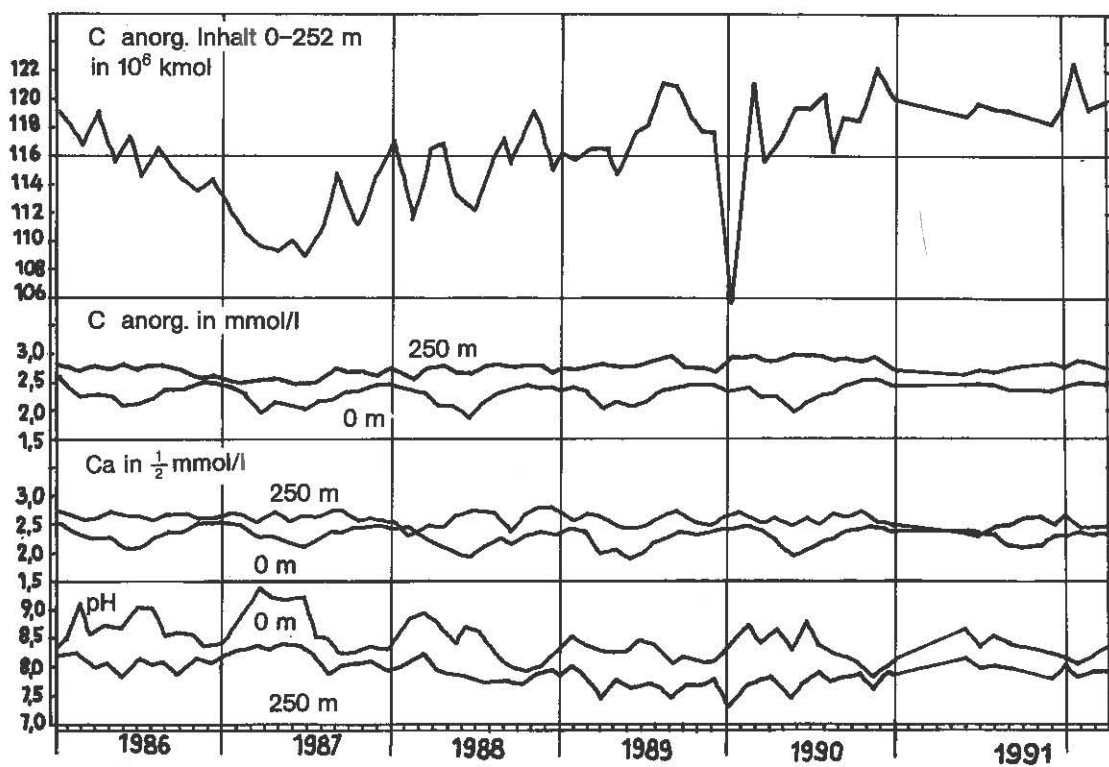


Abb. 22: Bodensee – Obersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

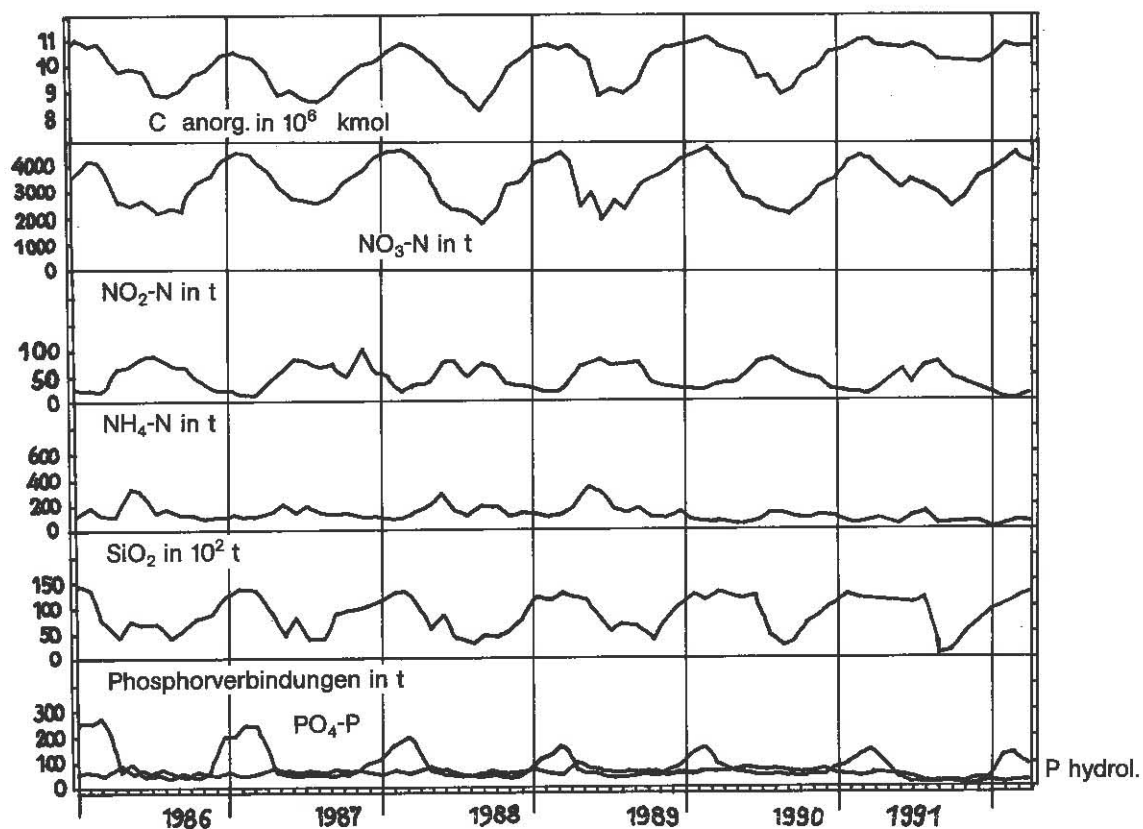


Abb. 23: Bodensee – Obersee:
Nährstoffinhalt (Phosphor, Stickstoff, Silikat,
anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

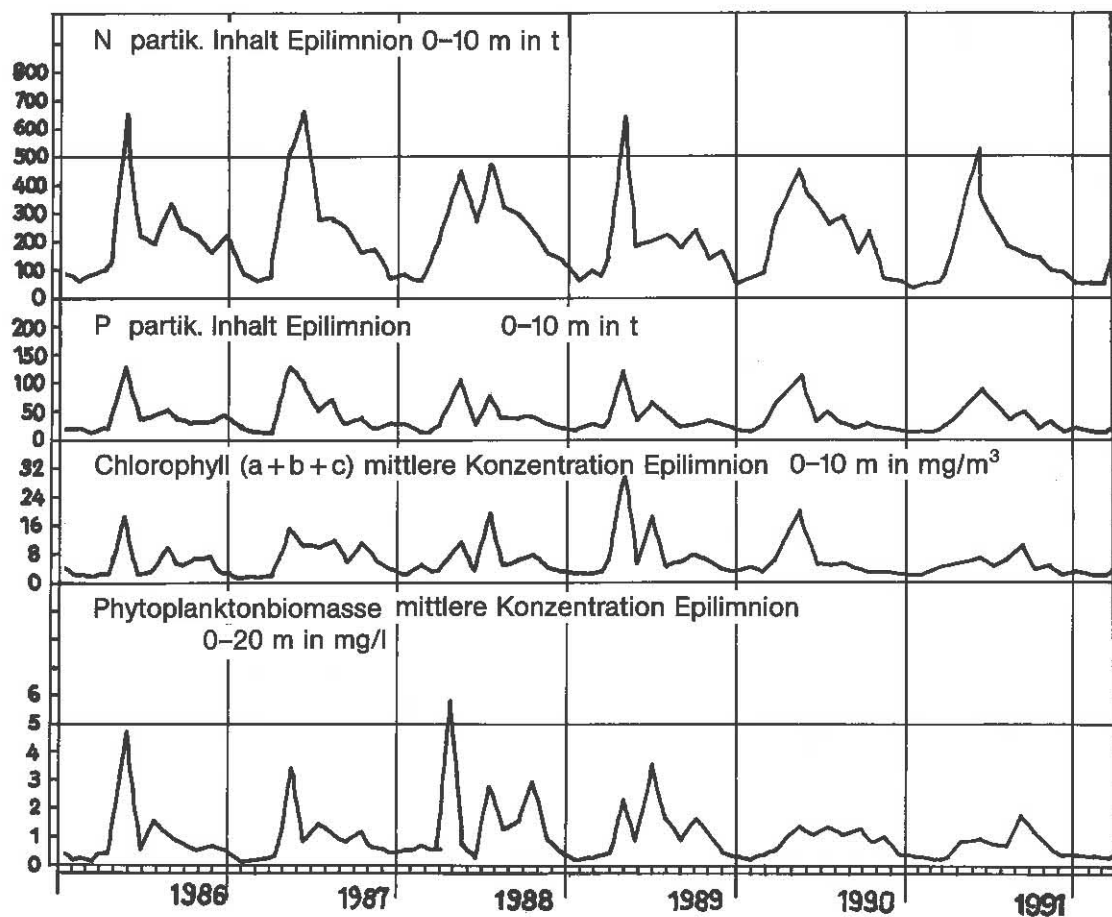


Abb. 24: Bodensee – Obersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Algenbiomasse

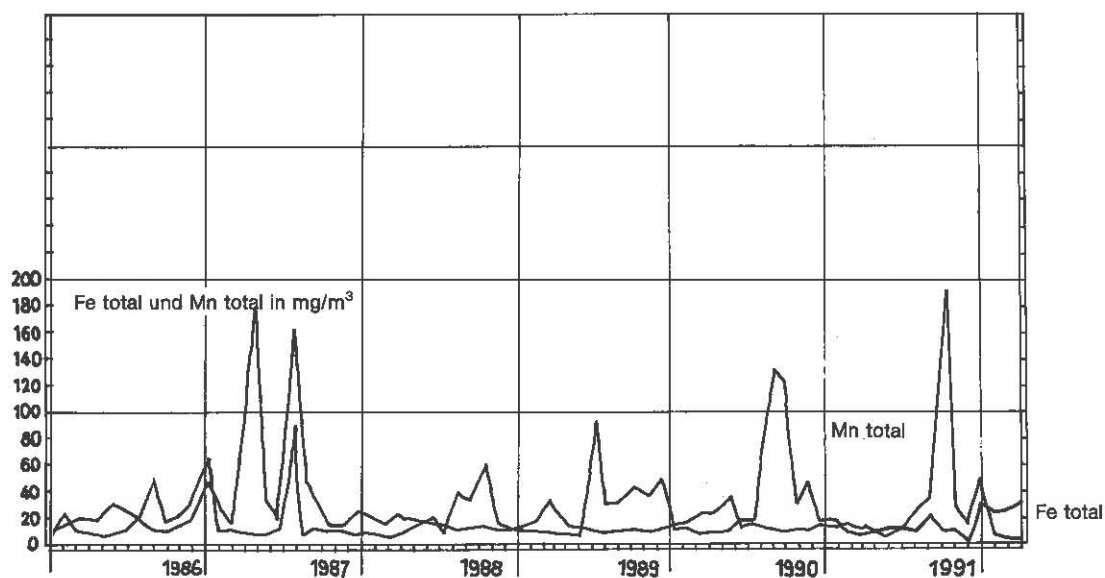


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Konzentrationen von Eisen total und Mangan total in 250 m Tiefe

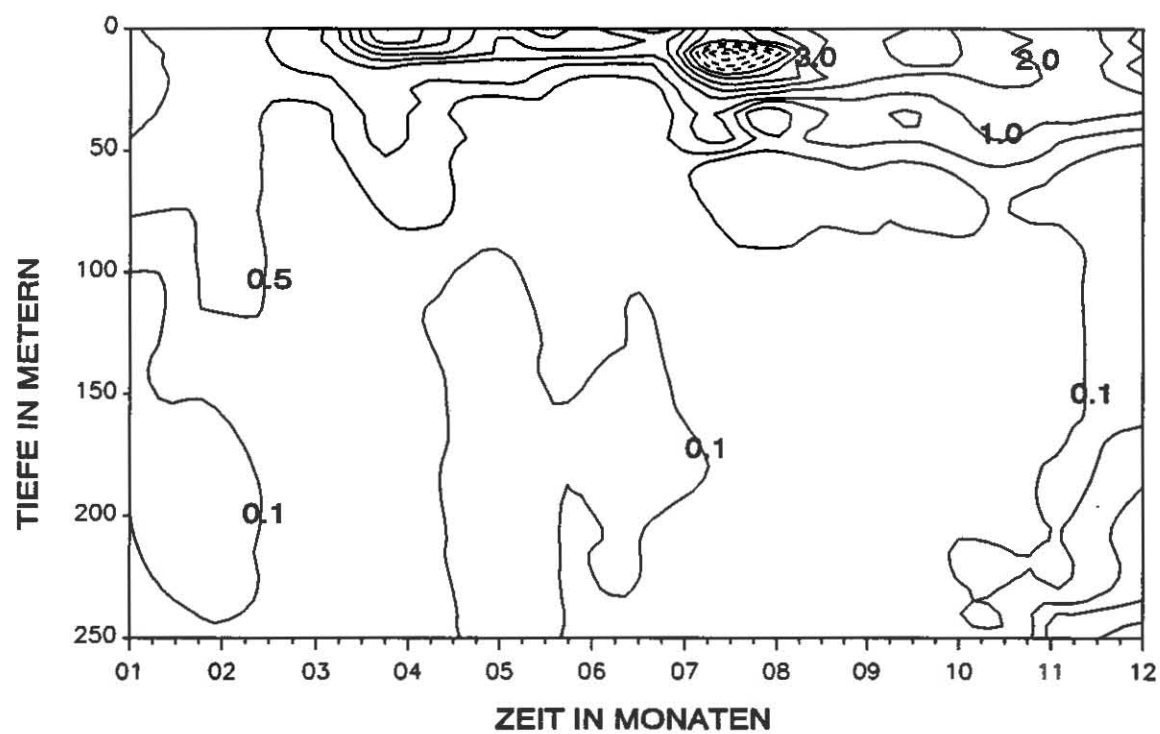
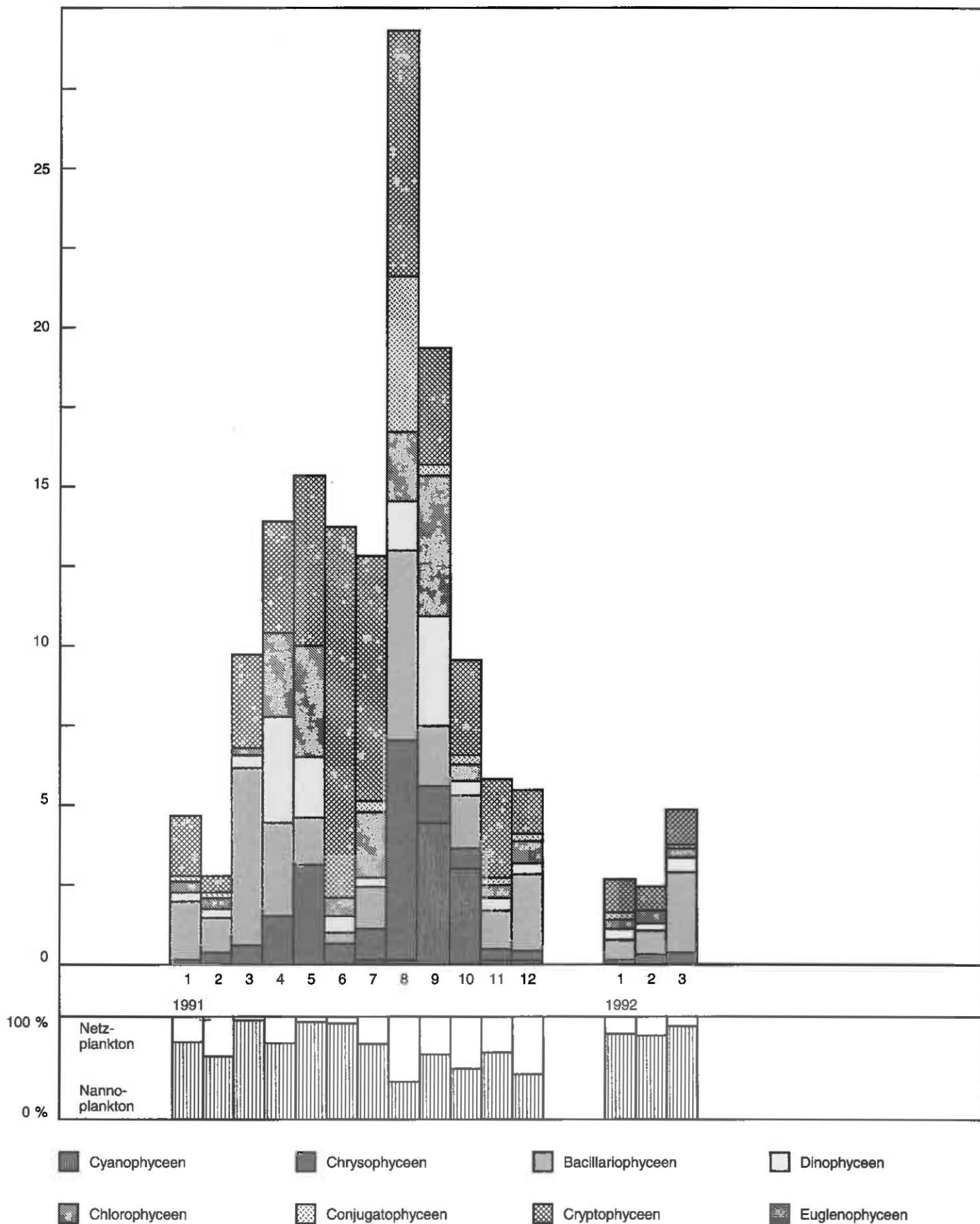


Abb. 26: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Chlorophyll a (mg/m³)

Abb. 27
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1991/92



Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1991/92

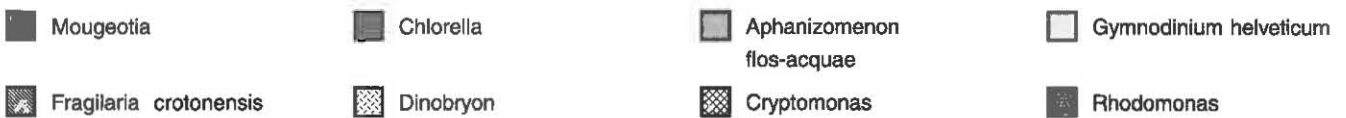


Abb. 29
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung der Cladoceren,
Monatsmittel 1991/92 (Tiere/m²)

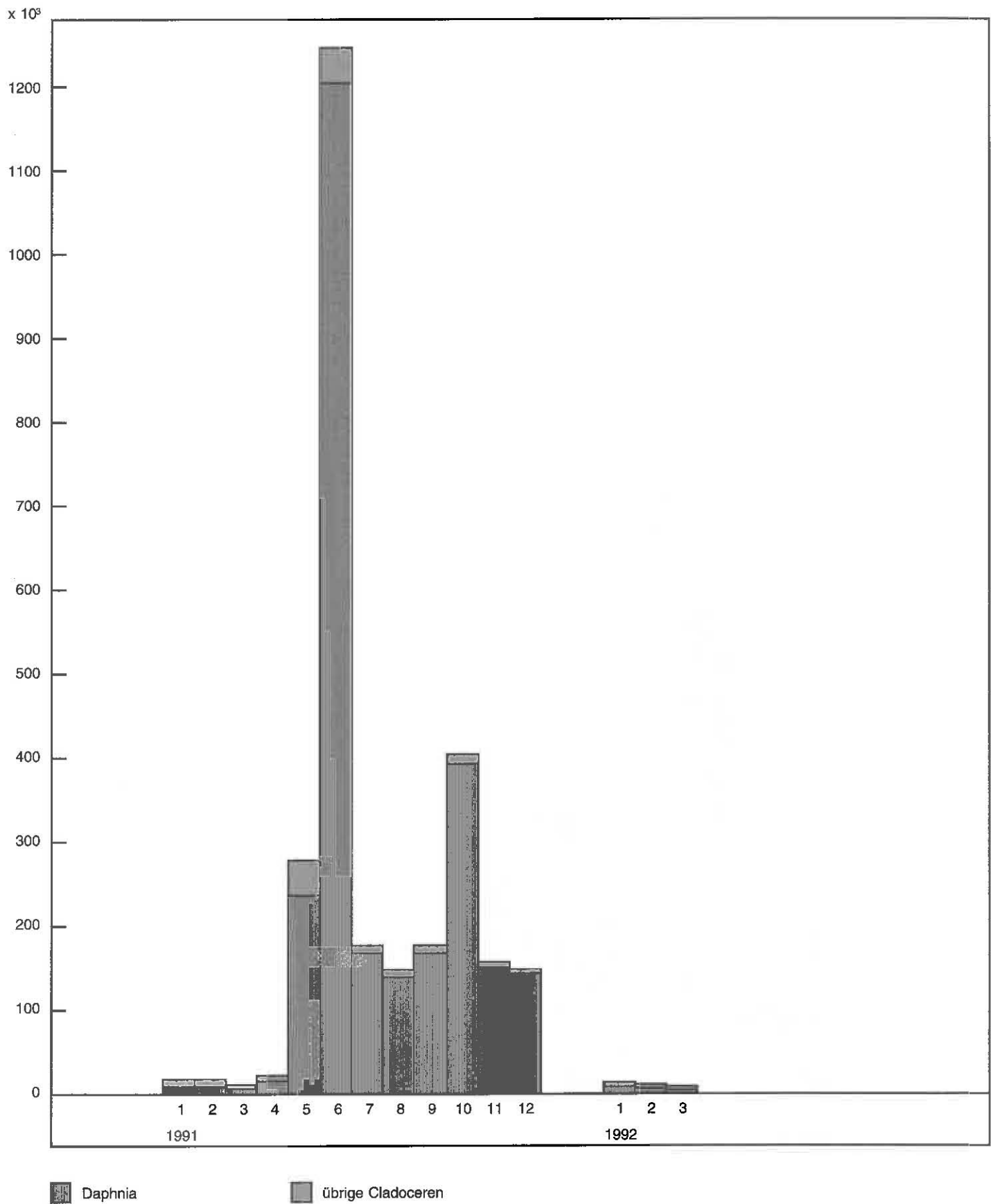


Abb. 30

Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:

**Entwicklung der Copepoden: adulte Tiere und Copepodide ohne Nauplien,
Monatsmittel 1991/92 (Tiere/m²)**

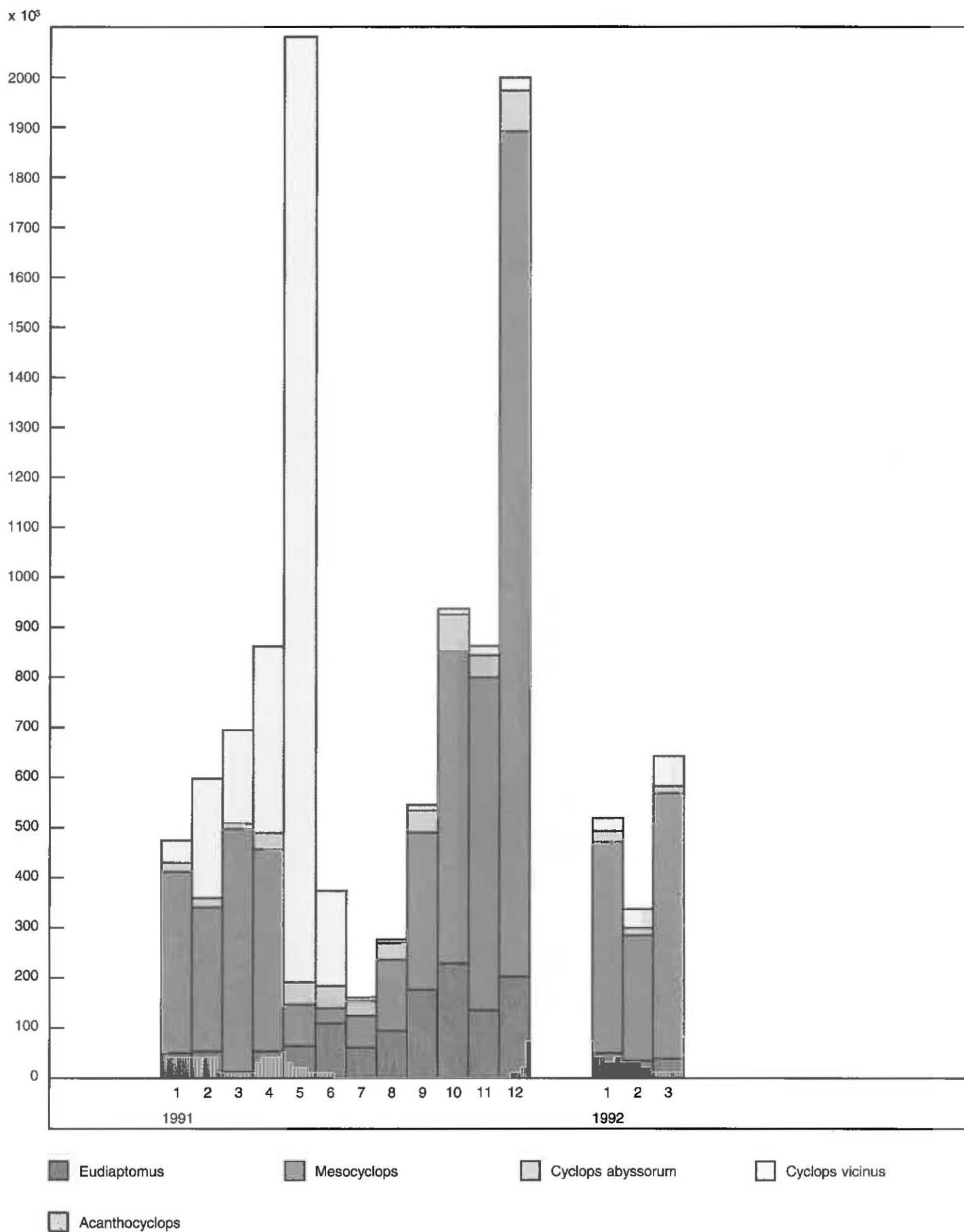


Abb. 31
Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:
Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen
Monatsmittel 1991/92 (Tiere/m²)

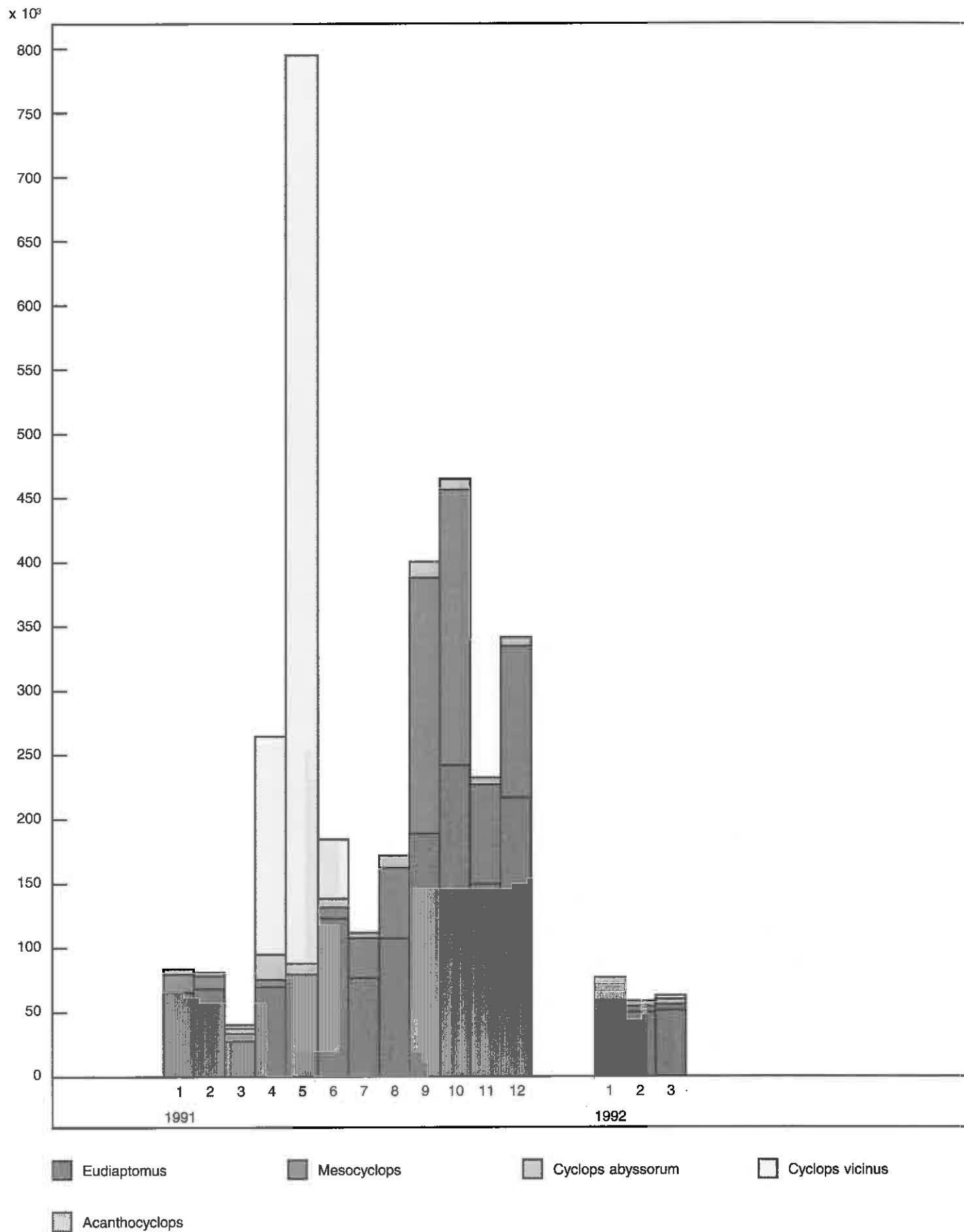
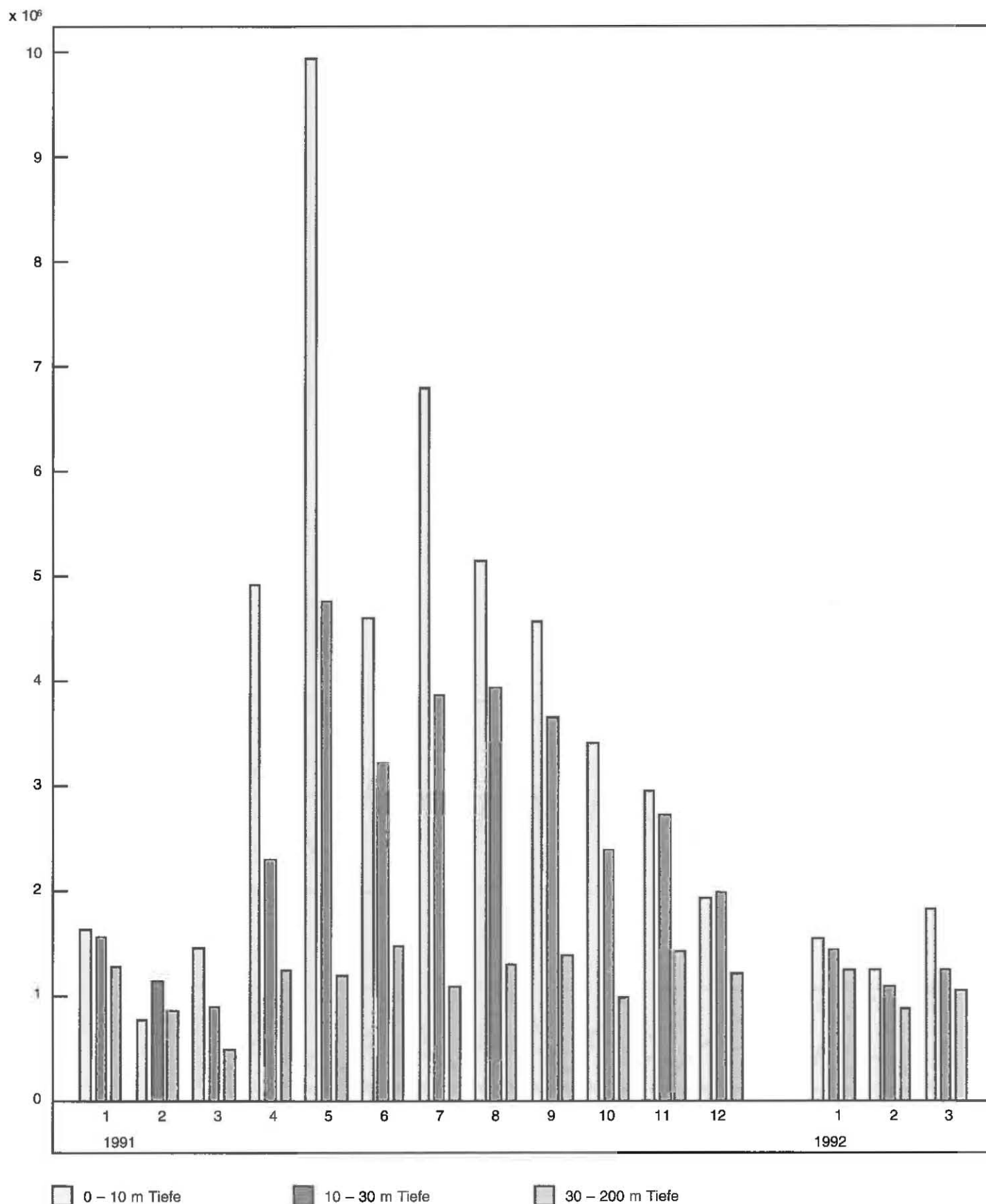


Abb. 32

Bodensee – Obersee, Langenargen – Arbon:

**Entwicklung des Bakterienplanktons, Gesamtkeimzahlen (Direktzählung Zellen/ml)
in verschiedenen Tiefenstufen · Monatsmittel 1991/92**



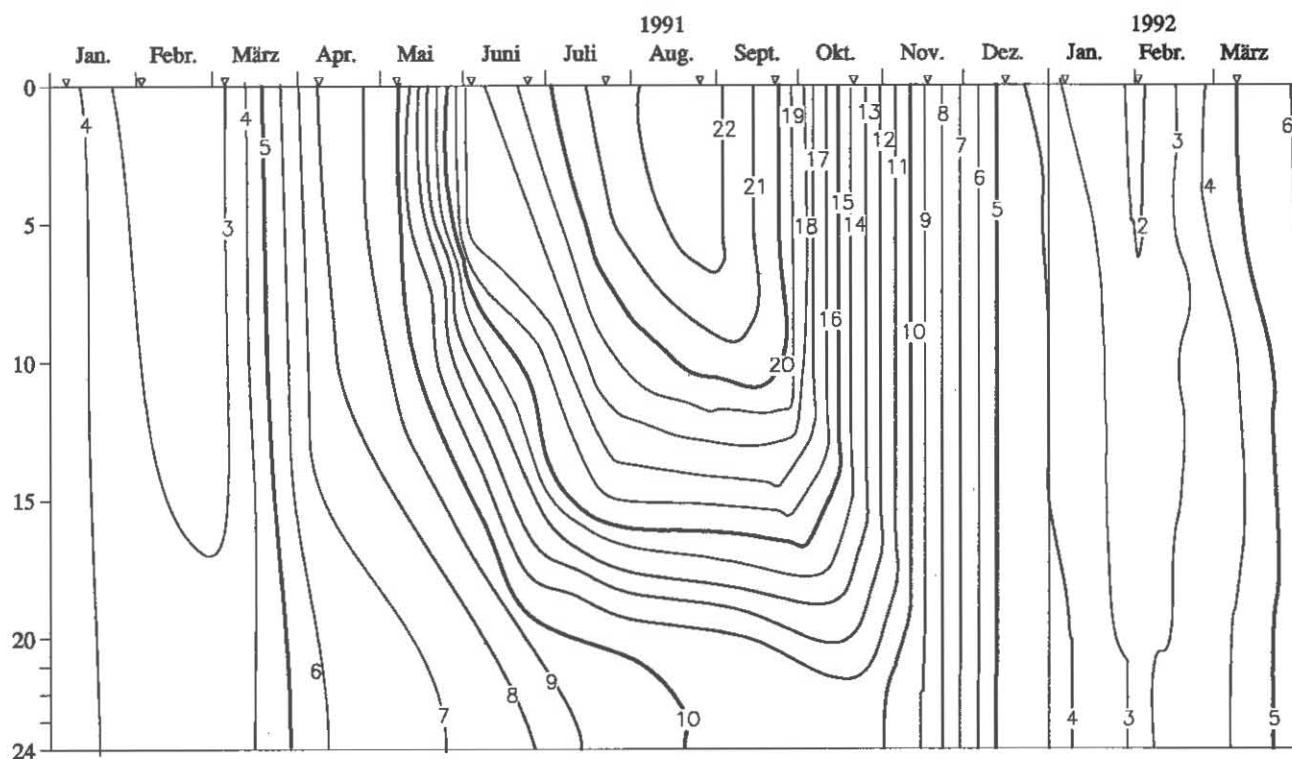


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Temperatur °C

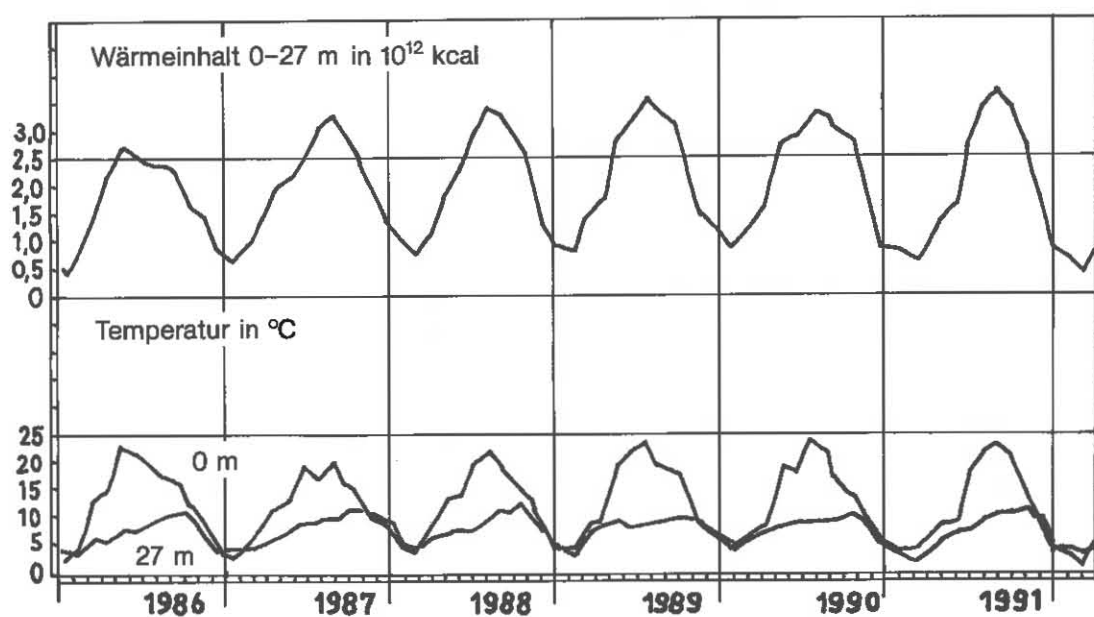


Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Thermik

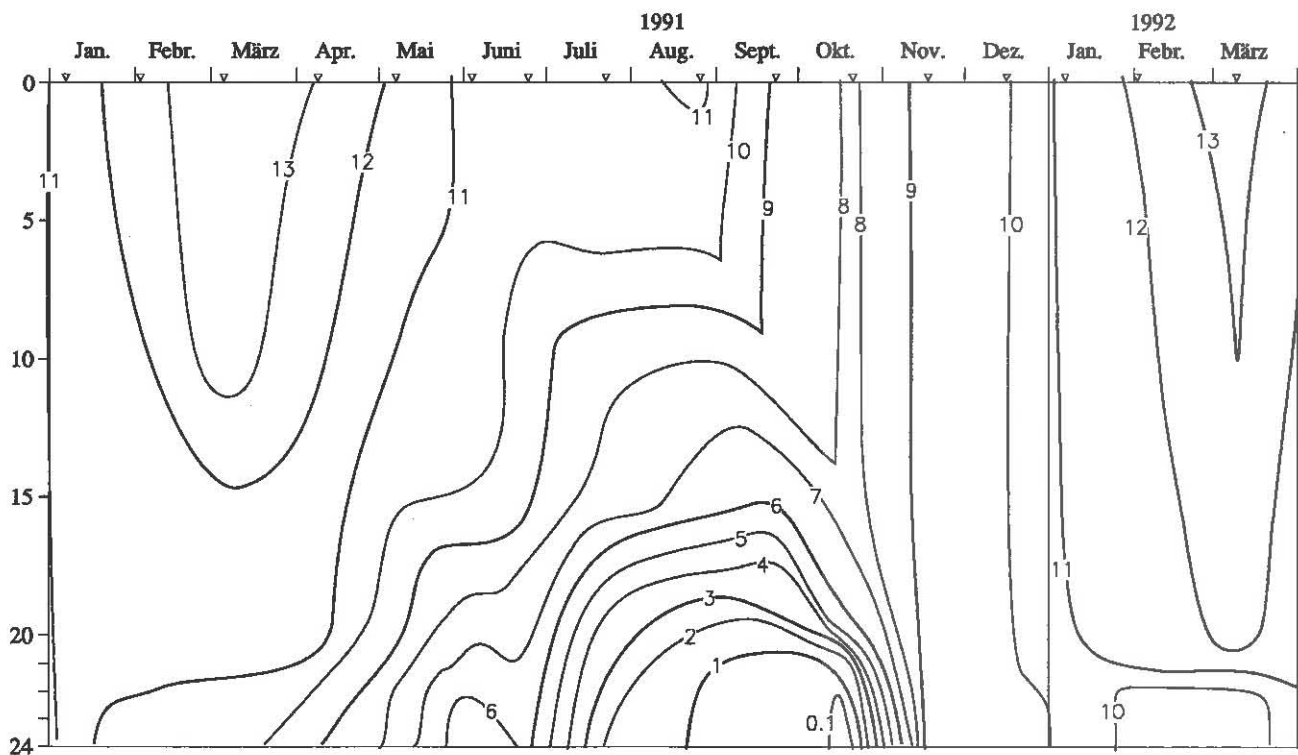


Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoff (mg/l)

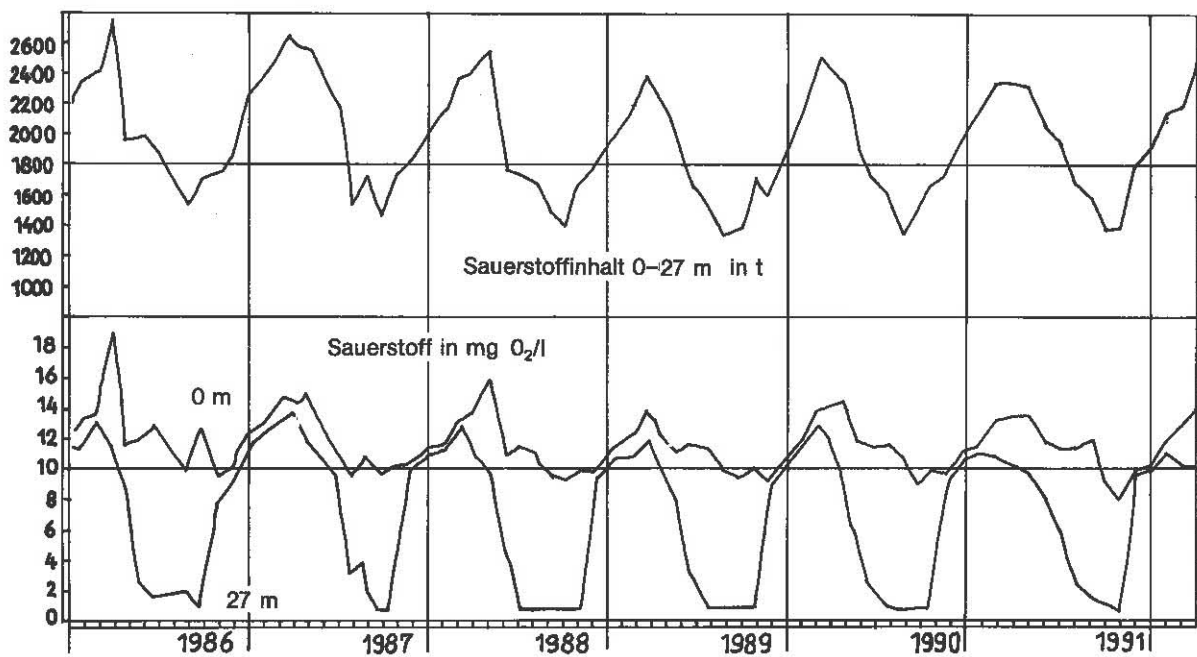


Abb. 36: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoffinhalt 0-27 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 27 m Tiefe

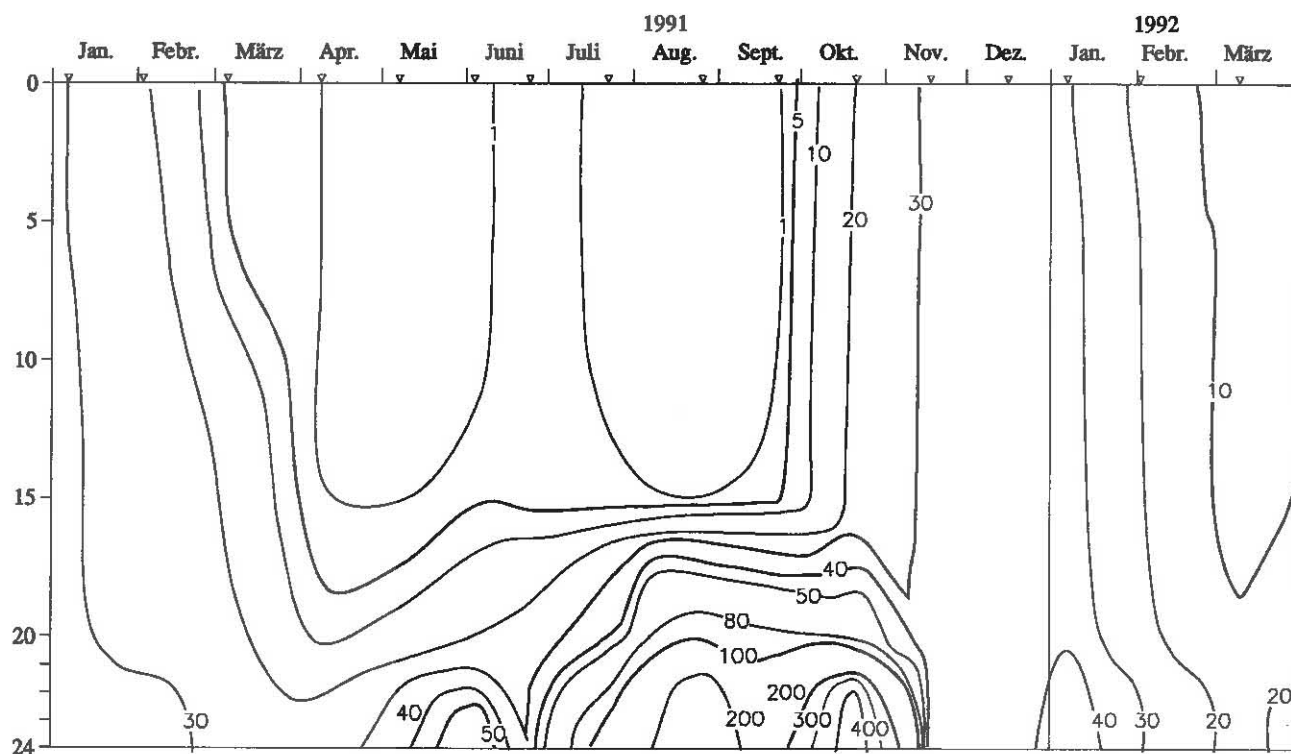


Abb. 37: Bodensee – Untersee, Zellersee:
 Orthophosphat – Phosphor (mg/m³)

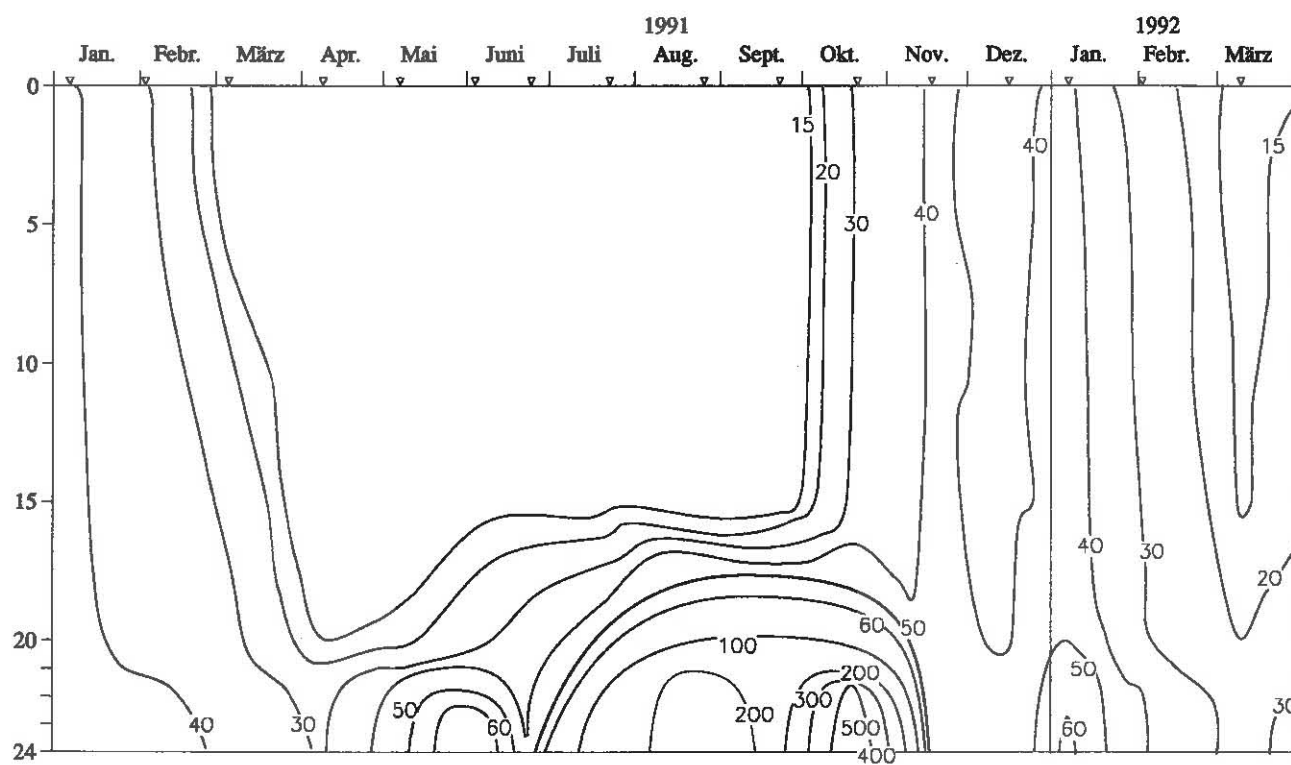


Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:
 Gesamter gelöster Phosphor (mg/m³)

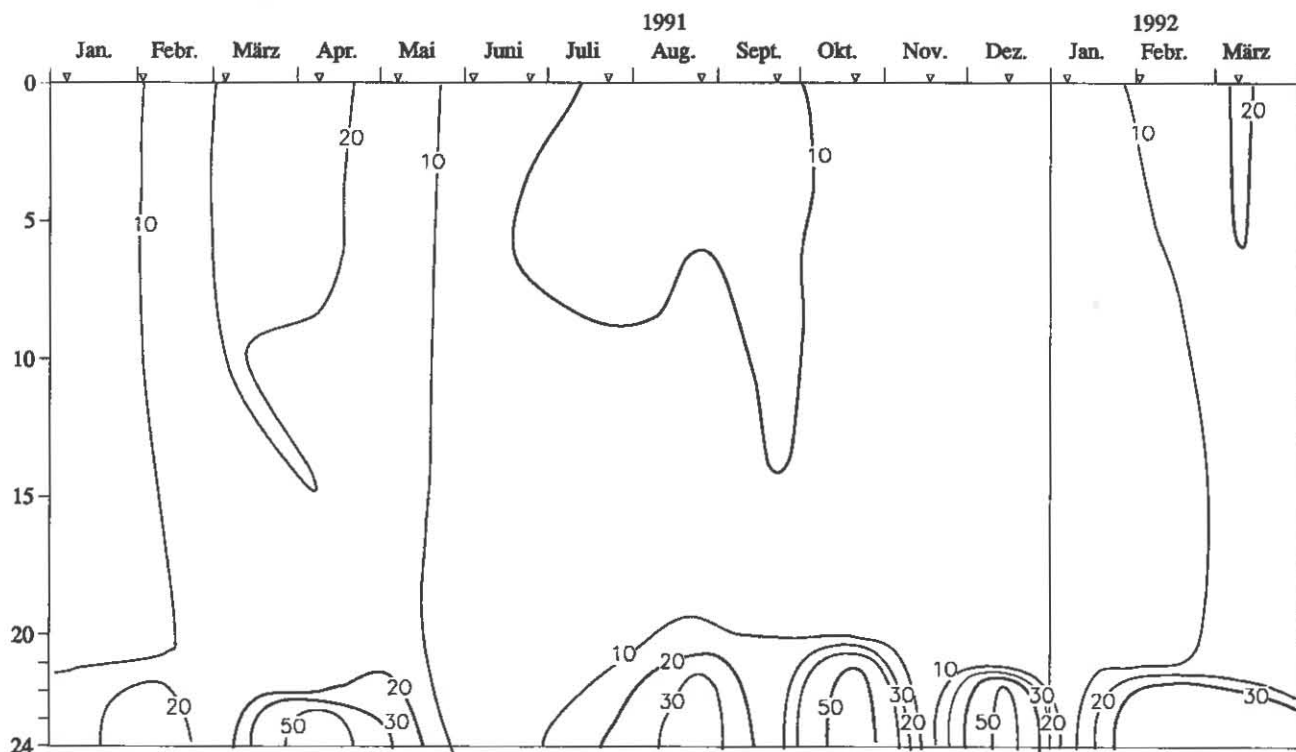


Abb. 39: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

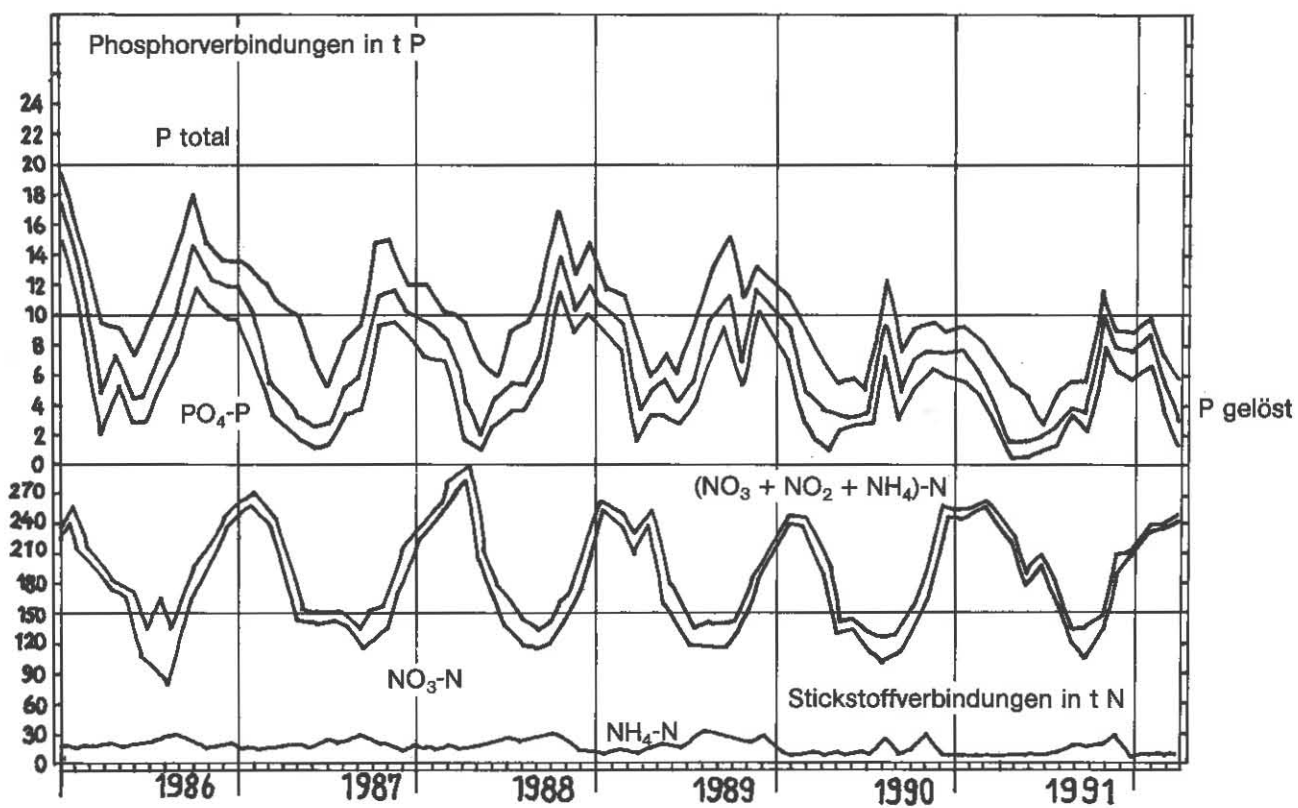


Abb. 40: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt 0–27 m Tiefe

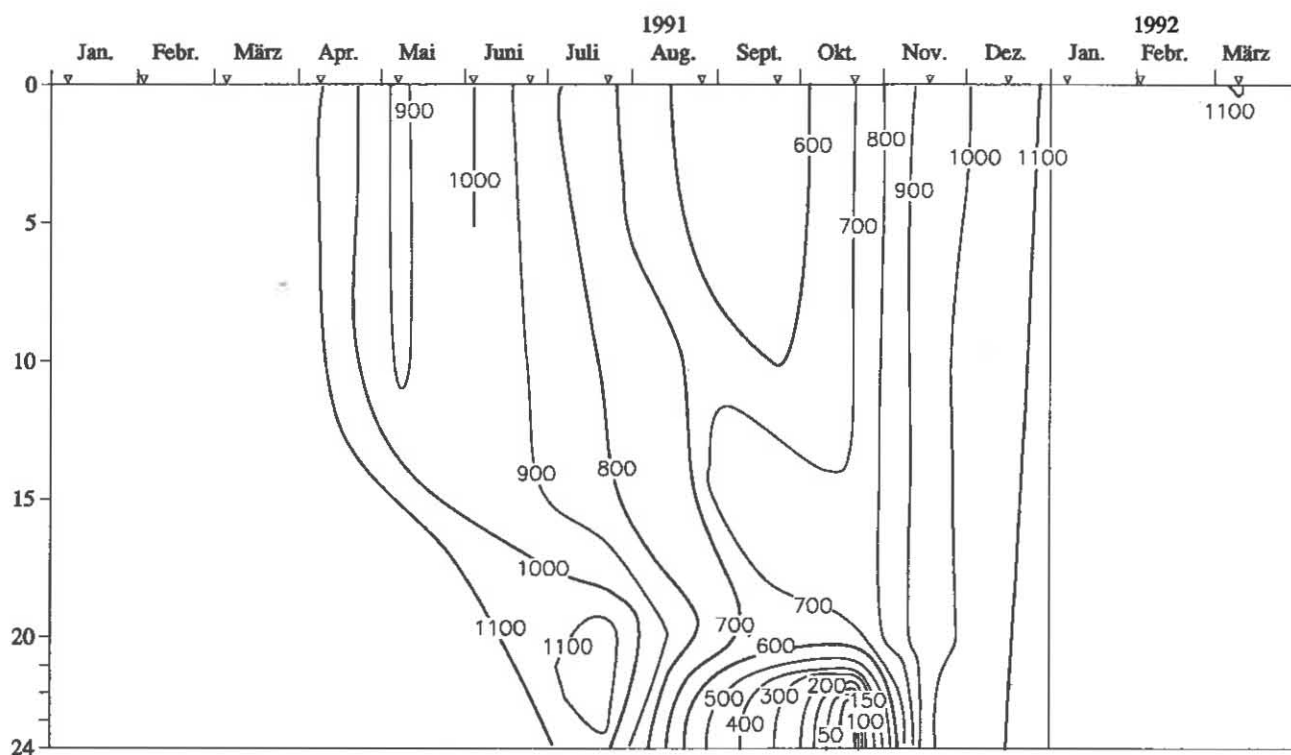


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

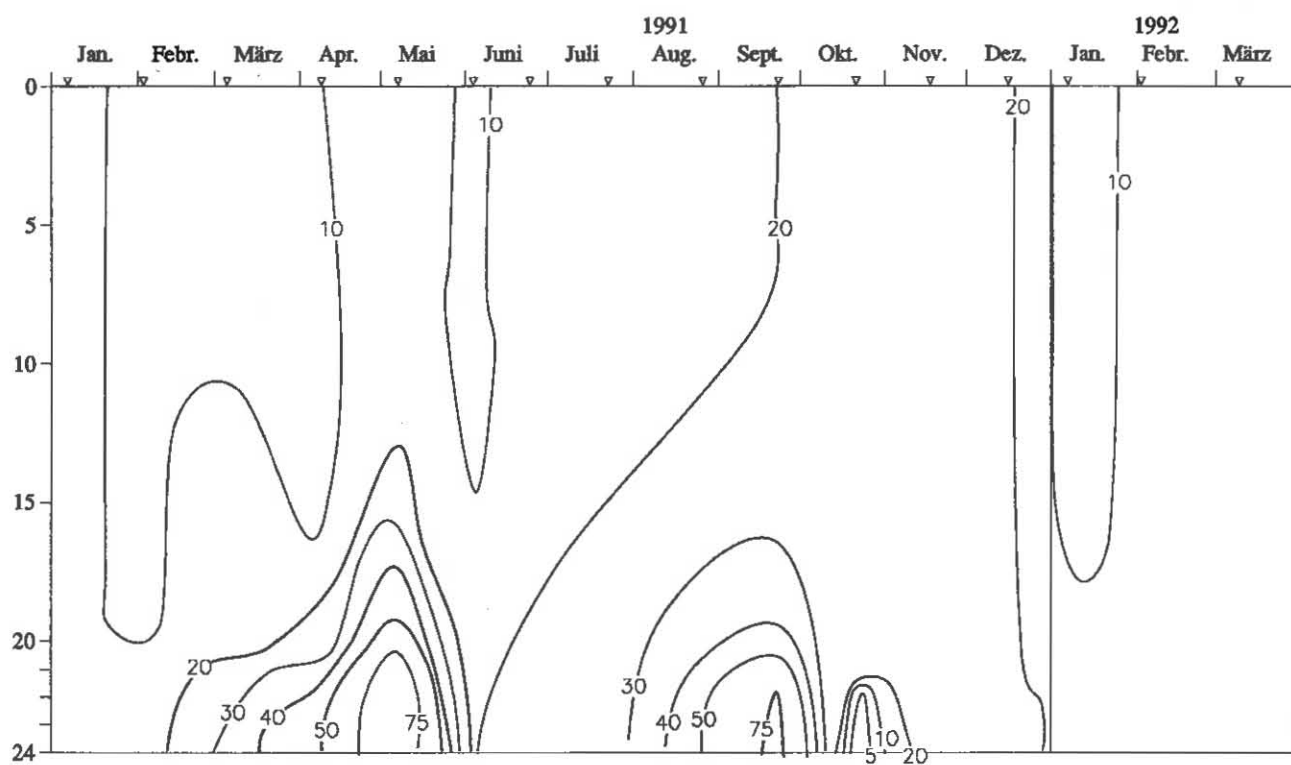


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

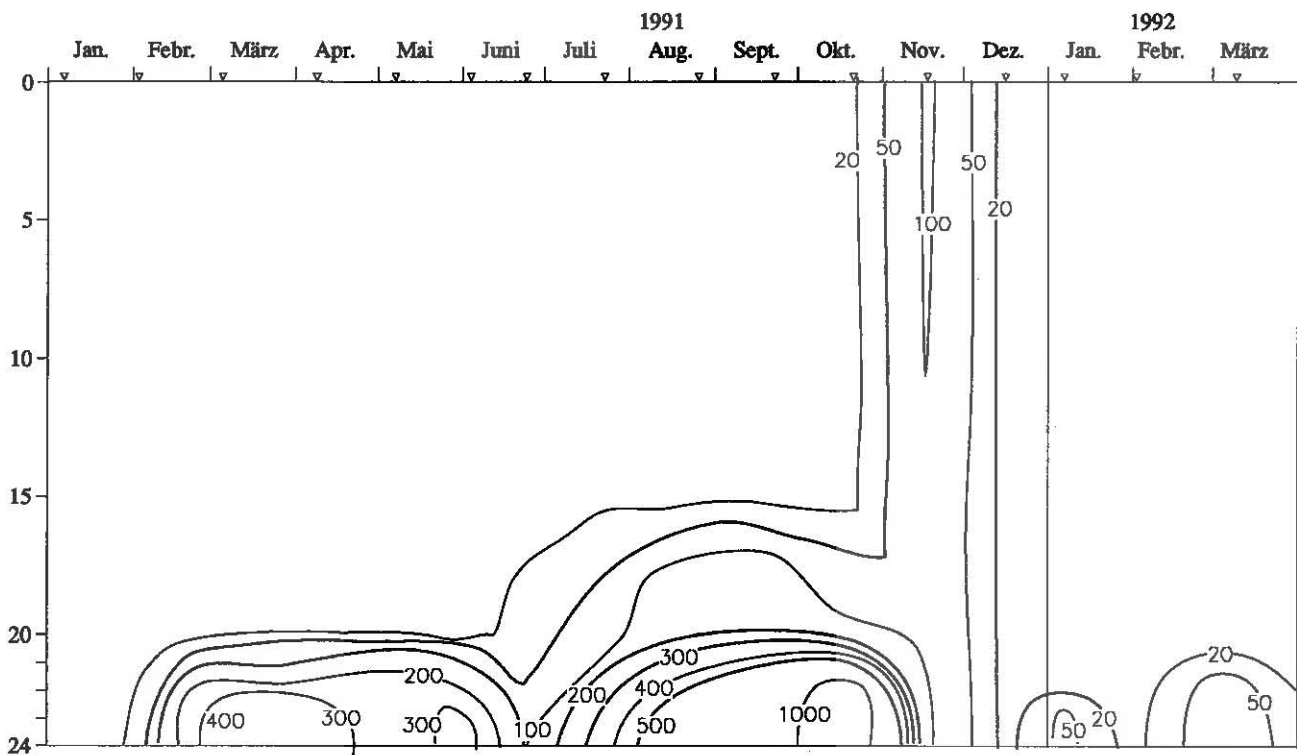


Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

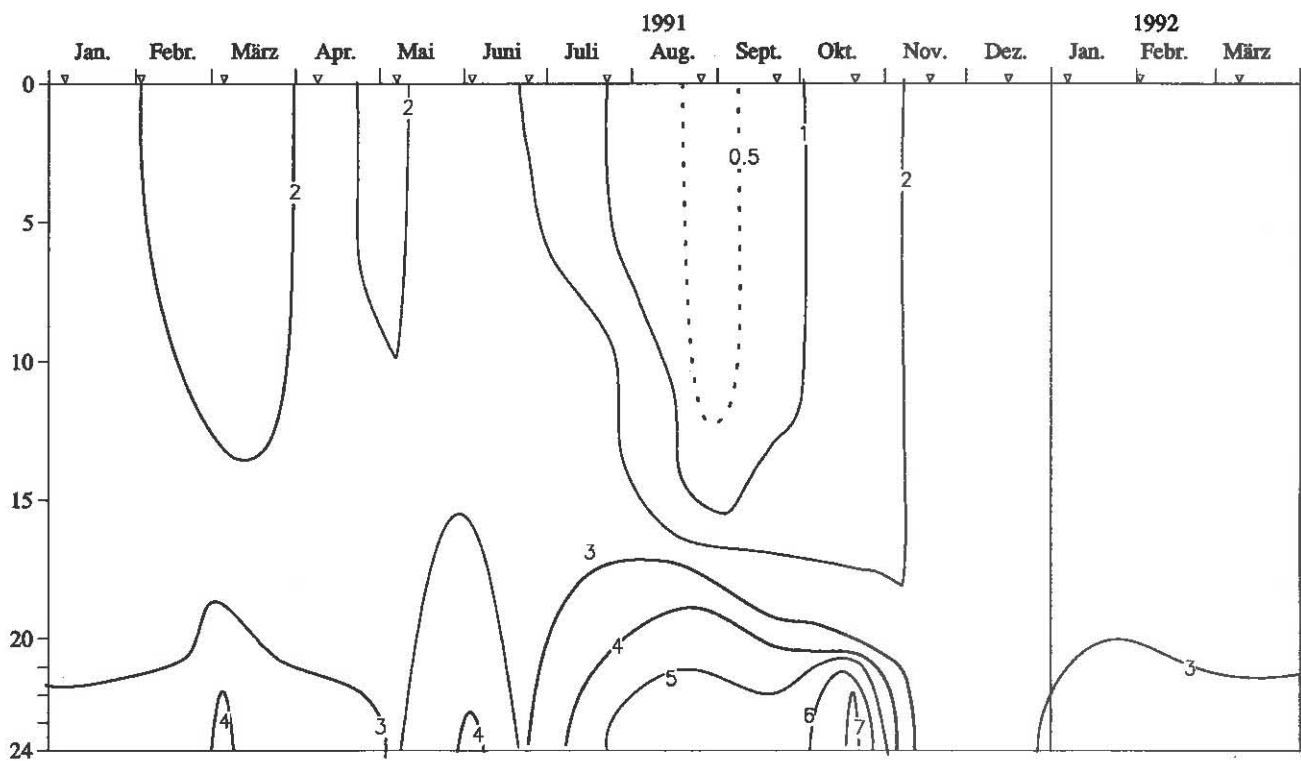


Abb. 44: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Silikat (mg/l)

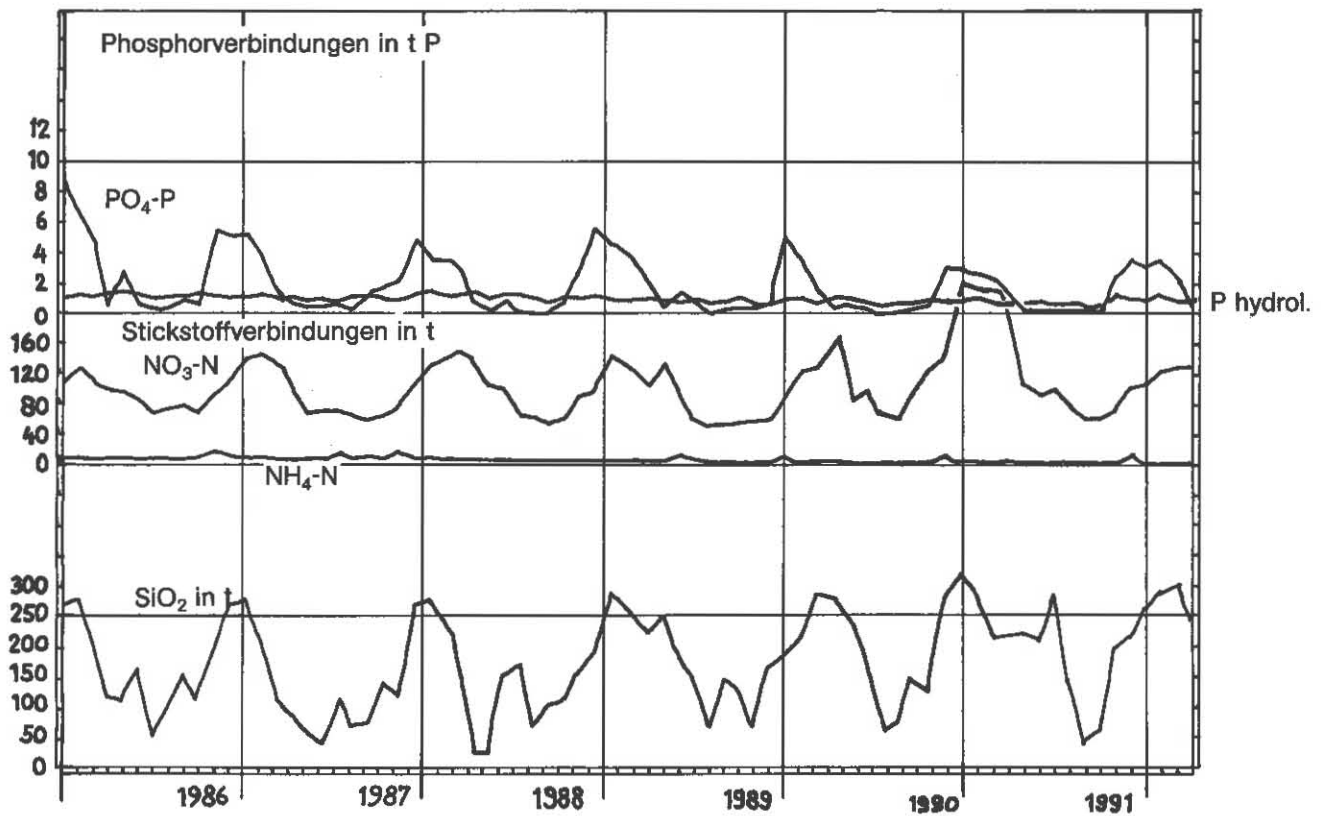


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

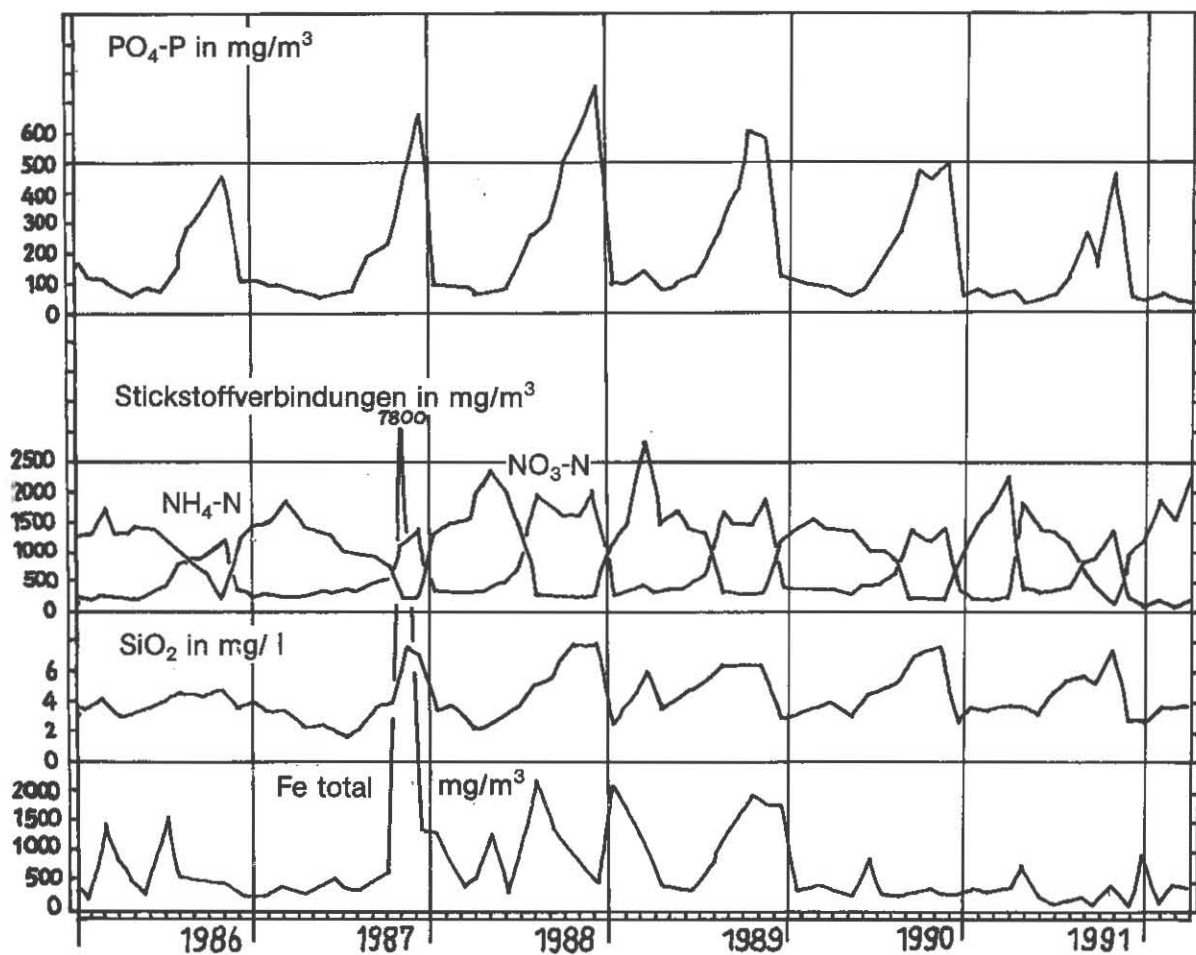


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

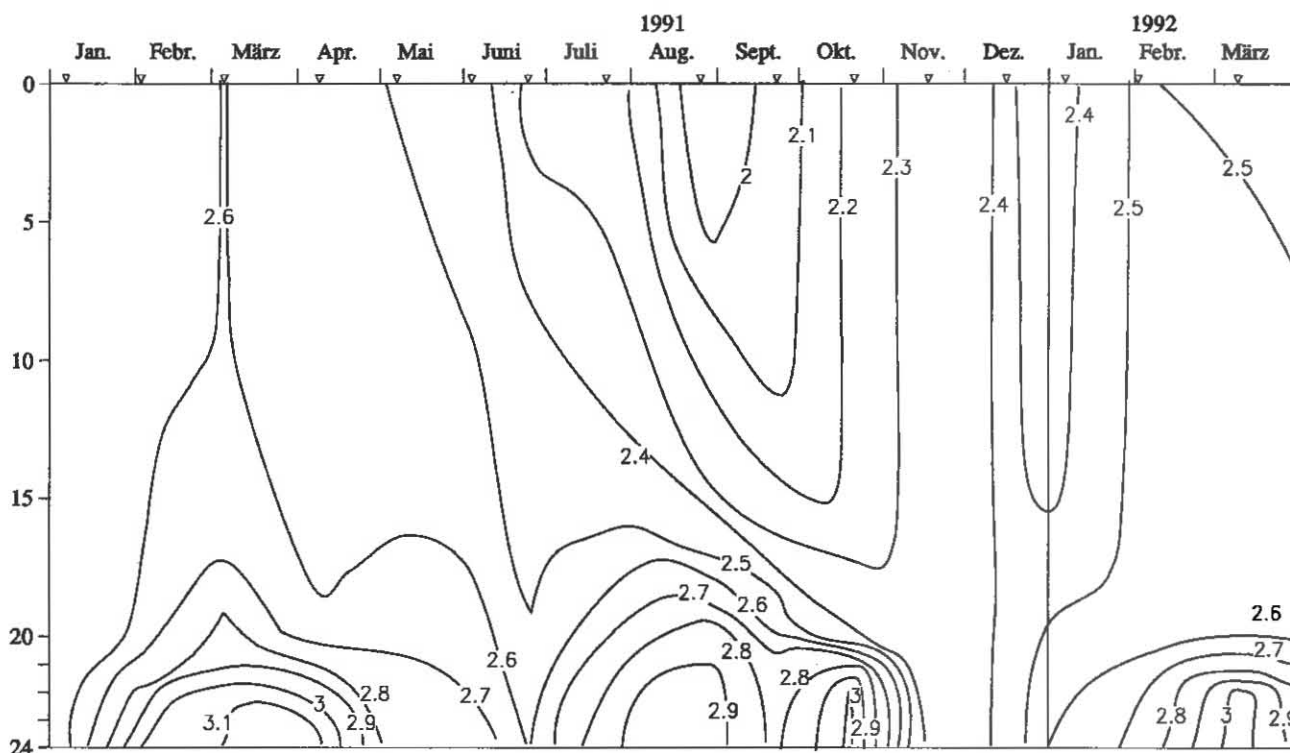


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

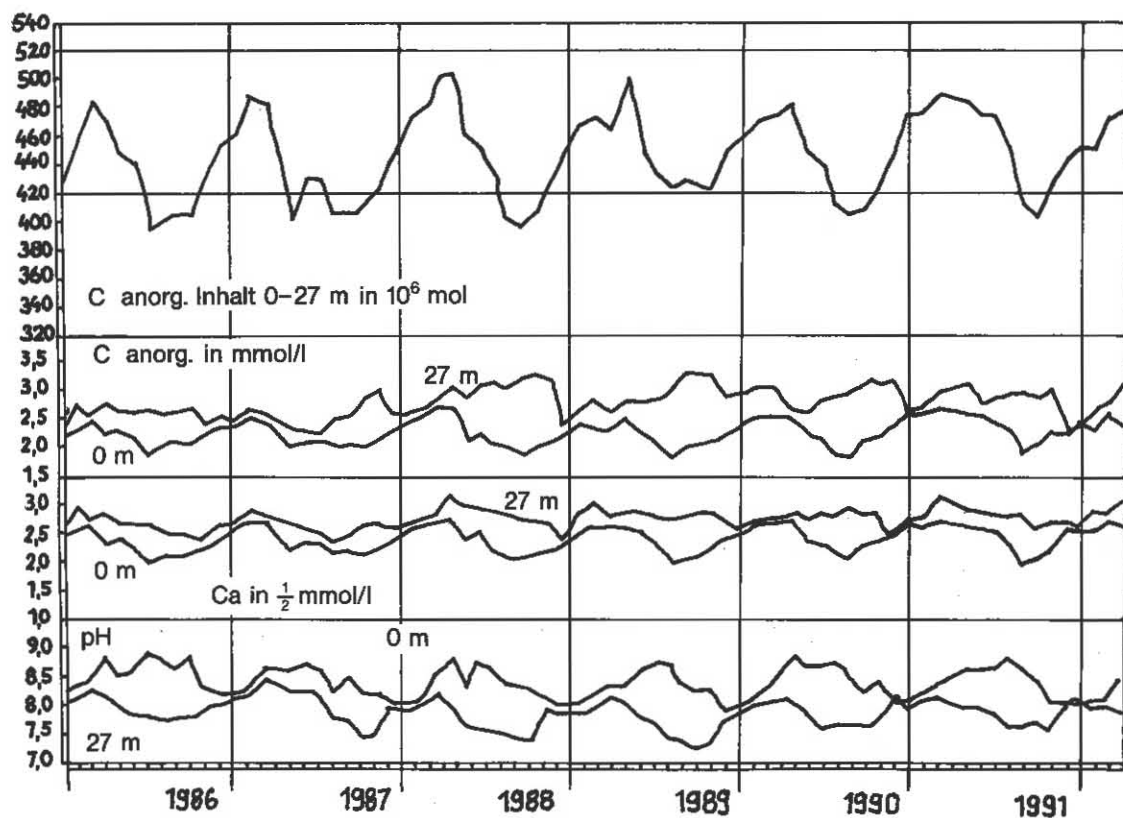


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–27 m Tiefe
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium,
pH-Wert

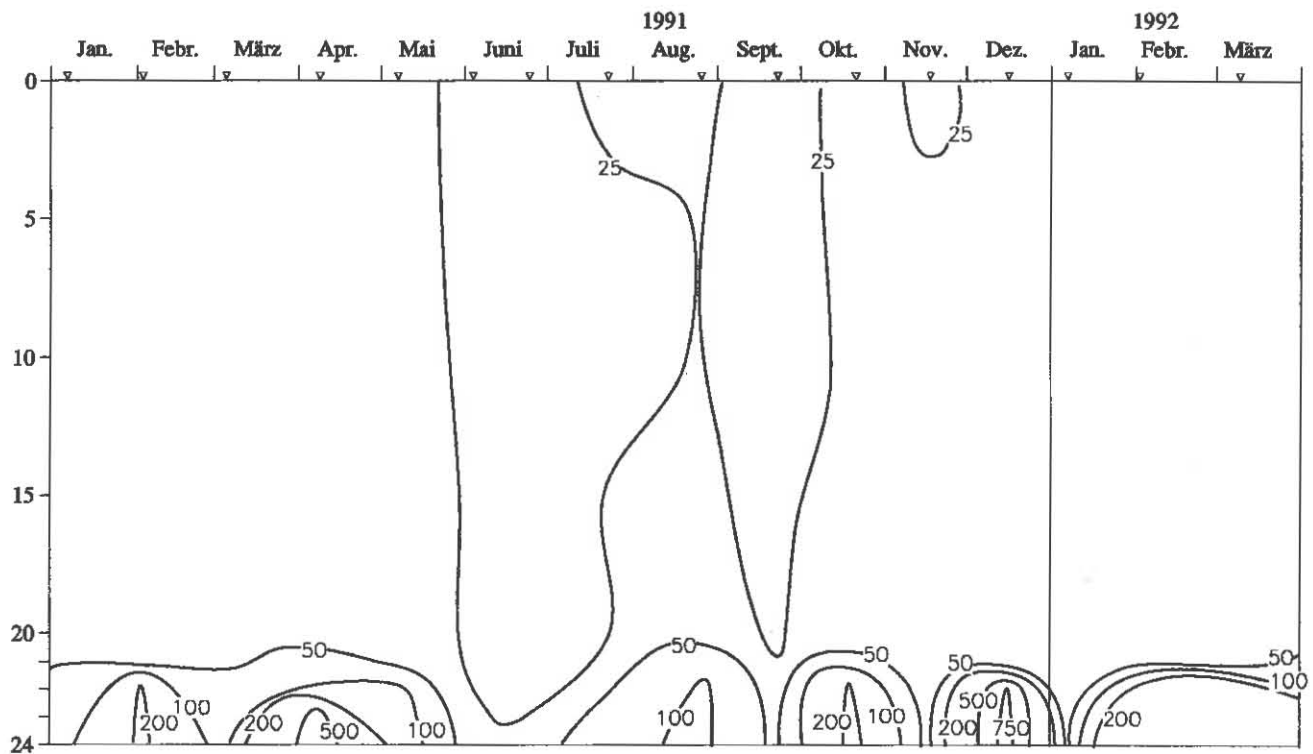


Abb. 49: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Konzentration von Eisen total (mg/m³)

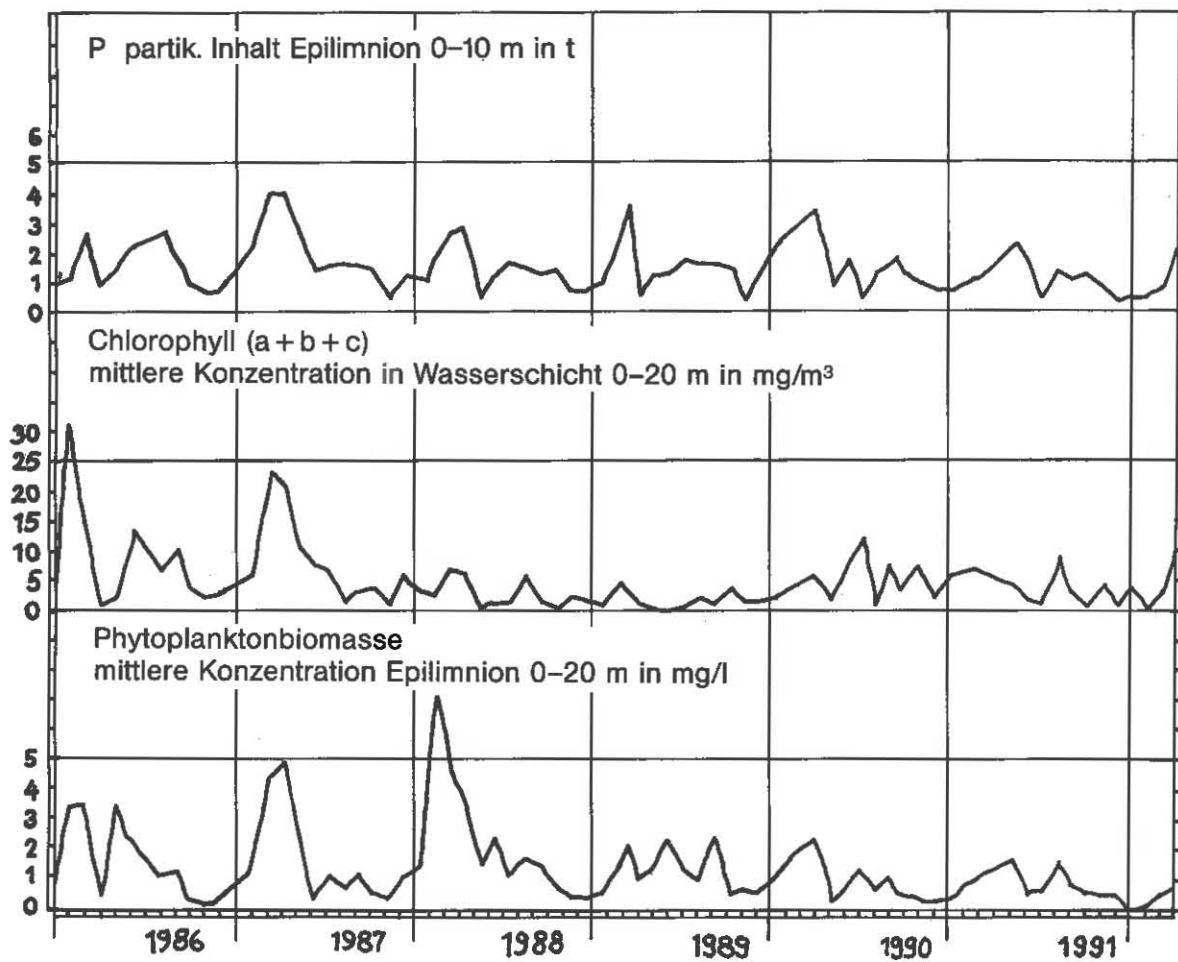


Abb. 50: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Chemische Biomassenindikatoren und Algenbiomasse

Abb. 51

Bodensee – Untersee, Zellersee:

Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m^2 (0–20 m Tiefe)

Monatsmittel 1991/92

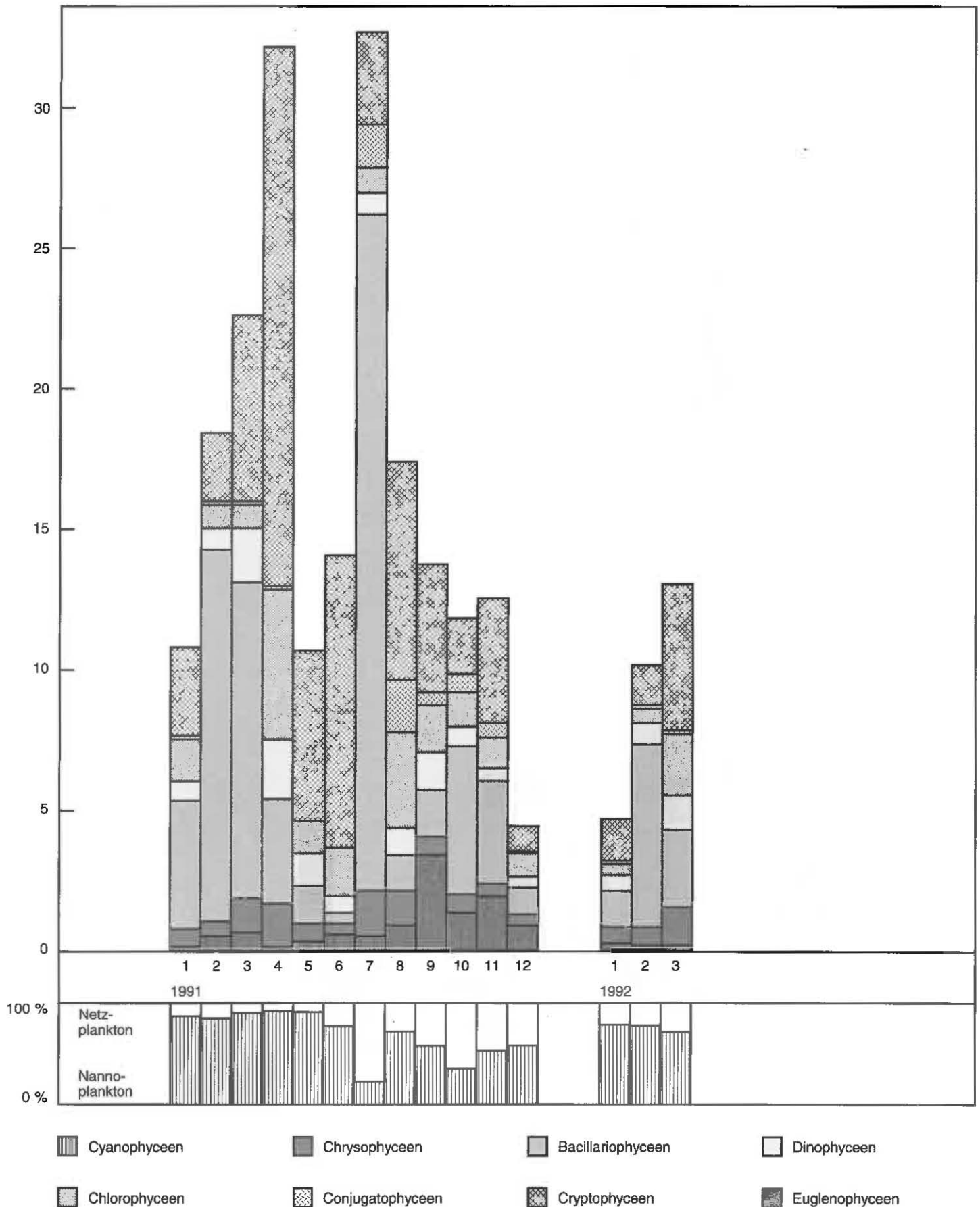
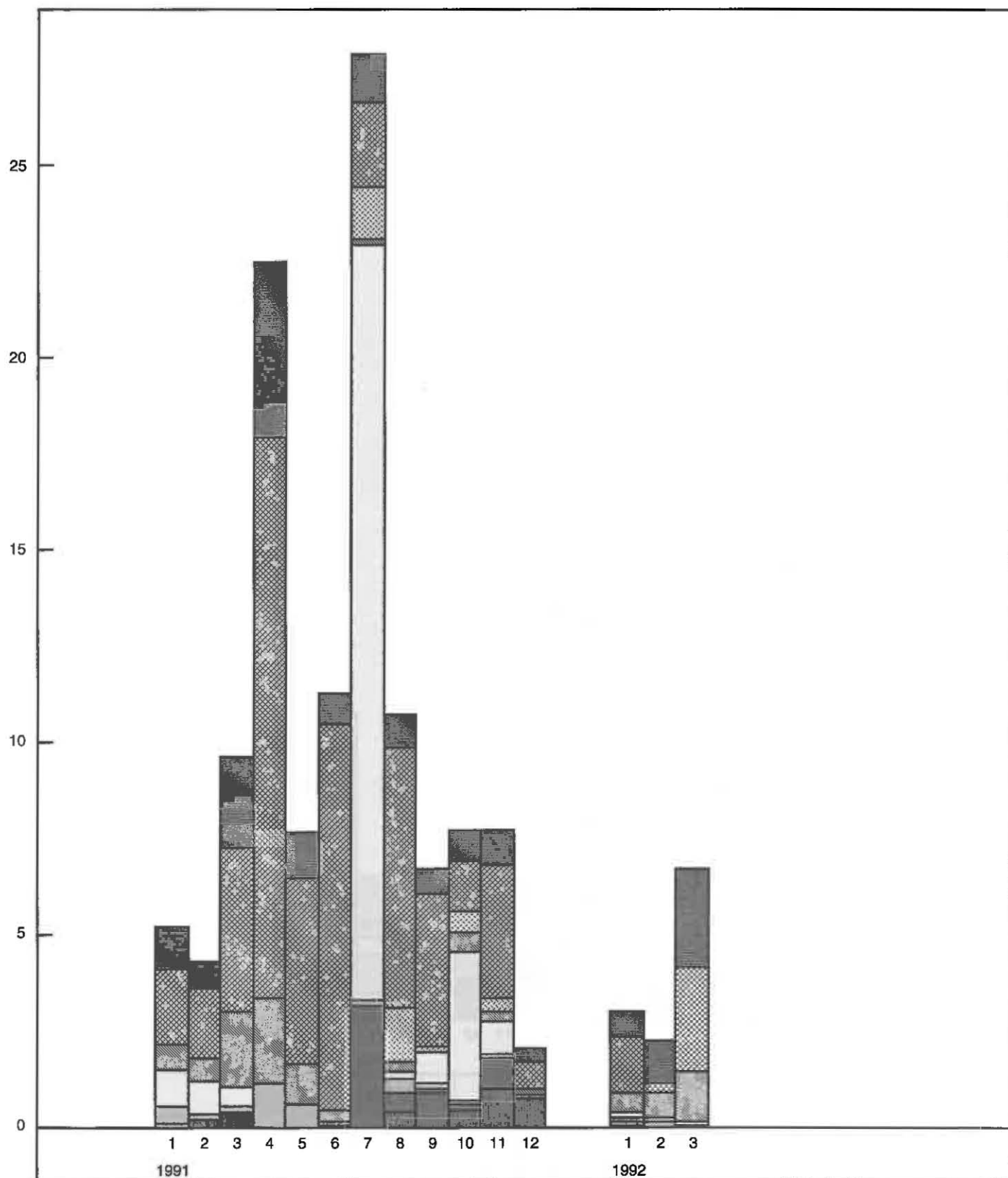


Abb. 52

Bodensee – Untersee, Zellersee:

Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m² (0–20 m Tiefe)
Monatsmittel 1991/92



Aphanizomenon flos-aquae

Melosira granulata

Chlorella

Fragilaria crotonensis

Gymnodinium

Mougeotia

Cryptomonas

Rhodomonas

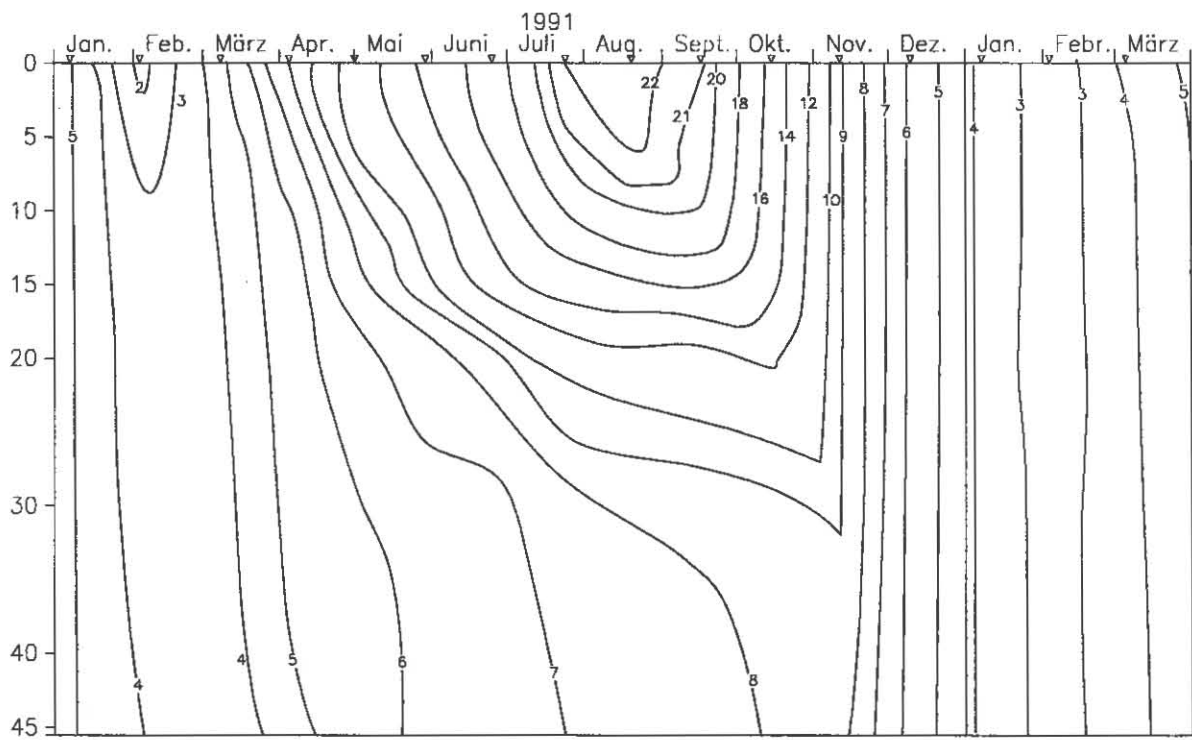


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Temperatur °C

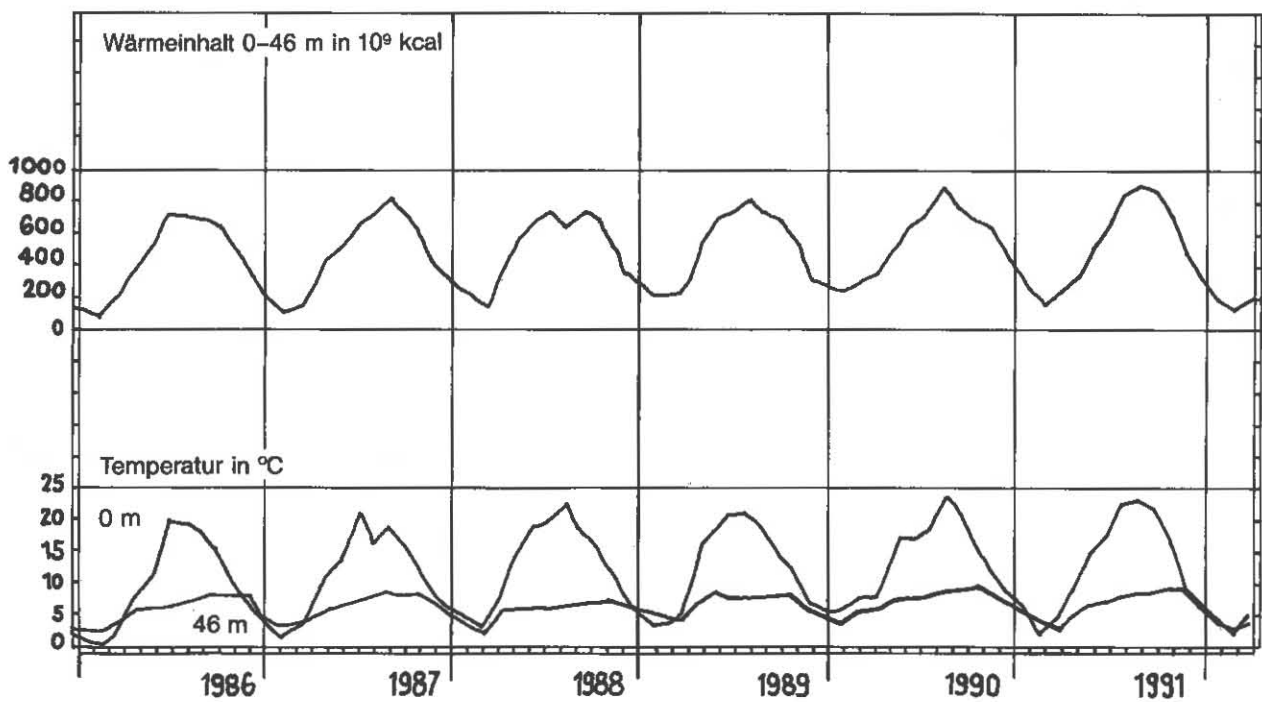


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Thermik

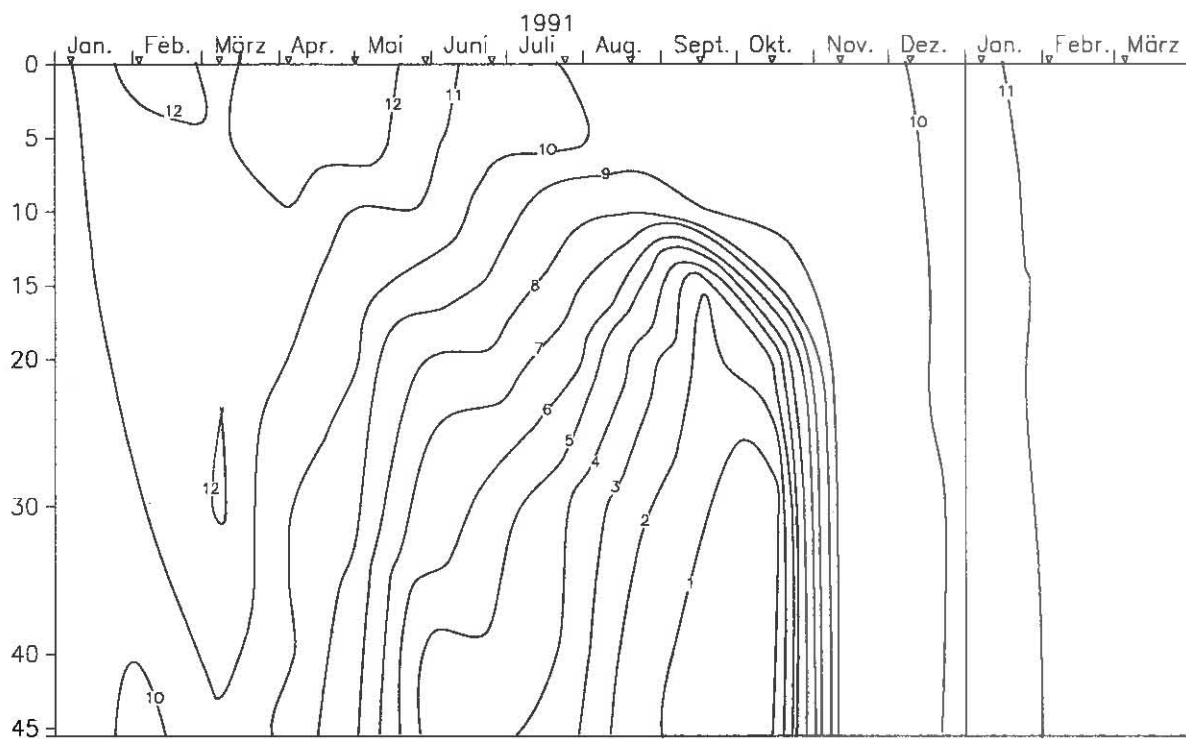


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoff (mg/l)

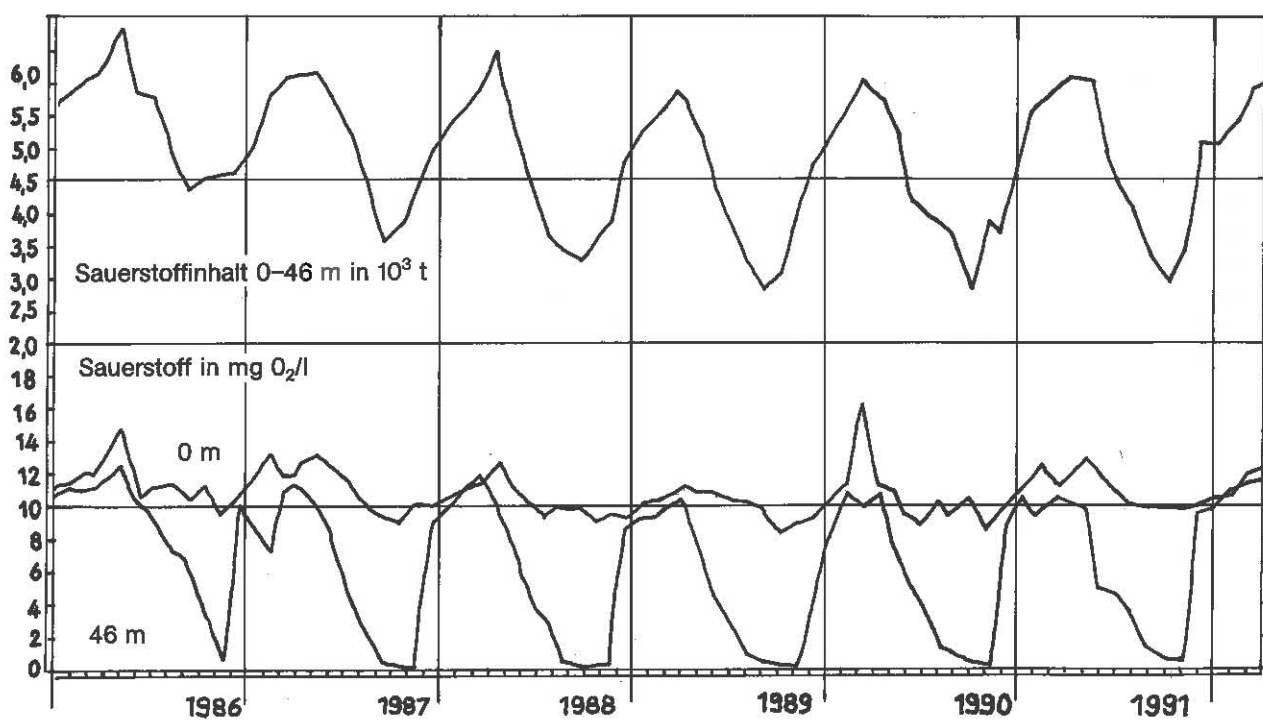


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoffinhalt 0-46 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe

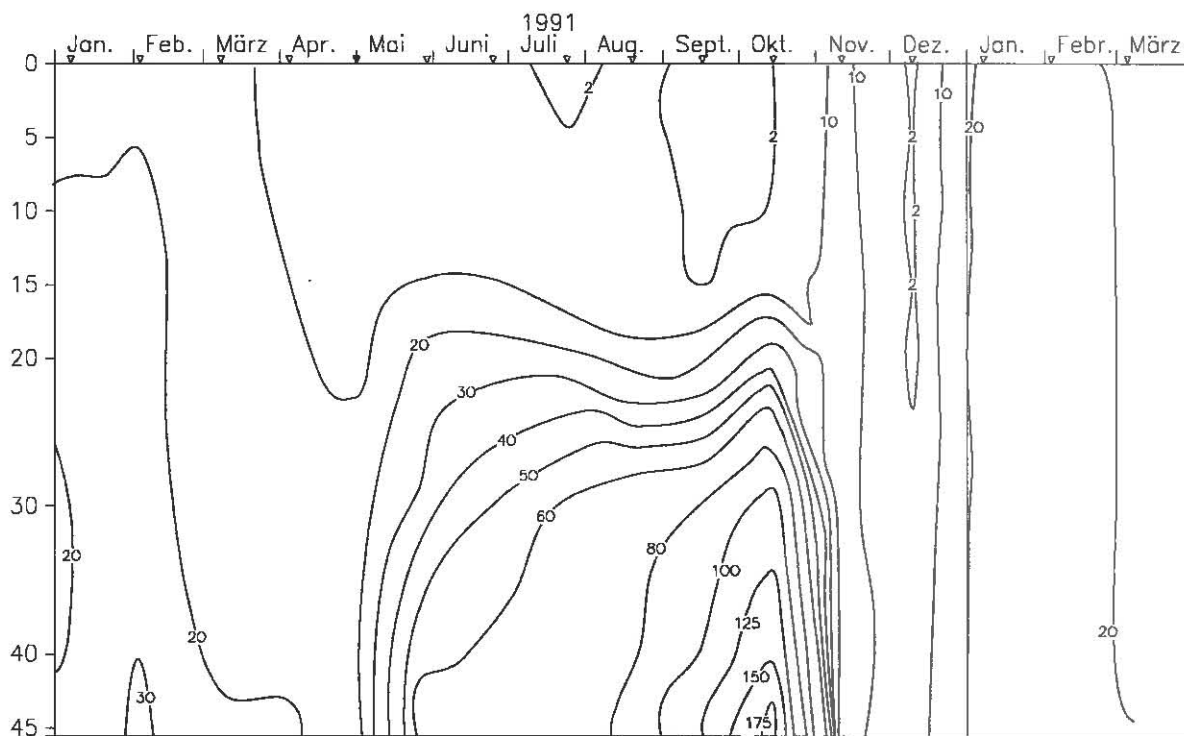


Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Orthophosphat – Phosphor (mg/m³)

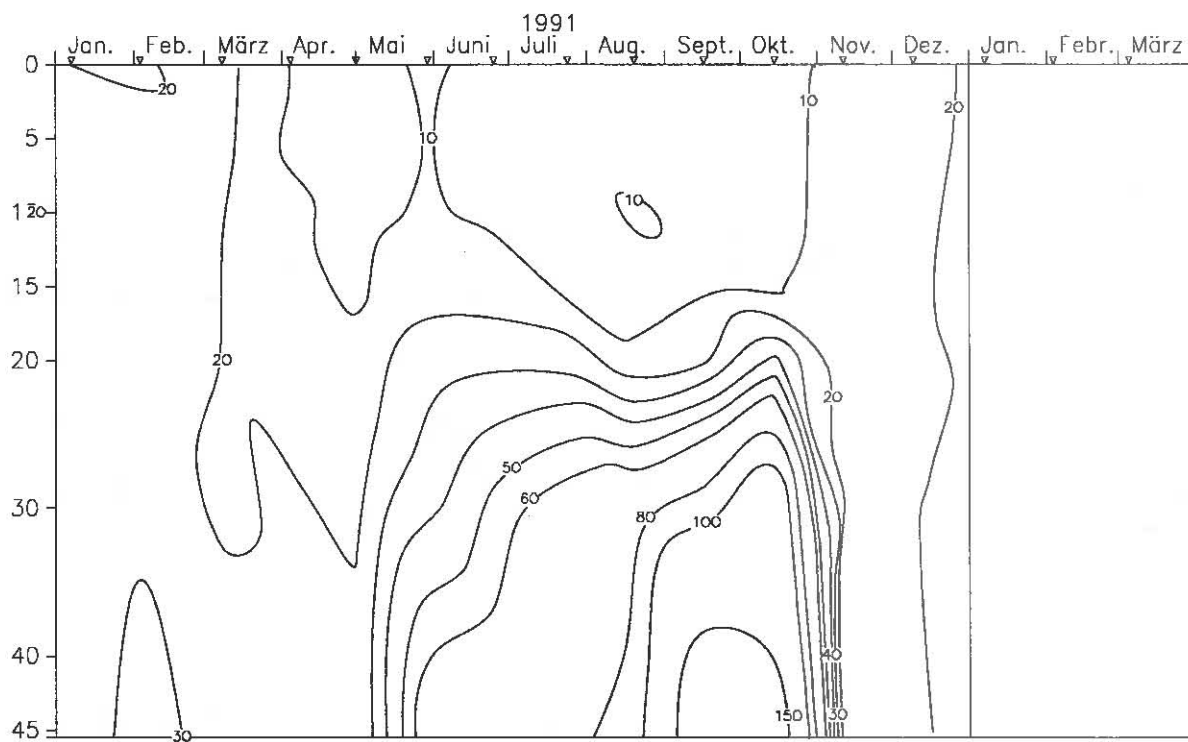


Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m³)

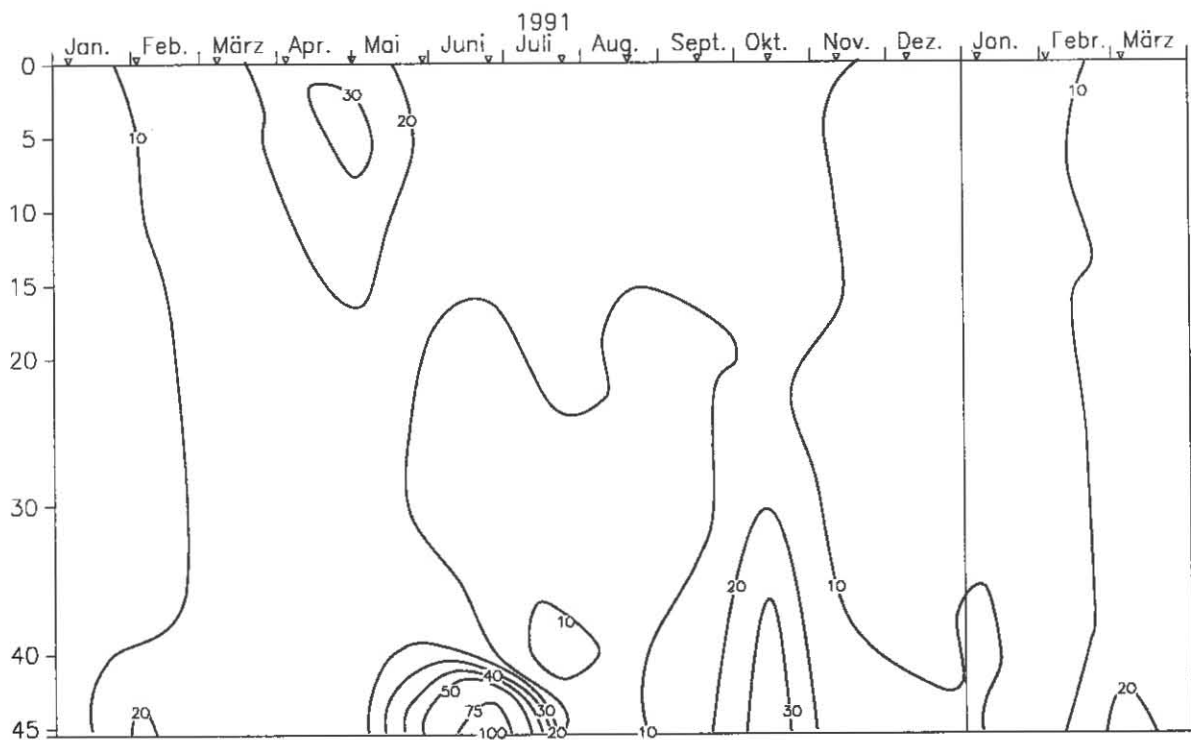


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

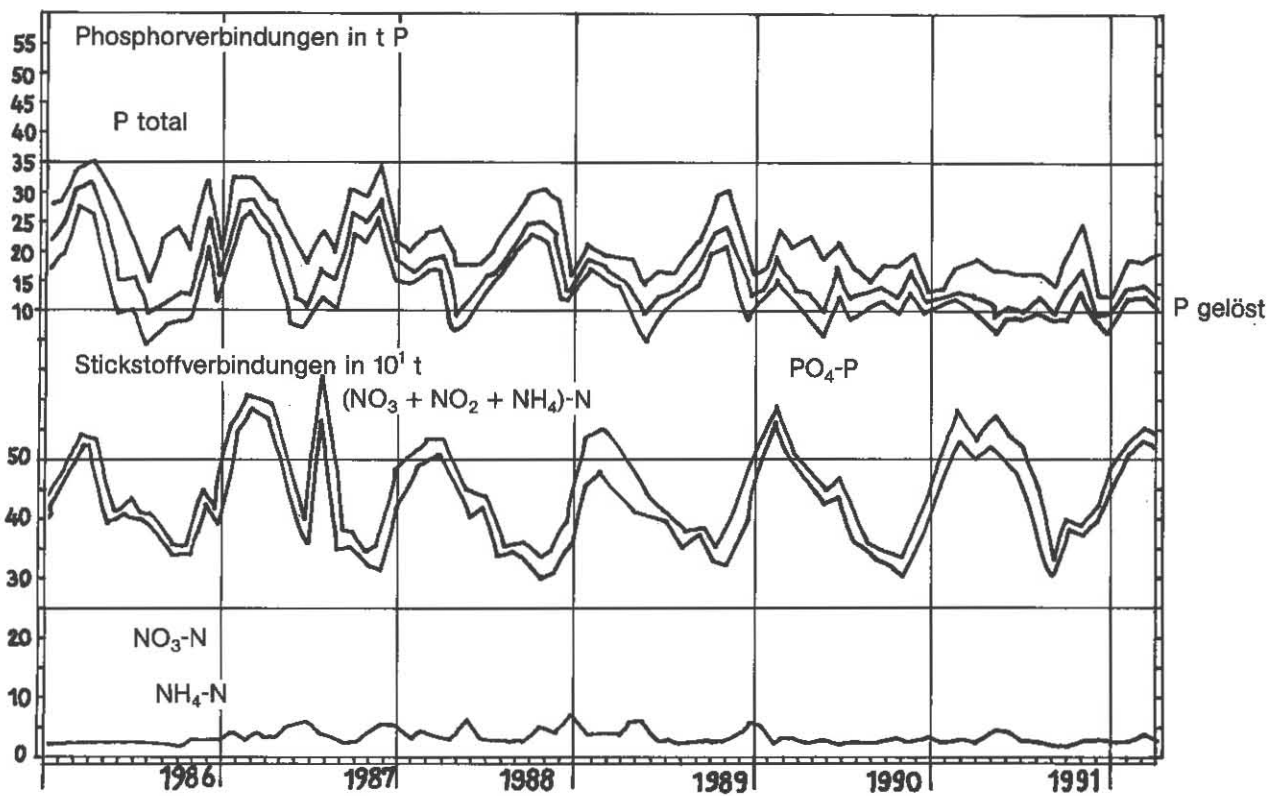


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe

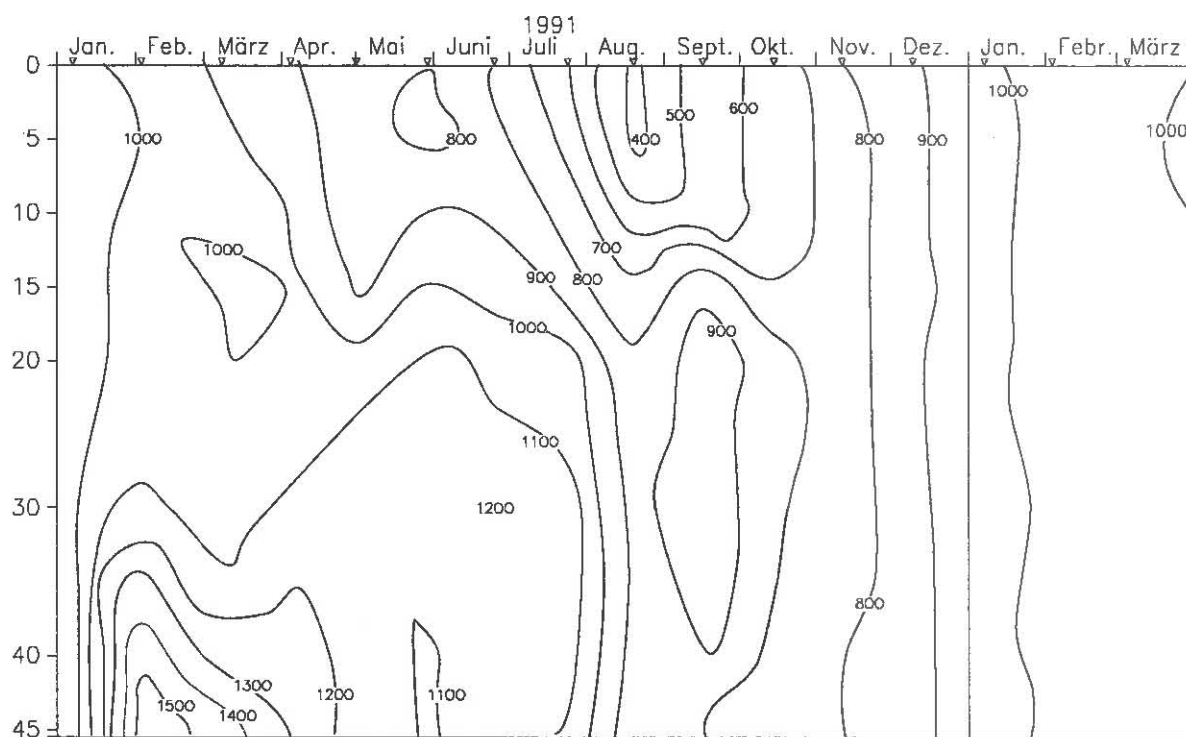


Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

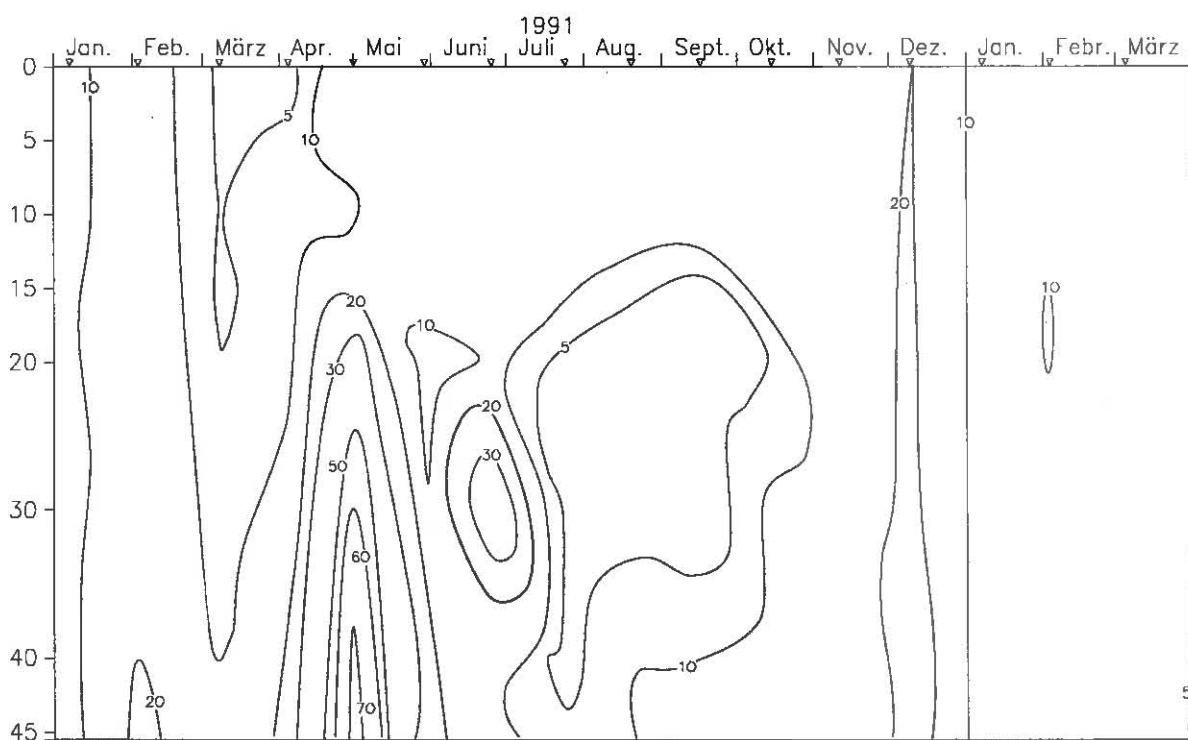


Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

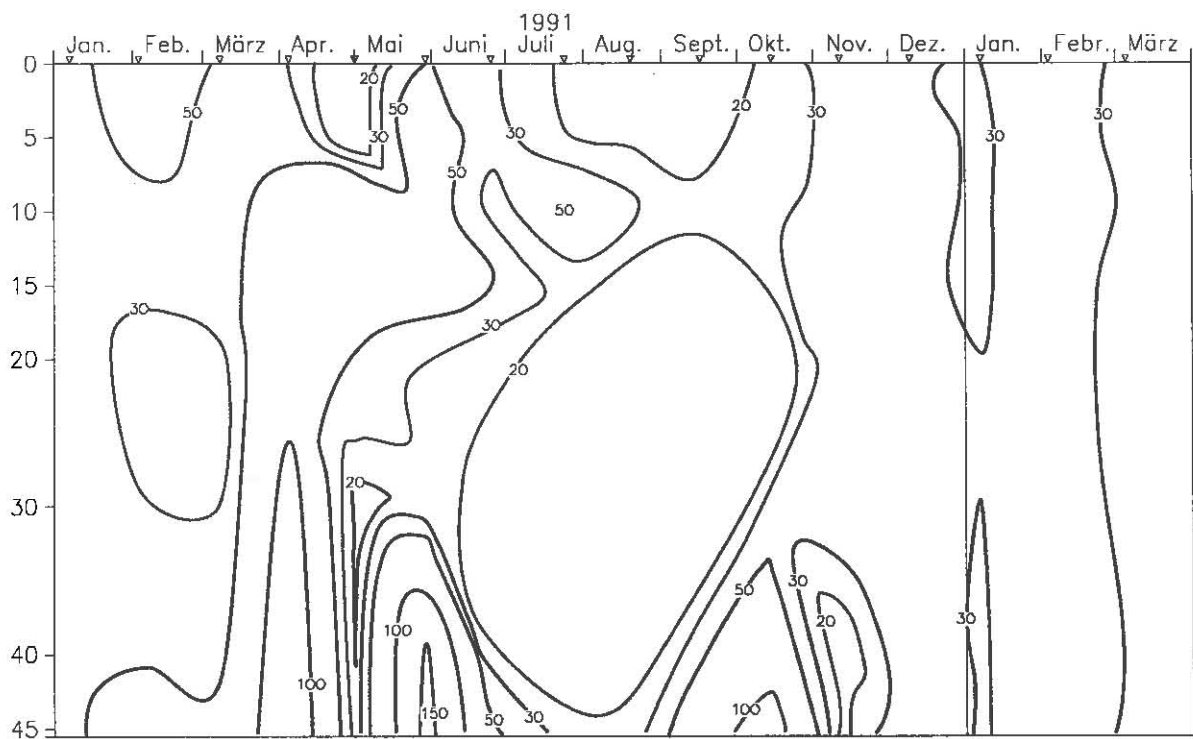


Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Ammonium – Stickstoff (mg/m³)

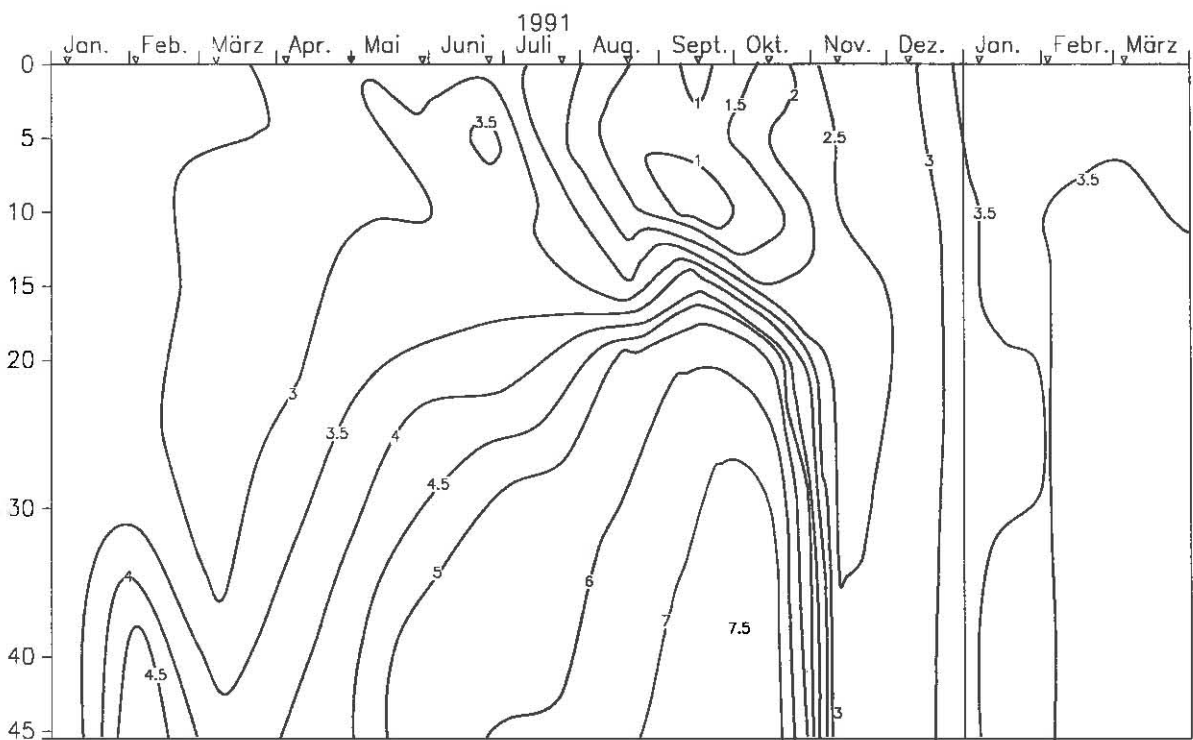


Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Silikat (mg/l)

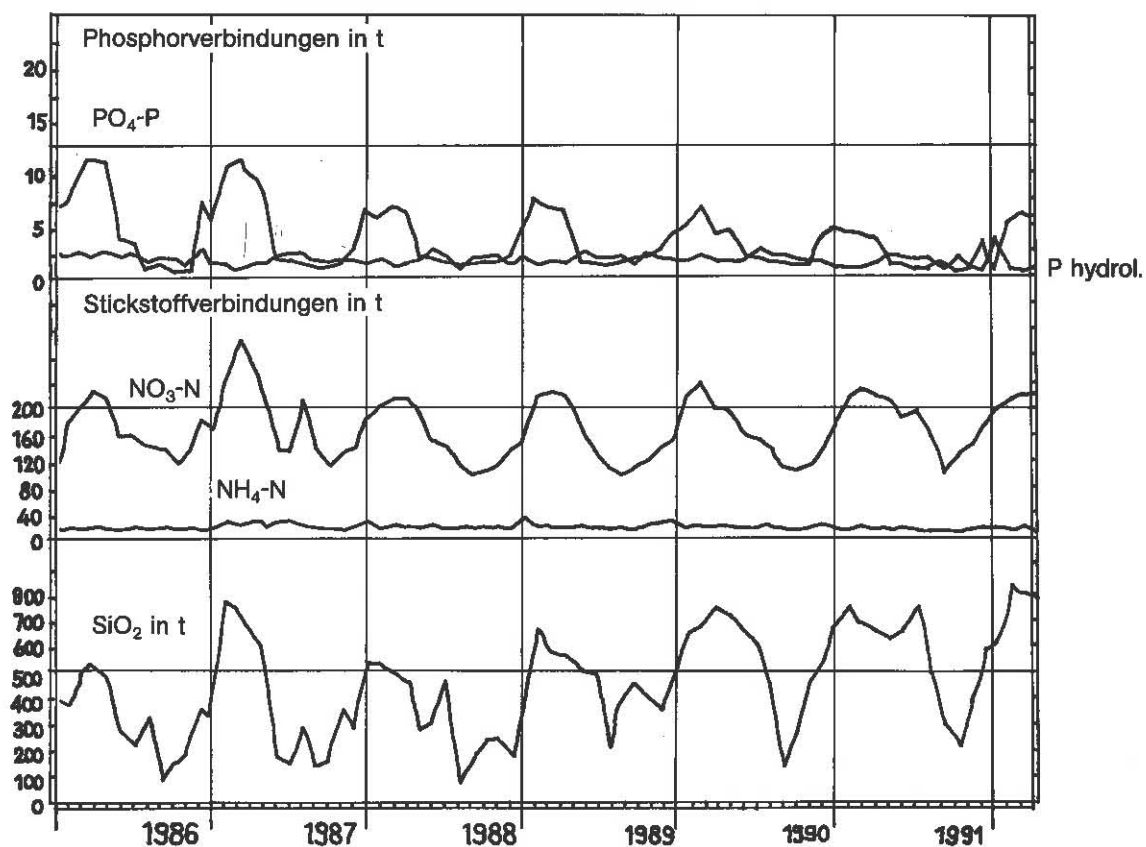


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

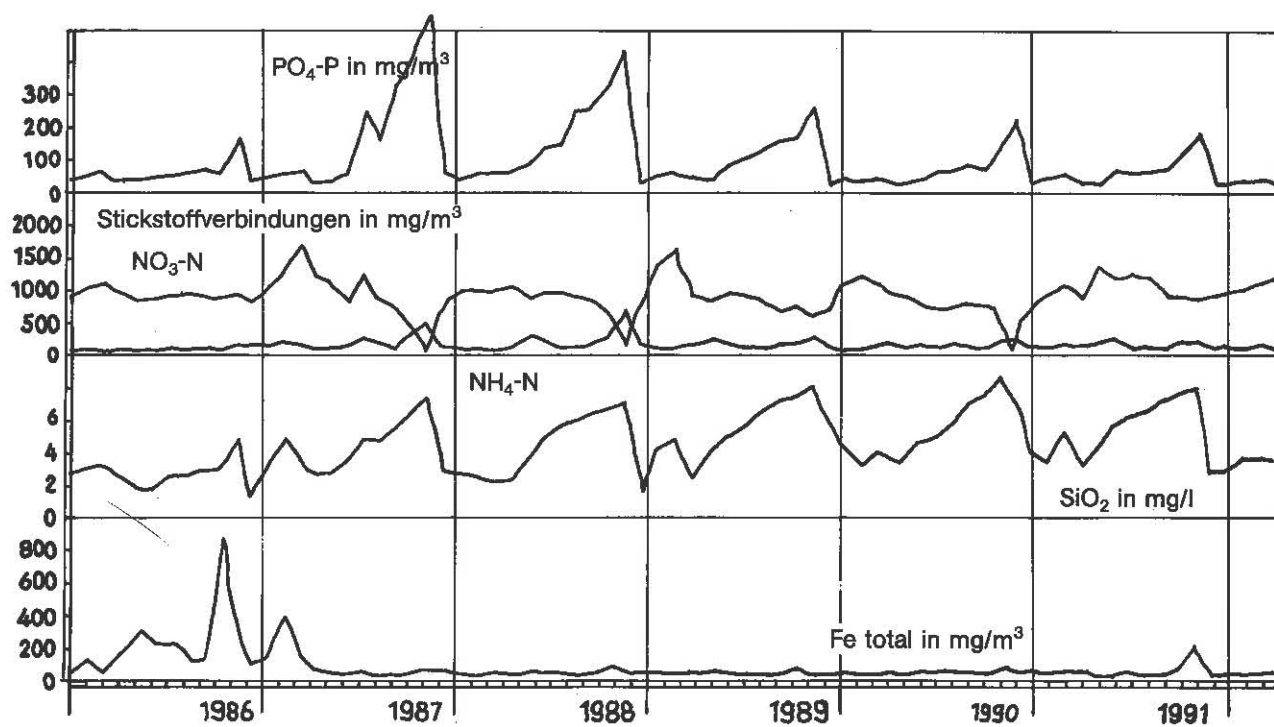


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

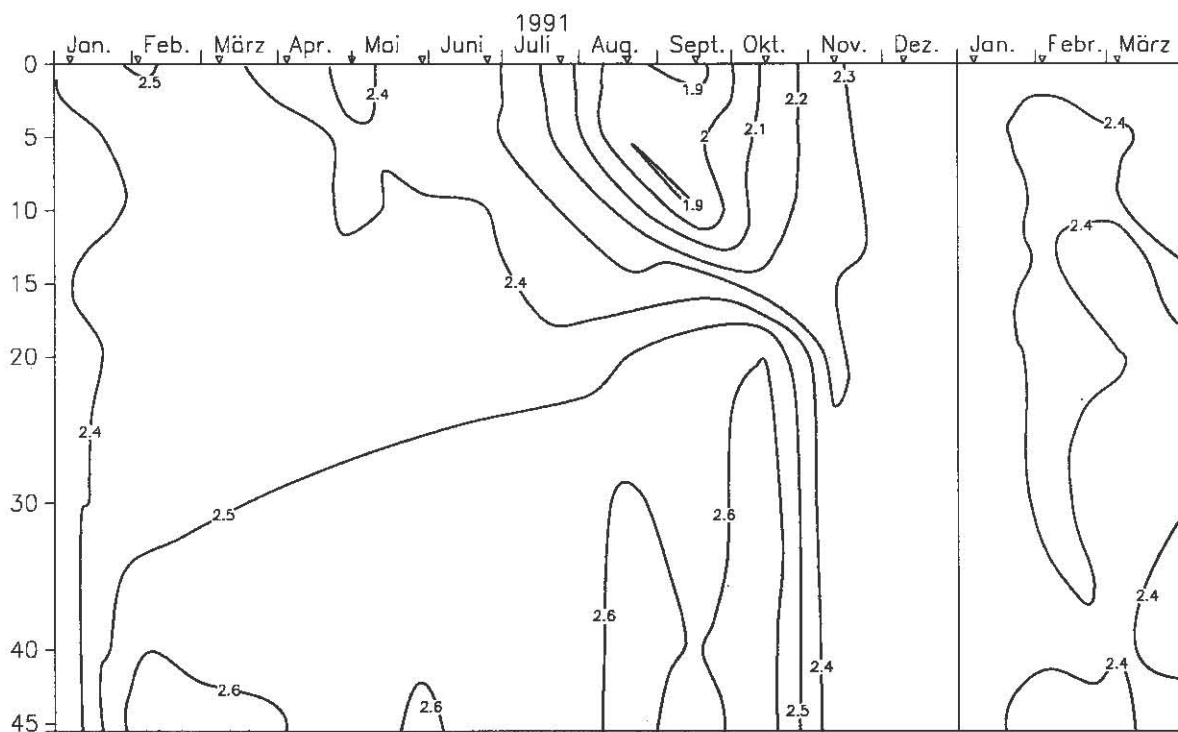


Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

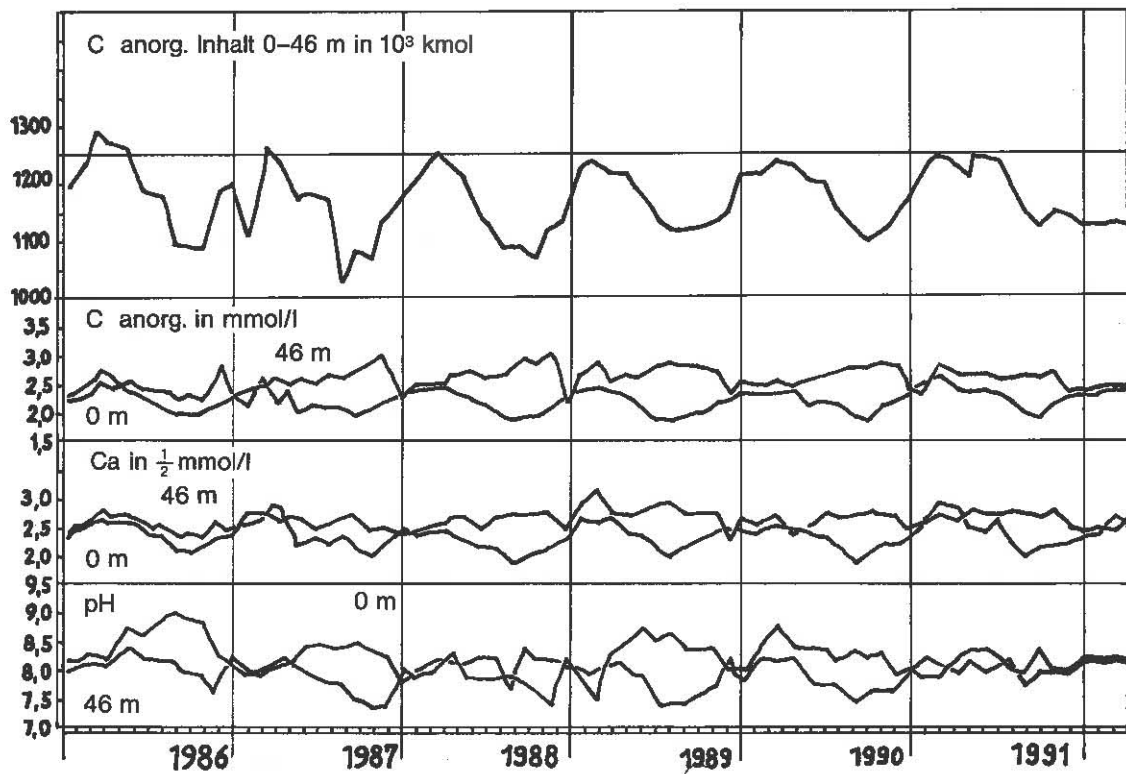


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe;
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium;
pH-Wert

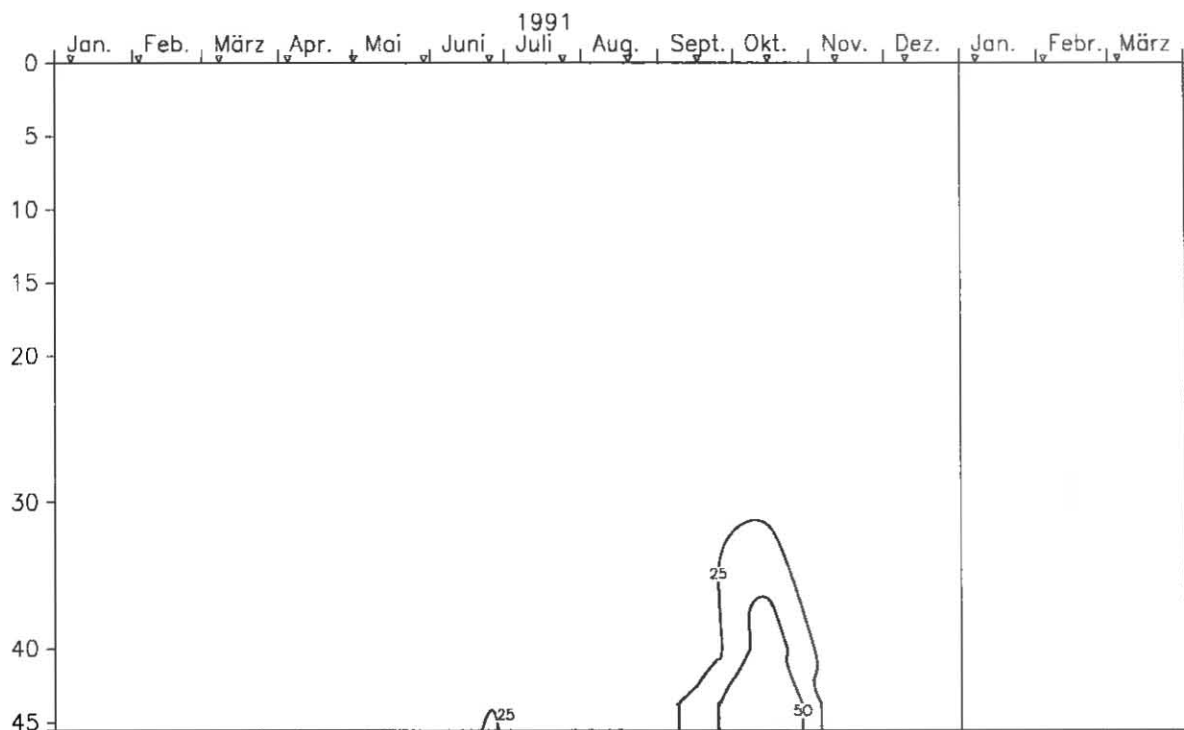


Abb. 69: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

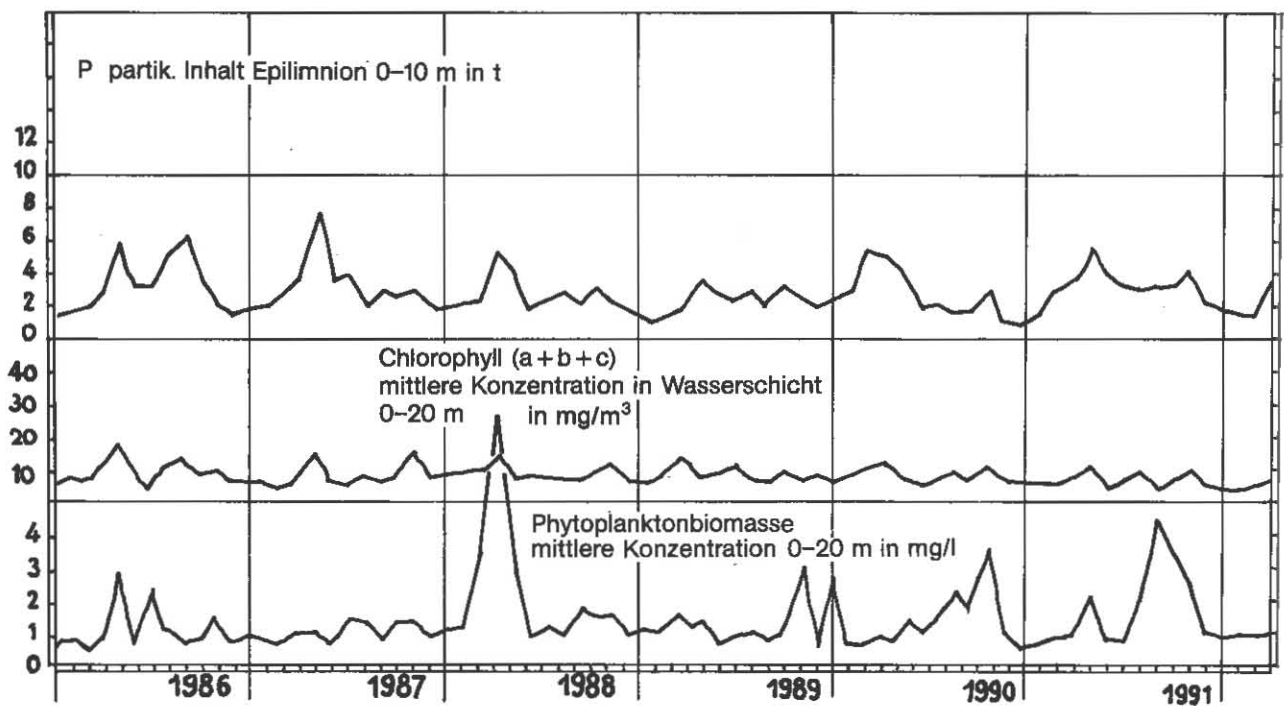


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomassenindikatoren

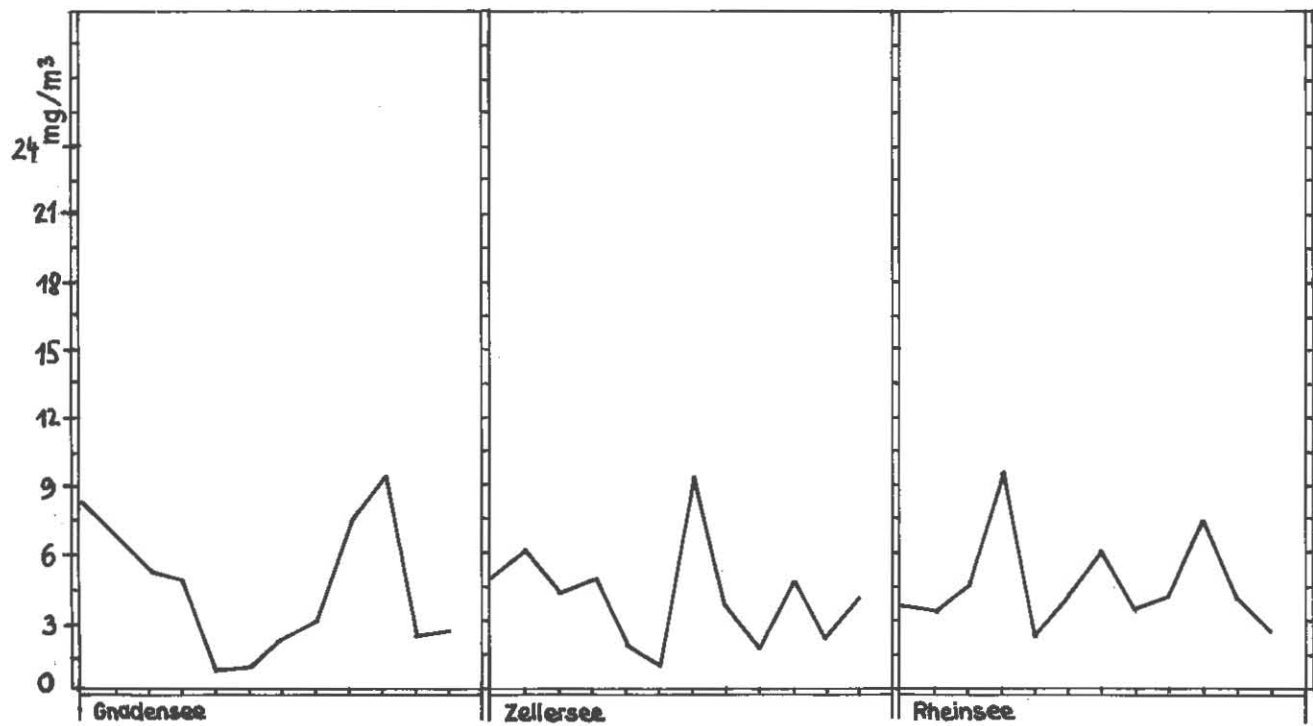


Abb. 71: Bodensee – Untersee:
Chlorophyll a + b + c im mg/m^3 im Gnadensee, Zellersee und Rheinsee,
mittlere Konzentration 0–20 m Tiefe

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 1991 bis April 1992 an den Stationen Fischbach-Uttwil(F), Langenargen-Arbon(L), Bregenzer Bucht(B) und von Januar 1991 bis Januar 1992 an den Stationen Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

OBERSEE-STATIONEN

08.01.1991	F	L
09.01.		B
05.02.	F	L
19.02.		B
05.03.	F	L
06.03		B
09.04.	F	L
07.05.	F	L
13.05.		B
04.06.	F	L
24.06.		B
02.07.	F	L
16.07.		B
06.08.	F	L
03.09.	F	L
16.09.		B
10.10.	F	L
22.10.		B
12.11.	F	L
25.11.		B
03.12.	F	L
10.12.		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

UNTERSEE-STATIONEN

07.01.1991	Z	R
04.02.	Z	R
04.03.	Z	
06.03.		R
03.04.		R
08.04.	Z	
30.04.		R
06.05.	Z	
28.05.		R
03.06.	Z	
24.06.	Z	R
22.07.	Z	
23.07.		R
19.08.		R
26.08.	Z	
16.09.		R
23.09.	Z	
14.10.		R
21.10.	Z	
11.11.		R
18.11.	Z	
09.12.		R
16.12.	Z	
07.01.1992	Z	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 ₂ CO 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 1991 (Meßdaten vom 09.04.91 bis 07.04.92)

IV bis XII: Monate 1991; I - III, IV-92: Monate 1992

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	9.4. bis 3.9.	3.9. bis 7.4.92
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 09.04.91	Ende 07.04.92	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10 ¹² Kcal	20,2 IX 4,6 II		4,5 VII,VIII, 4,1 X-XII,II III		234	225	341 IX 213 III		87,6 IX 20,0 II		6,6 XI 6,1 III		-	9	+ 107 - 116
Sauerstoff (a) mg/l, (b) 10 ³ t	13,2 V 9,1 VIII		10,3 III 5,7 XII		485	523	523 IV-92 356 XI		57 V 41 X		14,4 IV-92 10,3 XI		+	38	- 46 + 84
Orthophosphat -P (a) mg/m ³ , (b) t	25 II 1 VI-IX		66 IX 28 III		1280	1190	1370 I 1150 X		108 II 4 VIII		72 XI 42 III,IV-92		-	90	+ 10 - 100
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m ³ , (b) t	11 VI 1 X,XI		6 XII,I 3 IV,V,X,XI,IV-92		128	130	263 VI 102 X,XI		45 VI 4 X		9 XII 3 X		+	2	+ 18 - 16
Phosphor gelöst (a) mg/m ³ , (b) t	29 II 3 VIII,X		71 IX 33 III		1411	1324	1546 I 1256 X		124 II 13 X		80 XII 47 III,IV-92		-	87	+ 26 - 113
Phosphor partikulär (a) mg/m ³ , (b) t	19 V 1 XII		24 XII 1 V		165	104	185 III 61 IX		74 V 11 I,II		4,9 VII <1 V,VI		-	61	- 104 + 43
Phosphor total (a) mg/m ³ , (b) t	37 IV-92 7 X		92 XII 37 III,IV-92		1575	1428	1660 I 1361 X		148 IV 35 IX,X		78 XI 49 IV-92		-	147	- 76 - 71
Nitrat-N (a) mg/m ³ , (b) t	1040 II 610 IX		1030 III 910 XII		46888	48572	48919 III 45200 V		4456 II 2689 IX		1510 III 1387 IX		+	1684	-1461 +3145
Nitrit-N (a) mg/m ³ , (b) t	15 VIII <1 II		5 III <1 VII,XI,I,II		238	104	238 IV 3 II		61 VIII 3 II		4 IV,III <1 VII,XI,I,II		-	134	- 134 + 0
Ammonium-N (a) mg/m ³ , (b) t	40 VII <1 IV,V,X,XII,I		20 VI,VIII,IX,IV-92 <1 V,XI,XII		146	1071	1071 VI,IV-92 20 XII		132 VII <1 XII		35 VI,IV-92 <1 V,XI,XII		+	921	- 70 + 995
Stickstoff partikulär (a) mg/m ³ , (b) t	90 V 10 XII,I,II,IV-92		40 XII <1 VIII,X,IV-92		743	508	1052 V 274 II		359 V 44 XII,I,II		21 VI,III <1 VIII,X		-	235	- 293 + 58
Silikat (SiO ₂) (a) mg/l, (b) 10 ³ t	2,9 III <1 VIII		6,3 XII 3,7 III,IV		136	142	164 VIII,XII 137 IX,II		13 III <1 VIII		7,8 XII 5,1 III,IV,IV-92		+	6	+ 1 - 5
Kalium (a) mg/l, (b) 10 ³ t	1,4 I 1,1 VII		1,4 IX-XI,I,III,IV-92 1,2 VII		62,0	62,1	64,1 III 56,8 VII		5,8 I 5,0 VII		2,0 XI,I,IV-92 1,7 VII		+	0,1	- 1 + 1,1
Natrium (a) mg/l, (b) 10 ³ t	4,7 I,II 3,8 VIII,X		4,8 XII,IV-92 4,3 VI		210	217	218 XII 201 VI		20 V,XII,I-IV-92 17 VIII,X		6,8 XII,IV-92 6,1 VI		+	7	- 6 + 13

Tabelle 3

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Obersees
Seejahr 1991/92 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L)
und Bregenzer Bucht (B)

Meßwerte in "O" m	F	L	B
Temperatur in °C			
Maximum	20,1	21,2	21,5
Minimum	4,5	4,6	3,4
Sauerstoff in mg O ₂ /l			
Maximum	13,1	13,1	12,4
Minimum	9,5	8,7	9,9
Leitfähigkeit bei 20° in µS cm ⁻¹			
Maximum	316	311	337
Minimum	255	258	272
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,53	8,52	8,4
Minimum	7,92	7,93	7,8
Orthophosphat in mg PO ₄ -P/m ³			
Maximum	29	23	18
Minimum	1	1	2
Phosphor gelöst in mg P/m ³			
Maximum	31	27	20
Minimum	3	3	3
Phosphor total in mg P/m ³			
Maximum	37	38	35
Minimum	7	6	10
Nitrat in mg NO ₃ -N/m ³			
Maximum	1030	1000	1080
Minimum	610	660	530
Ammonium in mg NH ₄ -N/m ³			
Maximum	40	40	40
Minimum	<1	<1	10
Eisen total in mg Fe/m ³			
Maximum	29	33	-, -
Minimum	8	6	-, -
Kohlenstoff anorg. in mmol C/l			
Maximum	2,49	2,50	-, -
Minimum	2,28	2,26	-, -
Phosphor partik. in mg P/m ³			
Maximum	13	23	20
Minimum	1	2	3
Stickstoff partik. in mg N/m ³			
Maximum	70	110	-, -
Minimum	<1	10	-, -

Meßwerte in Seebodennähe	F 250 m	L 200 m	B 60 m
Temperatur in °C			
Maximum	4,8	4,6	5,6
Minimum	4,1	4,3	3,6
Sauerstoff in mg O ₂ /l			
Maximum	10,3	10,0	13,8
Minimum	5,2	6,6	8,1
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,04	8,02	8,2
Minimum	7,62	7,65	7,9
Orthophosphat in mg PO ₄ -P/m ³			
Maximum	68	63	31
Minimum	28	26	11
Nitrat in mg NO ₃ -N/m ³			
Maximum	1030	1000	1110
Minimum	900	930	830
Ammonium in mg NH ₄ -N/m ³			
Maximum	20	30	40
Minimum	<1	10	10
Eisen total in mg Fe/m ³			
Maximum	34	29	-,-
Minimum	1	8	-,-
Kohlenstoff anorg. in mmol C/l			
Maximum	2,70	2,68	-,-
Minimum	2,55	2,56	-,-
Phosphor total in mg P/m ³			
Maximum	92	70	48
Minimum	37	32	19

Tabelle 4: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1991 (Meßwerte vom 07.01.91 - 07.01.92)

I - XII: Monate 1991; I-92: Januar 1992

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr			Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn Seejahr	07.01. 23.07. - Ende bis 22.07. 07.1.92		
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.01.91	Ende 07.01.92	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10 ⁹ kcal	22,7 2,0	VIII II	10,8 3,1	X III	824	685	3630 525	VIII II	2371 315	VIII III	-139	+2595	-2734
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	13,7 7,6	III X	11,1 <1	I VIII-X	2107	2084	2436 1359	III IX	1453 839	III X	+ 23	- 498	+ 475
Orthophosphat-P (a) mg/m ³ , (b) t	33 <1	I-92 V,VI,VII-IX	468 21	X IV	5,7	6,3	7,3 0,4	X IV,V	3,4 <1	XI,I-92 V,VI,VII-IX	+ 0,6	- 4,4	+ 5,0
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m ³ , (b) t	12 <1	X VIII	34 8	X IV	2,0	2,0	2,2 0,3	X VIII	1,2 <1	I,VI,I-92 VIII	+ 0	- 0,7	+ 0,7
Phosphor gelöst (a) mg/m ³ , (b) t	43 <1	I-92 VIII	502 29	X IV	7,8	8,2	9,5 1,4	X IV	4,6 <1	I VIII	+ 0,4	- 5,2	+ 5,6
Phosphor partikul. (a) mg/m ³ , (b) t	23 4	IV VI,XI,I-92	68 4	IV VI,XI,I-92	1,6	0,9	3,9 0,8	IV VI,XI	2,3 0,4	IV XI	- 0,7	+ 0,4	- 1,1
Phosphor total (a) mg/m ³ , (b) t	50 9	I VI	572 47	X XI	9,3	9,1	11,5 2,7	X VI	5,3 1,0	I VI	- 0,2	- 4,7	+ 4,5
Nitrat-N (a) mg/m ³ , (b) t	1310 530	II VIII,IX	2660 <1	III X	246	228	254 112	II IX	139 58	I,II IX	- 18	- 95	+ 77
Nitrit-N (a) mg/m ³ , (b) t	26 6	XI I-92	98 <1	V X	2,2	1,3	4,9 1,3	IX,XI I-92	2,8 0,6	XI I-92	- 0,9	+ 1,4	- 2,3
Ammonium-N (a) mg/m ³ , (b) t	100 10	XI I-X,XII,I-92	1300 10	X I,II,XII,I-92	1,9	2,1	18,4 1,9	XI I,II,XII	10,7 1,1	XI I-X,XII,I-92	+ 0,2	+ 2,2	- 2,0
Silikat (SiO₂) (a) mg/l, (b) t	2,7 0,4	I,VI VIII	7,3 2,1	X XI	509	513	529 187	VI VIII	288 43	I,I-92 VIII	+ 4	- 144	+ 148
Calcium (a) mg/l, (b) t	54,9 38,9	III VIII	64,5 51,3	III XII,I-92	9770	9660	10290 8140	III IX	5820 4380	II VIII	-110	- 660	+ 550
Magnesium (a) mg/l, (b) t	8,0 6,6	VI XII,I-92	8,8 6,6	IV XII,I-92	1320	1280	1490 1230	VI XII	840 700	VI XII	- 40	+ 100	- 140
Chlorid (a) mg/l, (b) t	10,5 6,2	III VIII	27,0 8,7	IV VI	1840	1850	2180 1260	III VIII	1070 660	XI VIII	+ 10	- 480	+ 490

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr				Epilimnion (0 - 10 m)		Beginn 07.01. 23.7. - Ende bis bis Seejahr 22.07. 07.1.92		
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.01.91	Ende 07.01.92	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Eisen total (a) mg/m ³ , (b) t	40 11	II-IV IX	790 28	XII VI	6,2	5,1	10,0 3,0	XII IX	4,3 1,3	III IX	- 1,1	- 1,5	+ 0,4
Kohlenstoff anorg. (a) mg/l, (b) t	31,2 23,1	III VIII	37,4 28,6	IV XI	5671	5388	5953 4845	III IX	3338 2579	III VIII	-283	-276	- 7
Alkalinität (a) mmol/l, (b) 10 ³ kmol	2,63 1,96	III VIII	3,06 2,34	III XI	469	443	498 401	III IX	281 217	III VIII	- 26	- 11	- 9
UV-Extinktion 260 nm, d = 5 cm	0,570 0,340	I III	0,760 0,500	III II									
elektr. Leitfähigkeit (a) µS cm ⁻¹ , 20°C	306 242	XII, I-92 VIII	385 288	III I									
pH-Wert	8,79 8,00	VII XII, I-92	8,11 7,50	I VII, X									
Chlorophyll (a+b+c) Mittelw: 0-20 m, mg/m ³	9,1 1,3	VII VI											

Tabelle 5: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1991 (Meßdaten vom 07.01.91 - 07.01.92)

I - XII: Monate 1991; I-92: Januar 1992

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr			Epilimnion (0 - 10 m)			Beginn 07.01. 23.7. - Ende bis bis Seejahr 23.07. 07.1.92		
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 07.01.91	Ende 07.01.92	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10 ⁹ kcal	22,6 1,7	VIII II	8,4 3,2	XI III	2600	1940	8600 1510	VIII II	4760 530	VIII II	- 660	+5620	-6180
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	12,9 8,0	IV VIII	10,9 0,6	III IX	5560	5410	6070 2830	III IX	2710 1990	IV X	- 150	-1560	+1410
Orthophosphat-P (a) mg/m ³ , (b) t	23 <1	I-92 IX	179 6	X XII	10,3	12,1	13,2 1,0	X XII	4,9 0,1	I-92 IX	+	1,8 -	2,5 + 4,3
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m ³ , (b) t	15 <1	XII I	65 1	IX I,V,VII	0,2	1,3	6,9 0,2	XII I	2,7 0,2	XII I	+	1,1 +	2,2 - 1,1
Phosphor gelöst (a) mg/m ³ , (b) t	26 5	I-92 X	190 14	IX XI	10,5	13,4	15,6 4,9	X IV	5,5 1,1	I-92 X	+	2,9 -	0,3 + 3,2
Phosphor partikul. (a) mg/m ³ , (b) t	34 6	IV I,I-92	101 6	VI I	3,2	3,8	11,8 3,2	IV I	6,6 1,3	IV I	+	0,6 +	2,4 - 1,8
Phosphor total (a) mg/m ³ , (b) t	40 16	IV VIII	220 25	X XI	13,7	17,2	24,0 12,0	X XI,XII	8,0 4,1	III,IV VII,VIII	+	3,5 +	2,1 + 1,4
Nitrat-N (a) mg/m ³ , (b) t	1090 370	II VIII	1560 720	II X	490	500	540 310	II VIII	220 90	II,III VIII	+	10 -	60 + 70
Nitrit-N (a) mg/m ³ , (b) t	21 3	XII IV	75 6	IV VII	4,1	3,6	13,5 3,6	IV I-92	4,4 0,9	XII III	-	0,5 +	1,8 - 2,4
Ammonium-N (a) mg/m ³ , (b) t	88 5	IV IV	163 17	V XI	18,7	14,5	35,7 5,5	IV IX	14,9 3,6	V IX	-	4,2 -	7,5 + 3,3
Silikat (SiO ₂) (a) mg/l, (b) t	3,9 0,7	I-92 IX	7,8 2,7	X XI,XII	1630	1830	1840 1260	VI XI	800 210	I-92 IX	+	200 +	20 + 180
Calcium (a) mg/l, (b) t	52,7 38,7	VI VIII	56,7 47,5	II XII	25,0	25,2	26,4 23,3	VI VIII	11,3 8,7	VI VIII	+	0,2 -	0,3 + 0,5
Magnesium (a) mg/l, (b) t	8,5 6,1	II,VI IX	8,6 7,5	VI I	3,9	4,2	4,4 3,6	II IX	1,8 1,5	V IX	+	0,3 +	0,3 + 0
Chlorid (a) mg/l, (b) t	7,9 4,4	II VIII	12,0 5,5	II XI	2980	2970	3790 2670	V VIII	1470 960	II,IV VIII	-	10 +	140 - 150

[illegible]

Tabelle 6

Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Untersees
 Seejahr 1991/92 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

Meßwerte in "O" m	Z	R
Temperatur in °C		
Maximum	22,7	22,6
Minimum	2	1,7
Sauerstoff in mg O ₂ /l		
Maximum	13,7	12,9
Minimum	7,9	9,2
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,79	8,25
Minimum	8,00	7,59
Orthophosphat in mg PO ₄ -P/m ³		
Maximum	32	22
Minimum	<1	1
Phosphor partikulär in mg P/m ³		
Maximum	23	28
Minimum	4	6
Nitrat in mg NO ₃ -N/m ³		
Maximum	1310	1090
Minimum	530	380
Ammonium in mg NH ₄ -N/m ³		
Maximum	100	74
Minimum	10	5
Eisen total in mg Fe/m ³		
Maximum	40	6
Minimum	14	2

Tabelle 6

Meßwerte in Seebodennähe	Z 22-24 m⁺)	R 44-46 m⁺)
Temperatur in °C		
Maximum	10,8	8,4
Minimum	3,1	3,2
Sauerstoff in mg O ₂ /l		
Maximum	11,1	10,9
Minimum	<1	0,6
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,11	8,19
Minimum	7,50	7,61
Orthophosphat in mg PO ₄ -P/m ³		
Maximum	468	179
Minimum	21	6
Nitrat in mg NO ₃ -N/m ³		
Maximum	2660	1560
Minimum	<1	720
Ammonium in mg NH ₄ -N/m ³		
Maximum	1300	163
Minimum	10	17
Eisen total in mg Fe/m ³		
Maximum	790	95
Minimum	28	3
+je nach Seewasserstand		

Orientierende Untersuchung auf Pestizide im Bodensee

1. Einleitung

Zahlreiche Untersuchungen über Pestizide in Grund- und Oberflächenwässern in den achtziger Jahren zeigten, daß verschiedene Einzelverbindungen nicht nur gut nachweisbar waren, sondern teilweise auch in erhöhten Konzentrationen auftraten. Erste Untersuchungen an Rohwässern ausgewählter Bodenseewasserwerke am Obersee ergaben auch für den Bodensee geringe Gehalte von Pflanzenschutzmitteln aus der Gruppe der Triazine, wie beispielsweise Atrazin und Simazin.

Um genauere Informationen über die räumliche und zeitliche Verteilung dieser Substanzen im Bodensee zu erhalten, wurde von der INTERNATIONALEN GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE auf der 35. Kommissionstagung 1989 eine orientierende Untersuchung auf Pestizide im Bodensee beschlossen. Die Ergebnisse der zweijährigen Untersuchung werden in diesem Bericht vorgestellt.

2. Probenahme und Analytik

Im Rahmen von sechs Probenahmeserien wurden in den Jahren 1990 und 1991 jeweils mehrere Wasserproben aus Vertikalprofilen von Seemitte (Fischbach-Uttwil), aus dem Überlinger See und aus der Bregenzer Bucht entnommen. Zusätzliche Proben stammten aus den Seeabflüssen bei Konstanz (Seerhein) und bei Stein am Rhein sowie, ab Juli 1990, aus den Zuflüssen Alter Rhein, Dornbirnerach und Schussen.

Insgesamt wurden die Wasserproben auf 80 verschiedene Pestizide und bekannte Pestizid-Abbauprodukte untersucht (siehe Tabelle 1). Davon wurden 43 Substanzen in allen Serien vom ENGLER-BUNTE-INSTITUT (EBI) in Karlsruhe analysiert. Weitere 14 Phenoxyalkancarbonsäuren wurden vom EBI lediglich in den beiden ersten Untersuchungsserien 1990 gemessen. Nachdem in diesen Fällen kein einziger positiver Befund festgestellt werden konnte, wurde auf diese Substanzen 1991 nicht mehr geprüft. Aus dem selben Grund wurden auch alle vom INSTITUT FRESENIUS in Tausstein-Neuhof 1990 durchgeführten Analysen im Jahre 1991 nicht wiederholt.

Zur analytischen Bestimmung wurden die Pestizide aus einer Ein-Liter-Probe zunächst auf einer RP-C18 Phase angereichert und mit Aceton bzw. einem Aceton/Ethylacetat-Gemisch eluiert. Die anschließende Analyse der stickstoff- und phosphorhaltigen Verbindungen erfolgte mittels GC/N-P-Detektor bzw. HPLC/DAD und internem Standard (DAD = Dioden Array Detector). Die Phenoxy-

alkancarbonsäuren wurden mit Diazomethan derivatisiert und mit GC/MS und internem Standard analysiert. Die Bestimmung der Organochlorverbindungen erfolgte mit GC/ECD und internem Standard.

3. Ergebnisse

In allen Proben aus dem Bodensee konnten lediglich vier Substanzen: Atrazin, Desethylatrazin (Abbauprodukt von Atrazin), Simazin und Terbutylazin nachgewiesen werden. Eine einzige Probe aus dem Seerhein bei Konstanz enthielt darüber hinaus eine Spur des Simazin-Abbauproduktes Desethylsimazin (siehe Tabelle 2).

Im Bodenseewasser fand sich Atrazin in über 90% der Fälle in einer weitgehend konstanten Konzentration von $0,03 \text{ mg/m}^3$ (Maximalwert $0,04 \text{ mg/m}^3$). Das Atrazin-Abbauprodukt Desethylatrazin (Nachweisgrenze $0,03 \text{ mg/m}^3$) konnte ab Mitte 1991 in keiner Bodenseeprobe mehr nachgewiesen werden. Davor lagen die Konzentrationen zwischen $0,03$ und $0,06 \text{ mg/m}^3$.

Simazin war im Januar 1990 in keiner Bodenseeprobe nachweisbar und erreichte im Juli 1990 in fast allen Proben gerade die Nachweisgrenze von $0,01 \text{ mg/m}^3$. Ab Februar 1991 wurde praktisch einheitlich ein Gehalt $0,02 \text{ mg/m}^3$ gemessen.

Terbutylazin war in den Proben nur vereinzelt in Konzentrationen nahe der Nachweisgrenze von $0,01 \text{ mg/m}^3$ enthalten.

In den Zuflüssen wurden erwartungsgemäß die selben Substanzen gefunden wie im Bodenseewasser. Dabei lagen die Maximalgehalte stets etwas höher als im Seewasser (Atrazin: $0,12$; Desethylatrazin: $0,14$; Simazin: $0,05$; Terbutylazin: $0,03 \text{ mg/m}^3$). Andererseits waren diese Stoffe auch mehrfach nicht nachweisbar, insbesondere in der Dornbirnerach und teilweise im Alten Rhein.

Außer den genannten vier Triazinen wurden in den Zuflüssen mit Cyanazin und Diuron zwei weitere Wirkstoffe und die Abbauprodukte Desethylsimazin und Desethylterbutylazin jeweils in Einzelproben gefunden.

Die ursprüngliche Absicht, weitere Informationen über Pestizide durch Abschätzung der im Einzugsgebiet des Bodensees verbrauchten Substanzmengen zu erhalten, konnte nicht erreicht werden. Für alle Anliegerstaaten gibt es lediglich Angaben über die landesweit eingesetzten Pflanzenschutzmittel sowie Empfehlungen für ihren speziellen landwirtschaftlichen Einsatz. Aber hieraus lassen sich für den Bodensee aus mehreren Gründen keine annähernd zuverlässigen Belastungen abschätzen.

So können aus Anwender-Empfehlungen weder die tatsächlich gewählten Produkte noch gar die ausgebrachten Mengen abgeleitet werden. Dies zeigen zum Beispiel die im Herbst 1991 immer noch vorhandenen Atrazingehalte in der Schussen - trotz des Anwendungsverbotes das seit Frühjahr 1991 in der Bundesrepublik gilt. Wegen der Vielzahl der eingesetzten Verbindungen mit teilweise extrem unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften (Löslichkeiten, Adsorptionsverhalten, Abbau u.a.), wären die den Bodensee letztendlich erreichenden Frachten aber auch dann nicht zu ermitteln, wenn die Verbrauchszahlen für die verschiedenen Stoffe und das Einzugsgebiet bekannt wären. Die bereits für die Aufschlüsselung der Phosphorfrachten nach einzelnen Quellen bekannten Unschärfen und Schwierigkeiten erhöhen sich mithin bei den wesentlich aufwendiger zu bestimmenden Pestiziden noch beträchtlich.

4. Bewertung der Befunde

Analog zu anderen Untersuchungen, wie beispielsweise durch die Trinkwasserentnahmestellen am See, weisen die vorliegenden Ergebnisse das Vorkommen geringer Mengen von Pflanzenschutzmitteln im Wasser des Bodensees nach. Dabei unterschreiten die gefundenen Konzentrationen deutlich die etwa nach der deutschen Trinkwasserverordnung zulässigen Grenzwerte, sowohl den für die Einzelsubstanzen von $0,1 \text{ mg/m}^3$ als auch den für die Stoffsumme von $0,5 \text{ mg/m}^3$.

Eine Auswirkung des seit Frühjahr 1991 in der Bundesrepublik Deutschland bestehenden Anwendungsverbotes für Atrazin ließ sich im Rahmen dieser Stichprobenerhebung noch nicht erkennen.

Insgesamt führte die Untersuchung zu keinen alarmierenden Ergebnissen. Fast neunzig Prozent der geprüften Pflanzenschutzmittel waren nicht nachweisbar. Es zeigte sich aber, daß die Totalherbizide Atrazin und Simazin im gesamten Wasserkörper des Bodensees ganzjährig in Spuren enthalten sind. Wegen der hohen Wirksamkeit dieser Stoffe auf Biozönosen sollte diese Tatsache nicht hingenommen werden. Der Gebrauch des Atrazins und potentieller Ersatzstoffe, wie beispielsweise Simazin oder Terbutylazin, ist deshalb zu untersagen oder zumindest stark einzuschränken.

Derzeit sind annähernd 300 verschiedene Wirkstoffe für Pflanzenschutzmittel zugelassen. Für einen großen Teil dieser Stoffe fehlen immer noch Nachweismöglichkeiten für die niedrigen Konzentrationsbereiche in Umweltproben. Eine wirkungsvolle Kontrolle über Immissionsmessungen ist deshalb nicht möglich. Generell muß daher der Einsatz von Pestiziden so restriktiv wie möglich gehandhabt werden.

Tabelle 1: Zusammenstellung der untersuchten Pestizide

Untersuchte Pestizide	Bestimmungsgrenzen (1) (mg/m ³)		Löslichkeit (bei 20°C) (2) (mg/l)
	EBI	IF	
<u>1. Herbizide</u>			
<u>Triazine</u>			
1 Ametryn	0,01		185
2 Atrazin	0,01	0,05	70
3 Cyanazin	0,01		171 25°C
4 Desethylatrazin	0,03	0,05	
5 Desisopropylatrazin	0,10		
6 Desethylsimazin	0,10		
7 Desethylterbutylazin	0,05		
8 Desmetryn	0,01		580
9 Hexazinon		0,05	33.000
10 Metribuzin	0,01		1.220
11 Prometryn	0,01		48
12 Propazin	0,01	0,05	9
13 Sebutylazin	0,01		35
14 Simazin	0,01	0,05	5
15 Terbutryn	0,01	0,10	58
16 Terbutylazin	0,01	0,05	9
<u>Phenylharnstoffe</u>			
17 Buturon		0,10	30
18 Chlortoluron	0,10		70
19 Diuron	0,10		42 25°C
20 Fenuron		0,10	3.850
21 Isoproturon	0,10	0,10	170 25°C
22 Linuron		0,10	75 25°C
23 Methabenzthiazuron	0,10		59
24 Metobromuron	0,10		9
25 Metoxuron	0,10	0,10	678 24°C
26 Monolinuron	0,10		580
<u>Carbamate</u>			
27 Carbetamid		0,10	3.500
28 Chlorbufam		0,10	540
29 Propham		0,10	250

Fortsetzung Tabelle 1:

Untersuchte Pestizide	Bestimmungsgrenze (1) (mg/m ³)		Löslichkeit (bei 20°C) (2) (mg/l)
	EBI	IF	

1. Fortsetzung HerbizidePhenoxyalkancarbonsäuren

30 Bentazon	0,05		500
31 Bromoxynil	0,05		130
32 Dicamba	0,05		7.900 25°C
33 2,4-Dichlorphenoxy- essigsäure (2,4-D)	0,05	0,10	600
34 Dichlorprop	0,05	0,10	350
35 Dinoseb	0,05		50
36 Dinoterb	0,05		0,45
37 Ioxynil	0,05		1,8
38 MCPB	0,05		44
39 Mecoprop	0,05	0,10	620
40 2-Methyl-4-chlorphenoxy- essigsäure (MCPA)	0,05	0,10	300 25°C
41 Picloram	0,10		430 25°C
42 2,4,5-TP (Fenoprop)	0,05		176 25°C
43 2,4,5-Trichlorphenoxy- essigsäure (2,4,5-T)	0,05	0,10	278

Andere

44 Bromacil	0,05	0,05	815 25°C
45 Dichlorbenil	0,05		18
46 Metazachlor	0,03	0,05	< 17
47 Metolachlor	0,05	0,10	530
48 Pendimethalin	0,01		0,3
49 Triallat	0,05		4
50 Trifluralin	0,05		< 1 27°C

2. Fungizide

51 Metalaxyl	0,05		7.100
52 Oxadixyl	0,05		3.400 25°C
53 Triadimefon	0,05		70
54 Triadimenol	0,05		95
55 Vinclozolin	0,05		< 1.000

Fortsetzung Tabelle 1:

Untersuchte Pestizide	Bestimmungsgrenze (1) (mg/m^3)		Löslichkeit (bei 20°C) (2) (mg/l)	
	EBI	IF		
<u>3. Insektizide</u>				
<u>Organophosphorverbindungen</u>				
56 Bromphosethyl		0,05	2	
57 Diazinon	0,05	0,05	40	
58 Dimethoat	0,05	0,05	25.000 21°C	
59 Disulfoton	0,05		25	
60 Etrimfos	0,05		40 23°C	
61 Malathion		0,05	145 25°C	
62 Mevinphos		0,05	leicht löslich	
63 Parathion-ethyl	0,05	0,05	24 25°C	
64 Parathion-methyl	0,05	0,05	55 25°C	
65 Propetamfos	0,05		110 24°C	
66 Thiomethon	0,05		200 25°C	
 <u>Organochlorverbindungen</u>				
67 Aldrin		0,05	< 0,05	
68 cis-Chlordan		0,05	unlöslich	
69 trans-Chlordan		0,05	unlöslich	
70 p,p'-DDD		0,05		
71 p,p'-DDE		0,05		
72 p,p'-DDT		0,05	0,0012	
73 Dieldrin		0,05	< 0,1	
74 a-Endosulfan		0,05	unlöslich	
75 Endrin		0,05	unlöslich	
76 Heptachlorepoxyd		0,05	unlöslich	
77 Hexachlorbenzol		0,05	unlöslich	
78 Lindan	0,01	0,05	10	
79 Quintozen		0,05	0,44	
 <u>Andere</u>				
80 Propoxur	0,05		2.000	

(1) Analyse durch DVGW-FORSCHUNGSSTELLE am ENGLER-BUNTE-INSTITUT der Universität Karlsruhe (EBI) und im INSTITUT FRESENIUS in Taunusstein-Neuhof (IF)
 Leerstelle in der Spalte "Bestimmungsgrenze" bedeutet: Stoff wurde nicht bestimmt (nicht im Analysenprogramm enthalten)

(2) Angaben zur Löslichkeit aus: Werner Perkow, Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel.-
 2. Aufl., Berlin und Hamburg 1983/1988

Tabelle 2: Zusammenstellung der Meßergebnisse der Pestizid-Untersuchung im Bodensee, in den Zuflüssen Schussen, Dornbirnerach und Alter Rhein, sowie den Abflüssen bei Konstanz und Stein a.R.

- Bemerkungen:
- nn = nicht nachweisbar; ng = nicht gemessen (nicht bestimmt)
 - Doppelbestimmungen (nur bei F-U im Januar 1990!): 1.M./2.M. = Messung der 1. bzw. 2.Probe
 - Ab Juli 1990 änderte sich die Proben-Nummerierung

1. Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)

Atrazin (mg/m ³)		1990 09. Januar		ab Juli 1990 mehr Tiefen		1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 26. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI 1.M.	IF 2.M.	Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
3/4	0	0,02	0,02	3	0	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
5/6	10	0,02	0,02	4	10	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03
	20	ng	ng	5	20	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	50	ng	ng	6	50	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
7/8	100	0,02	0,02	7	100	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
9/10	200	0,02	nn	8	200	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
11/12	248	0,02	nn	9	250	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Mittel:		0,02 < 0,02				0,030	0,030	0,031	0,030	0,028

Desethyl- atrazin (mg/m ³)		1990 09. Januar				1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 26. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI 1.M.	IF 2.M.	Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
3/4	0	0,03	0,03	3	0	0,05	0,03	nn	nn	nn
5/6	10	0,04	0,03	4	10	0,05	0,03	nn	nn	nn
	20	ng	ng	5	20	0,04	0,03	nn	nn	nn
	50	ng	ng	6	50	0,05	0,06	nn	nn	nn
7/8	100	0,03	0,03	7	100	0,04	0,04	nn	nn	nn
9/10	200	0,03	nn	8	200	0,04	0,03	nn	nn	nn
11/12	248	nn	nn	9	250	0,04	0,05	nn	nn	nn
Mittel:		ca 0,03 < 0,03				0,044	0,041			

Fortsetzung Tabelle 2:

1. Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)

Simazin (mg/m ³)		1990 09. Januar				1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 26. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI 1.M.	IF 2.M.	Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
3/4	0	nn	nn	3	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
5/6	10	nn	nn	4	10	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
	20	ng	ng	5	20	0,01	0,02	nn	0,02	0,01
	50	ng	ng	6	50	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
7/8	100	nn	nn	7	100	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
9/10	200	nn	nn	8	200	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
11/12	248	nn	nn	9	250	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Mittel:						0,010	0,019	< 0,020	0,020	0,010

Terbutylazin (mg/m ³)		1990 09. Januar				1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 26. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI 1.M.	IF 2.M.	Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
3/4	0	nn	nn	3	0	nn	nn	nn	nn	nn
5/6	10	nn	nn	4	10	0,02	nn	nn	nn	nn
	20	ng	ng	5	20	nn	nn	nn	nn	nn
	50	ng	ng	6	50	nn	nn	nn	nn	nn
7/8	100	nn	nn	7	100	nn	nn	nn	nn	nn
9/10	200	nn	nn	8	200	nn	nn	nn	nn	nn
11/12	248	nn	nn	9	250	nn	nn	nn	nn	nn

2. Überlinger See (vor Überlingen):

Atrazin (mg/m ³)		1990 11. Januar				1990 13. Juli	1991 26. Febr.	1991 20. Juni	1991 19. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	keine 2.M.!	Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
13	0	0,02		17	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
14	10	0,02		18	10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	20	ng		19	20	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
15	50	0,02		20	50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
16	140	0,02		21	140	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Fortsetzung Tabelle 2:

2. Überlinger See (vor Überlingen):

Desethyl-

atrazin

(mg/m³)

		1990			1990	1991	1991	1991	1991
		11. Januar			13. Juli	26. Febr.	20. Juni	19. Aug.	23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.l		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
13	0	nn		17	0	0,06	0,04	nn	nn
14	10	0,03		18	10	0,04	0,04	nn	nn
	20	ng		19	20	0,04	0,03	nn	nn
15	50	0,02		20	50	0,05	0,03	nn	nn
16	140	0,02		21	140	0,05	0,04	nn	nn

Simazin

(mg/m³)

		1990			1990	1991	1991	1991	1991
		11. Januar			13. Juli	26. Febr.	20. Juni	19. Aug.	23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.l		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
13	0	nn		17	0	0,01	0,02	0,02	nn
14	10	nn		18	10	0,01	0,02	0,02	nn
	20	ng		19	20	0,01	0,02	0,02	nn
15	50	nn		20	50	0,02	0,02	0,02	0,01
16	140	nn		21	140	0,02	0,02	0,02	0,01

Terbutylazin

(mg/m³)

		1990			1990	1991	1991	1991	1991
		11. Januar			13. Juli	26. Febr.	20. Juni	19. Aug.	23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.l		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
13	0	nn		17	0	0,02	nn	nn	nn
14	10	nn		18	10	nn	nn	nn	nn
	20	ng		19	20	nn	nn	nn	nn
15	50	nn		20	50	nn	nn	nn	nn
16	140	nn		21	140	0,01	nn	nn	nn

Fortsetzung Tabelle 2:

3. Bregenzer Bucht

Atrazin (mg/m ³)		1990 11. Januar			1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 25. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.!		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
17	0	nn		10	0	0,03	0,03	0,03	0,02
18	10	0,01		11	10	0,03	0,03	0,04	0,02
	20	ng		12	20	0,02	0,03	0,03	0,03
19	60	nn		13	60	0,03	0,03	ng	0,02

Desethyl- atrazin (mg/m ³)		1990 11. Januar			1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 25. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.!		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
17	0	0,03		10	0	0,04	0,03	nn	nn
18	10	nn		11	10	0,04	0,04	nn	nn
	20	ng		12	20	0,03	0,03	nn	0,03
19	60	nn		13	60	0,04	0,05	ng	0,04

Simazin (mg/m ³)		1990 11. Januar			1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 25. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.!		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
17	0	nn		10	0	0,01	0,02	0,02	nn
18	10	nn		11	10	0,01	0,02	0,02	0,01
	20	ng		12	20	nn	0,02	nn	0,02
19	60	nn		13	60	0,01	0,02	ng	nn

Terbutylazin (mg/m ³)		1990 11. Januar			1990 11. Juli	1991 27. Febr.	1991 25. Juni	1991 20. Aug.	1991 23. Okt.
Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI keine 2.M.!		Probe Nr.	Tiefe Meter	EBI	EBI	EBI	EBI
17	0	nn		10	0	nn	nn	nn	0,01
18	10	nn		11	10	0,01	nn	nn	nn
	20	ng		12	20	nn	nn	nn	0,01
19	60	nn		13	60	nn	nn	ng	nn

Fortsetzung Tabelle 2:

4. Bodensee-Abflüsse:

Atrazin (mg/m ³)	1990 08. Januar		1990 10. Juli	1991 25. Febr.	1991 20. Juni	1991 19. Aug.	1991 24. Okt.
Abfluß	EBI keine 2.M.!	Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Stein a.R.	0,02	1	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
Seerhein (KN)	0,02	2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Desethyl- atrazin (mg/m ³)	1990 08. Januar		1990 10. Juli	1991 25. Febr.	1991 20. Juni	1991 19. Aug.	1991 24. Okt.
Abfluß	EBI keine 2.M.!	Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Stein a.R.	0,03	1	0,05	0,03	nn	nn	nn
Seerhein (KN)	0,04	2	0,04	0,03	nn	nn	0,04

Simazin (mg/m ³)	1990 08. Januar		1990 10. Juli	1991 25. Febr.	1991 20. Juni	1991 19. Aug.	1991 24. Okt.
Abfluß	EBI keine 2.M.!	Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Stein a.R.	0,02	1	0,02	0,01	0,02	nn	0,01
Seerhein (KN)	0,02	2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Desethylsimazin (mg/m ³)	1990 08. Januar		1990 10. Juli	1991 25. Febr.	1991 20. Juni	1991 19. Aug.	1991 24. Okt.
Abfluß	EBI keine 2.M.!	Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Stein a.R.	nn	1	nn	nn	nn	nn	nn
Seerhein (KN)	nn	2	nn	nn	nn	nn	0,01

Terbutylazin ist in den Abflüssen nicht nachweisbar

Fortsetzung Tabelle 2:

5. Bodensee-Zuflüsse (im Januar 1990 nicht gemessen!):

Atrazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	0,03	0,09	0,12	0,03	0,02
Dornbirnerach		15	0,04	nn	0,03	0,02	nn
Alter Rhein		16	0,12	0,01	0,04	0,02	0,01

Desethyl- atrazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	0,07	0,08	0,07	0,04	nn
Dornbirnerach		15	0,04	nn	nn	nn	nn
Alter Rhein		16	0,14	nn	nn	nn	nn

Cyanazin	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	nn	0,15	nn	nn	nn
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	nn	nn
Alter Rhein		16	nn	nn	nn	nn	nn

mit GC/MSD bestätigt!

Simazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	nn	0,02	0,04	0,03	0,03
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	nn	0,01
Alter Rhein		16	0,03	0,01	nn	nn	0,05

Fortsetzung Tabelle 2:

5. Bodensee-Zuflüsse (im Januar 1990 nicht gemessen!):

Desethylsimazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	nn	nn	nn	nn	nn
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	nn	nn
Alter Rhein		16	nn	nn	nn	nn	0,01

Terbutylazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	0,02	nn	0,03	nn	nn
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	nn	nn
Alter Rhein		16	0,01	nn	nn	0,02	nn

Desethylterbutylazin (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	nn	nn	nn	nn	nn
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	0,05	nn
Alter Rhein		16	nn	nn	nn	nn	nn

Diuron (mg/m ³)	1990		1990 12. Juli	1991 28. Febr.	1991 24. Juni	1991 21. Aug.	1991 22. Okt.
Zufluß		Probe Nr.	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Schussen		14	nn	nn	nn	ng	nn
Dornbirnerach		15	nn	nn	nn	ng	nn
Alter Rhein		16	nn	nn	nn	0,08	nn

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg:

Ministerium für Umwelt
Baden-Württemberg
Postfach 10 34 39
Kernerplatz 9

D-7000 Stuttgart 10

Bayern:

Bayerisches Landesamt für
Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67

D-8000 München 19

Österreich:

Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 15

A-6901 Bregenz

Schweiz:

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft (BUWAL)

CH-3003 Bern

Technische Herstellung, Grafik und Druck:

Siegl-Druck GmbH · 7990 Friedrichshafen · Adelheidstraße 26-28 · Telefon (075 41) 92 07-0

Dieser Bericht wurde auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.