

Internationale Gewässerschutzkommission  
für den  
Bodensee

**LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES**

Nr. 17

Jahresbericht Januar 1989 bis März 1990  
- Freiwasser -

ISSN 1011-1271



Internationale Gewässerschutzkommission  
für den  
Bodensee

**LIMNOLOGISCHER ZUSTAND DES BODENSEES**

Nr. 17

Jahresbericht Januar 1989 bis März 1990  
– Freiwasser –

Bearbeiter: H. Müller

– 1991 –



## V O R W O R T

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 1989/90. 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.

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

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

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

## INHALT

	Seite	Abb.	Tab.
<b>Einleitung</b>	5	1	1
<b>Zustandsbeschreibung für das Seejahr 1989/90 (Obersee und Untersee)</b>	6		
 <b>Langfristige Entwicklung von</b>			
Phosphor (Obersee)		2A	
Stickstoff (Obersee)		2C	
Chlorid (Obersee)		2C	
Sauerstoff (Obersee)		2B	
Phytoplankton (Obersee)		3	
Zooplankton (Obersee)		4	
Phytoplankton (Untersee: Zellersee)		5	
 <b>Obersee:</b>			
<b>Abbildungen und Tabellen</b>			
Witterung	6		
Wasserstände	7		
Thermik	8, 9		2
Sauerstoff	10, 11		2
Orthophosphat	12, 15, 23		2
Andere Phosphorverbindungen	13, 14, 15, 23, 24		2
Nährstoffinhalt	15, 23		2
Nitrat	16, 23		2
Nitrit	17, 23		2
Ammonium	18, 23		2
Stickstoff partikulär	19, 24		2
Silikat	20, 23		
Anorganische Kohlenstoffverbindungen und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	21, 22, 23		2
Eisen und Mangan	25		2
Gelöste organische Stoffe			2
Weitere Stoffdaten			2
Phytoplankton	26 - 28		2
Zooplankton	29 - 31		
Bakterienplankton	32		

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

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

Obersee	Tab. 3
Untersee	Tab. 6

**Auskünfte**

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

Der Bericht zum Seejahr 1989/1990 enthält eine kurze Beschreibung des aktuellen Seeszustandes, 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 Seevolumenta 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 ober 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 der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung, 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 1989/90

### **Bodensee - Obersee:**

Die Phosphorkonzentration hat im Seejahr 1989/90 mit gleicher Rate wie im Vorjahr weiter abgenommen und betrug im Frühjahr 1990  $39 \text{ mg/m}^3$ . Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen als Nitrat - ist ebenfalls etwas weiter zurückgegangen. Die Biomasse des Phytoplanktons blieb 1989 erheblich unter dem 1988 beobachteten bisherigen Höchstwert und lag im Schwankungsbereich der Jahre seit 1982. Die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich des Seewassers waren 1989, vorwiegend als Folge der fehlenden Vollzirkulationen nach den warmen Wintern 1987/88 und 1988/89 und der damit ungenügenden Wiederbelüftung des Tiefenwassers, ganzjährig ungünstig. Im ersten Quartal haben sie sich jedoch teilweise verbessert. Die Ausgangslage für das Seejahr 1990/91 ist bezüglich der Sauerstoffverhältnisse trotzdem noch ungünstiger als Mitte der achtziger Jahre.

Die **hydrologische Situation** des Sees war 1987/88 und 1988/89 durch milde und windarme Winter geprägt. Der Winter 1989/90 war ebenfalls zu warm, unterschied sich jedoch durch stürmische Witterung Ende Januar und im Februar 1990. Hierdurch drang die vertikale Durchmischung tiefer als in den beiden Vorwintern ein, in denen sie 1987/1988 170 m und 1988/89 nur 120 m Tiefe erreichte. Es entstand ein homogener Wasserkörper von ca.  $4,9^{\circ} \text{ C}$  bis 180 m Tiefe.

Seit dem Winter 1988/89 erwärmte sich das Hypolimnion allmählich. Ausgehend von  $4,00^{\circ} \text{ C}$  in der größten Seetiefe Ende Januar 1989 stieg die Temperatur auf  $4,68^{\circ} \text{ C}$  Ende März 1990. Die verminderte Abkühlung im letzten Winter bewirkte lediglich ein Gleichbleiben der Temperatur im Wasser über Seegrund bei  $4,30^{\circ} \text{ C}$  von Januar bis Februar 1990.

Infolge des insgesamt wärmeren Hypolimnions bestand dort die Tendenz zur verstärkten Ausbildung von Schichtungserscheinungen. So entwickelte sich nach der genannten Sturmperiode im Verlaufe des Monats März 1990 bis in den April hinein eine schwache, durch das gesamte Hypolimnion reichende Temperaturschichtung. Damit wurden die vertikalen Austauschvorgänge schon zu Beginn der Stagnationsperiode stärker reduziert, so daß mit einer Zunahme der Stagnationseffekte im Hypolimnion zu rechnen ist.

Die **Phosphorkonzentration** hat seit dem letzten Berichtsjahr weiter abgenommen. Die Abnahme war mit  $4 \text{ mg/m}^3$  gleich groß wie im Jahr davor. Die Konzentration des Gesamtphosphors im Rohwasser betrug im Frühjahr 1990 während der Monate Februar bis Anfang April im Mittel  $39 \text{ mg/m}^3$  (Abb. 2 A). Der Orthophosphat-Phosphor wurde von Anfang Juni bis Anfang November in begrenzten Tiefenbereichen der Produktionszone bis auf  $1 \text{ mg/m}^3$  und darunter aufgezehrt (1988 von Anfang August bis Anfang November und 1987 von Anfang Juli bis Anfang November).

Der **anorganische Stickstoff** (N aus  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) mit Nitrat als Hauptkomponente hat 1989 im Jahresmittel (volumengewichtet) gegenüber dem 1987 eingetretenen bisherigen Maximum von  $1,00 \text{ g/m}^3$  weiter abgenommen auf  $0,94 \text{ g/m}^3$  (1988:  $0,97 \text{ g/m}^3$ ; Abb. 2 C).

**Chlorid** als Indikator vielfältiger Salzbelastung wies 1989 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von  $5,4 \text{ mg/l}$  auf. Damit hat es erstmals seit 1986 wieder abgenommen und blieb deutlich unter dem bisherigen Höchstwert von 1988 mit  $6,0 \text{ mg/l}$  (Abb. 2 C).

Die **Sauerstoffsituation** des Sees war im Jahre 1989 erneut ungünstiger als im Vorjahr. Insbesondere die Sauerstoffkonzentration über Grund an der tiefsten Stelle stieg von Anfang April bis zum Jahresende nie über  $6 \text{ mg/m}^3$  an (1988 dauerte diese Extremsituation nur von Anfang August bis Anfang November). Im Oktober und November betrug sie nur mehr  $4,4 \text{ mg/m}^3$  und erreichte mit  $4,3 \text{ mg/m}^3$  im Dezember den absoluten Tiefststand seit den siebziger Jahren (1978:  $4,1 \text{ mg/m}^3$ ; 1987:  $6,4 \text{ mg/m}^3$ ; 1988:  $4,6 \text{ mg/m}^3$ , Abb. 2 B).

Das über das ganze Jahr relativ hohe Sauerstoffdefizit im Tiefenbereich des Sees war vorwiegend eine Folge der fehlenden Vollzirkulation nach den warmen Wintern 1987/88 und 1988/89 und der dadurch ungenügenden Wiederbelüftung des Tiefenwassers. In den ersten Monaten des Jahres 1990 bewirkten starke Stürme eine teilweise Besserung, so daß die Sauerstoffkonzentration über Grund von Januar bis Anfang April von  $4,8$  auf  $6,6 \text{ g/m}^3$  anstieg.

Der Sauerstoffinhalt des Sees lag im März und April 1990 bei  $506\ 500 \text{ t}$  Sauerstoff und überschritt somit den ungünstigen Wert für denselben Zeitraum des Vorjahres ( $464\ 000 \text{ t}$ ) deutlich. Allerdings ist ein Teil der Verbesserung

nicht der echten Wiederbelüftung, sondern der Sauerstoffproduktion durch das 1990 sehr früh einsetzende Wachstum des Phytoplanktons in der obersten Wasserschicht zuzuschreiben. Insgesamt ergibt sich eine leichte Erholung gegenüber dem Frühjahr 1989, ohne daß jedoch die günstigen Verhältnisse Mitte der achtziger Jahre erreicht worden wären.

Das **Phytoplankton** erreichte 1989 im Jahresmittel eine Biomasse von  $20,7 \text{ g/m}^2$  (0 - 20 m Tiefe). Damit blieb es zwar erheblich hinter dem mit  $33,9 \text{ g/m}^2$  sehr hohen Vorjahreswert zurück, lag jedoch im Schwankungsbereich der Jahre seit 1982 (Abb. 3). Der Rückgang im Vergleich zum Vorjahr war vor allem auf das relativ schwache Frühjahrsmaximum im Mai mit  $73,1 \text{ g/m}^2$  zurückzuführen (1988:  $135 \text{ g/m}^2$ ). Die stärkste Algenentwicklung mit einer Biomasse von  $101 \text{ g/m}^2$  war im Juli zu beobachten. Die relativ lange andauernde herbstliche Entwicklung wies mit einem Maximum von ca.  $30 \text{ g/m}^2$  jedoch relativ geringe Werte auf (Abb. 27).

Unter den einzelnen Algengruppen gab es im Vergleich zu den Vorjahren bei der Frühjahrsentwicklung eine deutliche Verschiebung zu Cryptophyceen und Chlamydomonas-Arten, die bereits im März in Erscheinung traten. Die in den Vorjahren die Frühjahrsentwicklung beherrschenden centrischen Kieselalgen wurden 1989 von Cryptophyceen fast verdrängt. Im Sommer herrschte die Kieselalge *Fragilaria crotonensis* vor, begleitet von chlorococcalen Grünalgen, Cryptophyceen und *Ceratium hirundinella*. Auch im Herbst waren vorwiegend Kieselalgen (*Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*) und Cryptophyceen vertreten. Cryptophyceen bestimmten auch das Winterplankton, begleitet von sehr kleinen Planktonalgen wie z. B. *Chlorella pyrenoidosa*.

Beim **Crustaceenplankton** sind die Bestände 1989 gegenüber dem Vorjahr insgesamt fast gleich geblieben (Abb. 4). Für die einzelnen Gruppen sind die Schwankungen gegenüber dem Jahresmittel 1988 unterschiedlich. Bei den Cladoceren war eine deutliche Zunahme der Gesamtzahlen festzustellen, die vor allem durch *Bosmina* verursacht wurde. Das Verhältnis von *Daphnia hyalina* und *D. galeata* blieb 1989 nahezu unverändert.

Die Individuendichte aller herbivorer lebender Copepoden nahm insgesamt geringfügig ab. Während *Eudiaptomus* und *Mesocyclops* im Jahresmittel abnahmen, stieg die mittlere Individuendichte von *Cyclops abyssorum* wieder an.

Dies ist bemerkenswert, weil diese Art seit 1972 ständig abnehmende Jahresmittel aufwies. Aus dieser Situation von 1989 kann jedoch noch keine Tendenz abgeleitet werden.

Bei den *carnivor* oder *omnivor* lebenden Copepoden war vor allem bei *Cyclops vicinus* eine Abnahme der Bestände feststellbar. Allerdings weisen die Individuendichten der ersten drei Monate 1990 eine - wahrscheinlich durch die klimatischen Bedingungen begünstigte - auffallend starke Entwicklung auf, die zu neuen Verschiebungen in der quantitativen Zusammensetzung der Biocoenose führen kann.

Auch der Beginn und der weitere Verlauf der Entwicklung bei *Mesocyclops* und *Daphnia galeata* scheint von den klimatischen Bedingungen beeinflusst zu sein. Der Aufbau der ersten stabilen thermischen Schichtung im Frühjahr könnte eine Schlüsselrolle im Entwicklungsverlauf der Crustaceen darstellen (Abb. 29-31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - begannen nach dem winterlichen Minimum ihre Frühjahrsentwicklung im April und erreichten im Mai das Frühjahrs-Maximum mit  $8 \times 10^6$  Zellen/ml. Während der nachfolgenden Sommermonate bewegten sich die Bakteriendichten mit relativ geringen Schwankungen auf mittlerem Niveau ( $5 - 7 \times 10^6$  Zellen/ml). Der herbstliche Abfall der Bakterienzahlen war vergleichsweise langsam. Auch in den Wintermonaten 1988/89 waren die Werte im Vergleich zu den Vorjahren noch erhöht (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 1989 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) mit  $37,6 \text{ mg/m}^3$  weiter abgenommen (1987:  $50 \text{ mg/m}^3$ ; 1988:  $42,5 \text{ mg/m}^3$ ). Im Zellersee blieb sie mit  $54,5 \text{ mg/m}^3$  auf dem Niveau des Vorjahres ( $55 \text{ mg/m}^3$ ).

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) mit Nitrat als Hauptkomponente blieb 1989 im Rheinsee mit  $0,84 \text{ mg/l}$  im Jahresmittel (volumengewichtet) etwa auf dem Niveau des Vorjahres ( $0,83 \text{ mg/l}$ ). Im Zellersee betrug er  $0,95 \text{ mg/l}$  und hat damit gegenüber dem Vorjahr ( $1,02 \text{ mg/l}$ ) leicht abgenommen.

Die **Sauerstoffsituation** entsprach 1989 in beiden Seeteilen etwa der des Vorjahres. Im Zellersee, der in der Tiefe bereits seit Jahrzehnten zeitweise völligen Sauerstoffschwund aufweist, wurde der Sauerstoff in Seebodennähe von Juli bis Oktober völlig aufgezehrt. Im Rheinsee lagen die Sauerstoffkonzentrationen in Seebodennähe von Mitte August bis Anfang November unter 1 mg/l.

Beim **Phytoplankton** im Zellersee lag die Durchschnitts-Biomasse mit 25,1 g/m<sup>2</sup> (0 - 20 m Tiefe) deutlich unter den Werten der letzten Jahre (1988: 52,0 g/m<sup>2</sup>; 1987: 37 g/m<sup>2</sup>; 1986: 32 g/m<sup>2</sup>). Im Gegensatz zu den Vorjahren war die Frühjahrsblüte niedrig und erreichte lediglich Anfang April ein Maximum von 45 g/m<sup>2</sup>. Es wurde vor allem von *Stephanodiscus parvus* und Cryptophyceen gebildet.

Die sommerliche Entwicklung erreichte Anfang Juli ein Maximum von 74,8 g/m<sup>2</sup>, das fast vollständig von den kettenbildenden Kieselalgen *Fragilaria crotonensis* und *Melosira granulata* var. *angustissima* gebildet wurde. Danach blieb die Algendichte den ganzen Spätsommer über auf einem niedrigeren Niveau, das ca. 20 g/m<sup>2</sup> betrug. Anfang Oktober trat ein weiteres Maximum mit 73 g/m<sup>2</sup> Biomasse auf, das wieder von den beiden Kieselalgen-Arten und einigen Cryptophyceen dominiert wurde. Bereits Mitte Oktober sank die Planktondichte stark ab und erreichte Ende November Werte um 10 g/m<sup>2</sup> (Abb. 51 und 52).

## **Bewertung und Schlußfolgerungen**

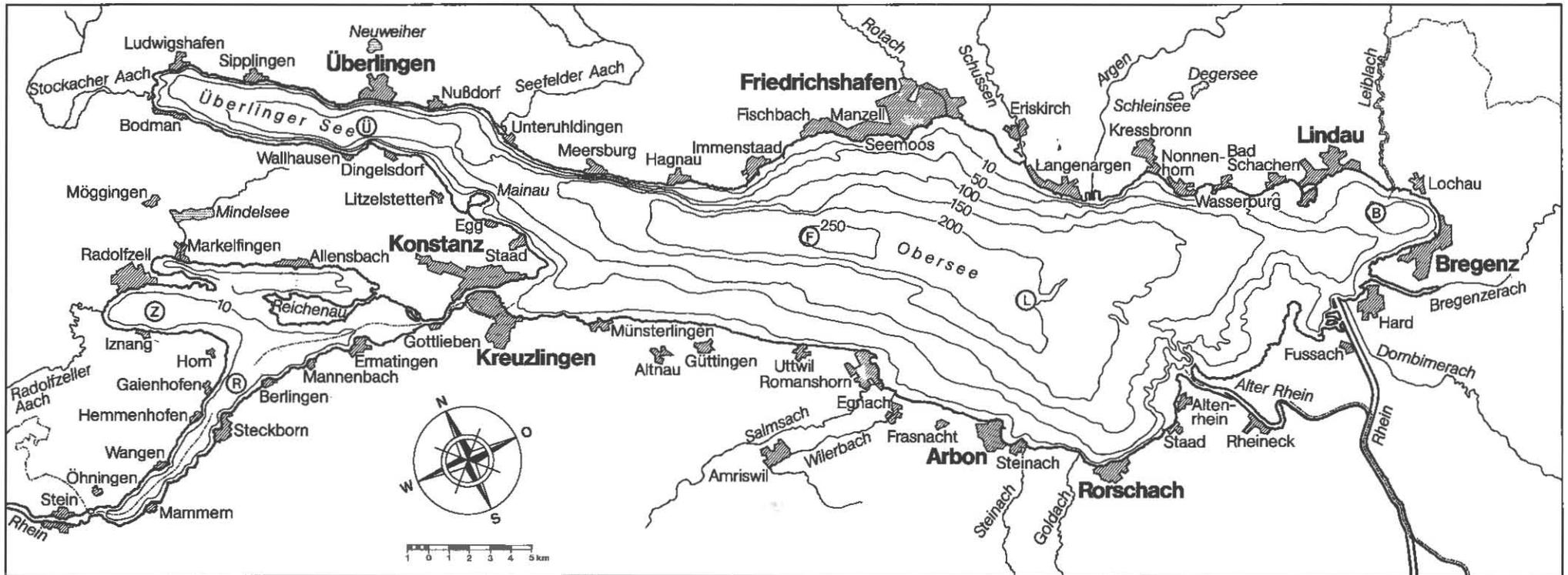
Die Wirksamkeit der Reinhaltemaßnahmen wird durch die weitere Phosphorabnahme im Jahr 1989 bestätigt. Sie hatte jedoch noch keine entscheidende Verringerung der den Sauerstoffhaushalt des Sees belastenden Algenbiomasse zur Folge. Der dadurch entstandene Sauerstoffmangel in der Tiefenzone konnte in den beiden vergangenen Jahren nur teilweise ausgeglichen werden, weil die beiden milden windarmen Winter 1987/1988 und 1988/89 die Vollzirkulation des Sees und damit die Wiederbelüftung des Tiefenwassers nicht zuließen. Starke Stürme im ersten Quartal 1990 bewirkten zwar keine Vollzirkulation, jedoch einen vergleichsweise besseren Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser, so daß die Ausgangssituation für 1990 - zusammen mit der Verringerung der Phosphorkonzentration - günstiger ist als in den beiden Vorjahren.

Die gegenwärtige Situation belegt jedoch auch, daß der derzeitige Phosphorgehalt des Sees immer noch zu hoch ist, so daß die negative Wirkung derartiger klimatisch ungünstiger Jahre nicht aufgefangen werden kann. So können nach wie vor erhebliche Risiken für den Seezustand entstehen. Der sich abzeichnende Trend zu einem generellen Temperaturanstieg im See bringt eine Zunahme der Schichtungseffekte im Tiefenwasser mit sich und erschwert dadurch eine ausreichende Frühjahrszirkulation. Dies muß, falls sich der Trend der Erwärmung fortsetzt, in Zukunft mit berücksichtigt werden.

Daher müssen sowohl die in Angriff genommenen und geplanten abwassertechnischen Maßnahmen als auch weitere entlastende Maßnahmen, insbesondere solche in der Landwirtschaft konsequent und ohne zeitliche Verzögerung verwirklicht werden.

---

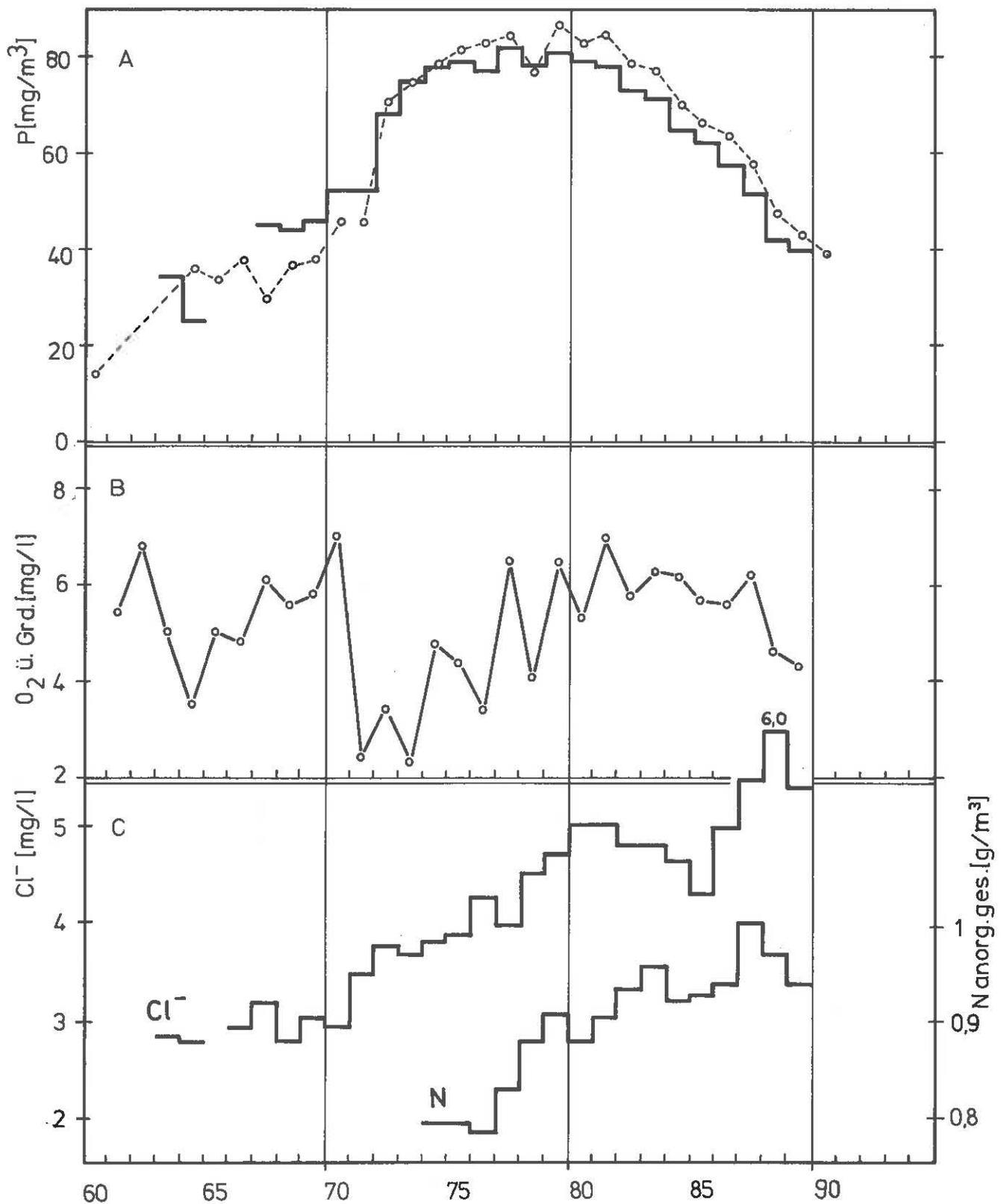
Abbildungen und Tabellen



**Abb. 1:** Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

a) Freiwasser:

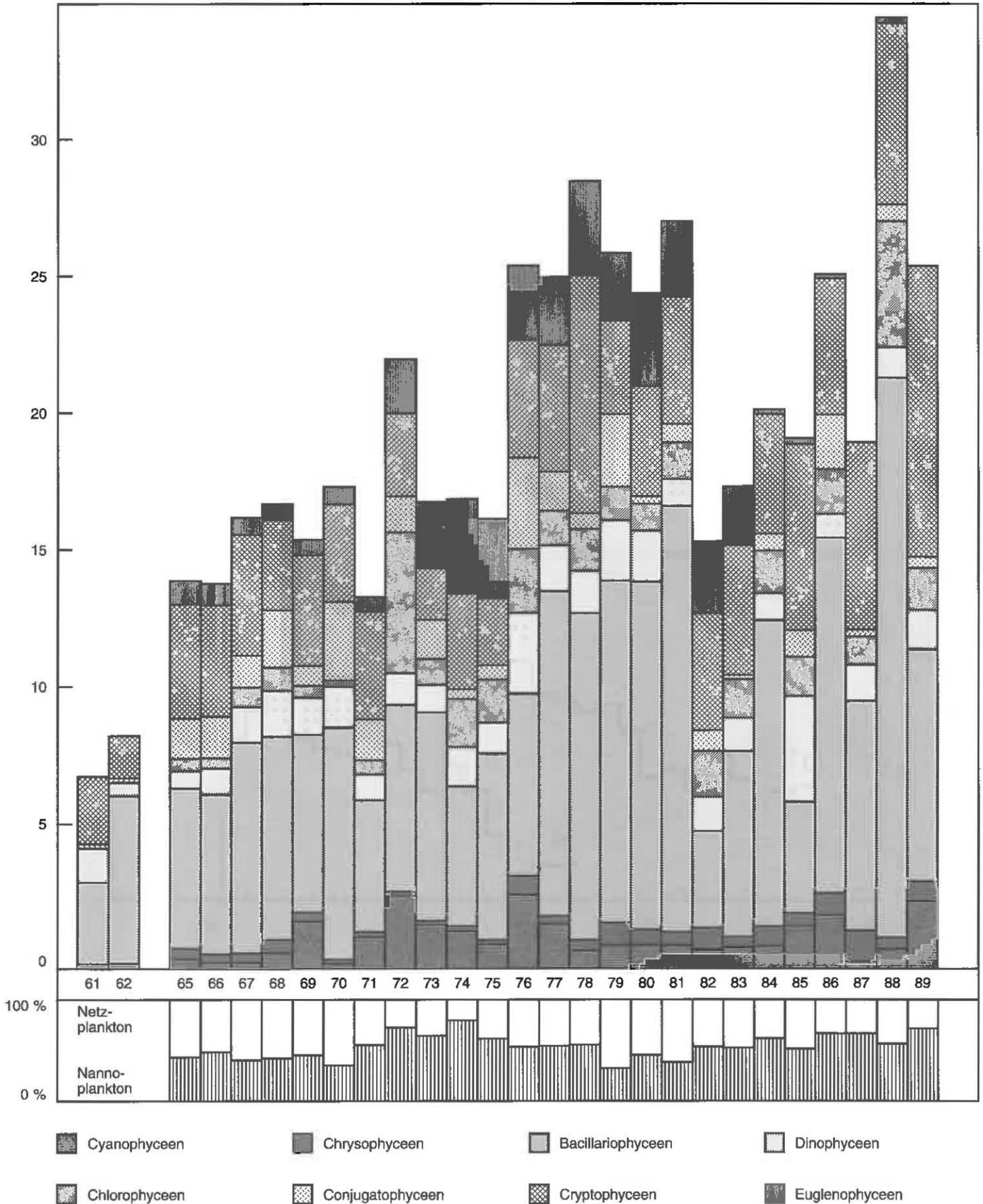
- Obersee: Fischbach-Uttwil (F)
- Langenargen-Arbon (L)
- Bregenzer Bucht (B)
- Überlinger See (Ü)
- Untersee: Zellersee (Z)
- Rheinsee (R)



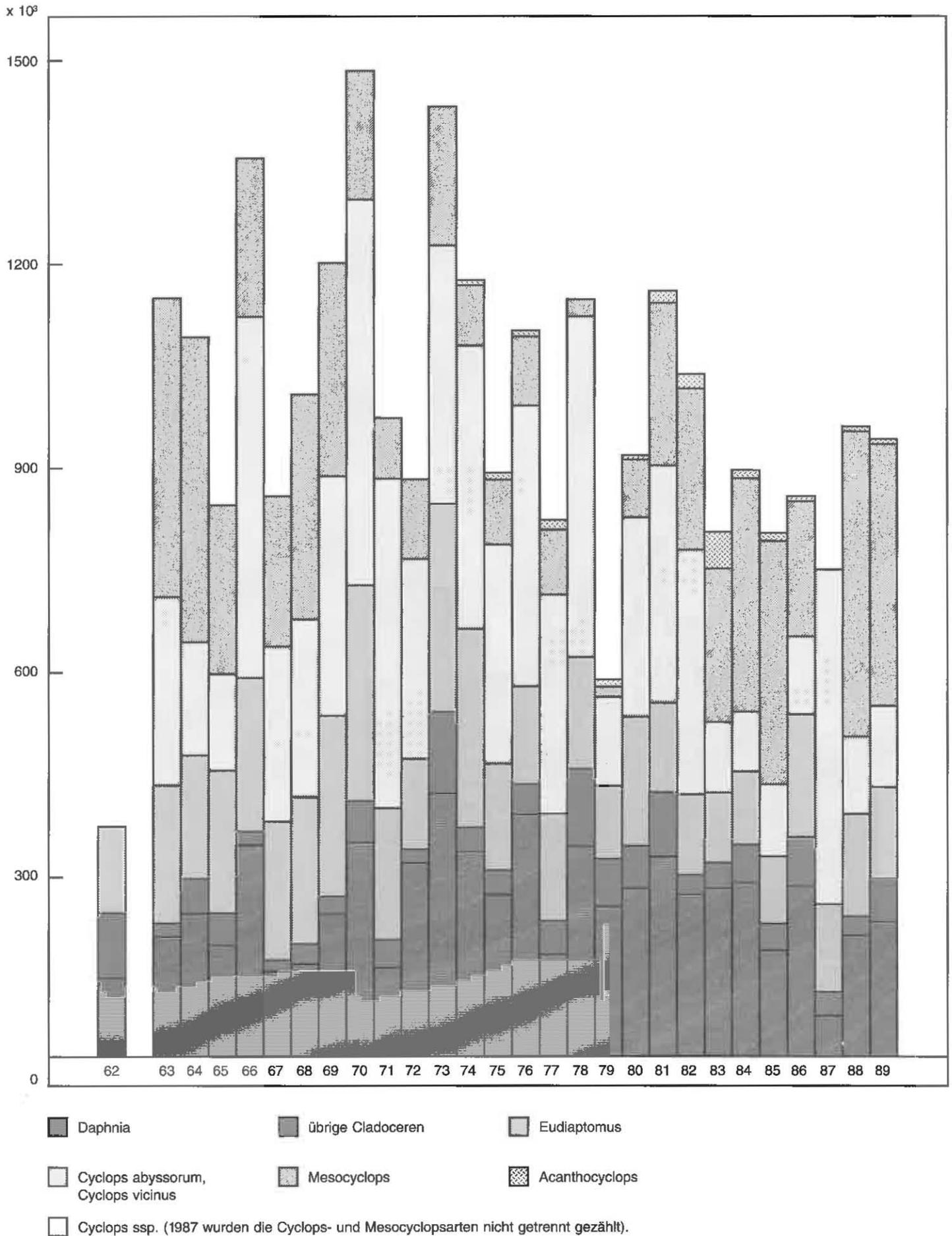
**Abb. 2:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Langfristige Entwicklung der Phosphor-, Sauerstoff-,  
Stickstoff-, und Chloridkonzentration.

- A. — : Gesamtphosphor im Rohwasser, Jahresmittel, volumengewicht
- - - : Gesamtphosphor im Rohwasser, Konzentration während der Vollzirkulation
- B. Sauerstoffkonzentration, Minimalwerte 1 m über Grund
- C. Cl<sup>-</sup>: Chlorid, Jahresmittel volumengewichtet
- N: Stickstoff aus NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Jahresmittel, volumengewichtet.

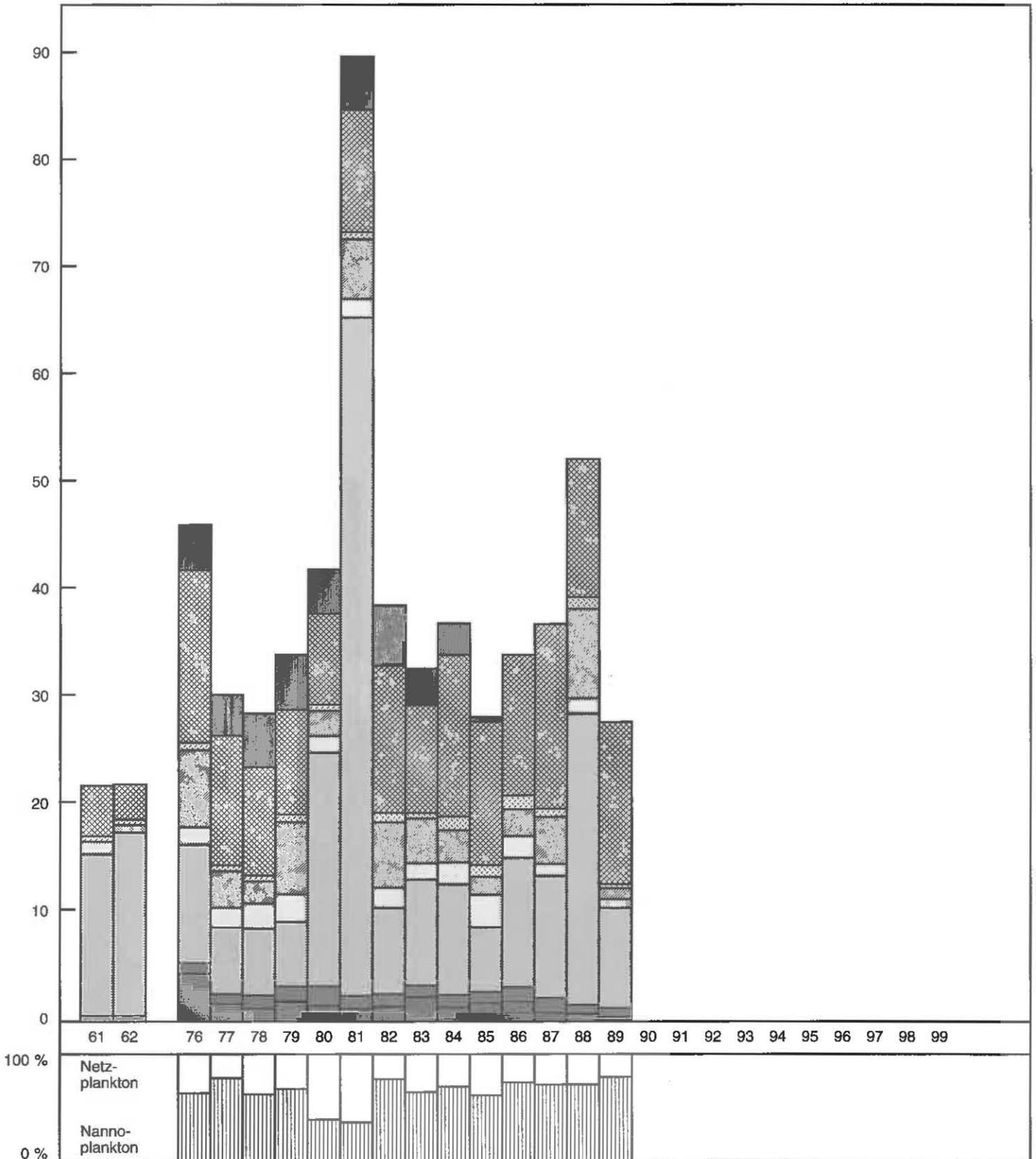
**Abb. 3**  
**Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:**  
**Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons,**  
**Biomassen in g/m<sup>2</sup> (0–20 m Tiefe) im Jahresmittel**



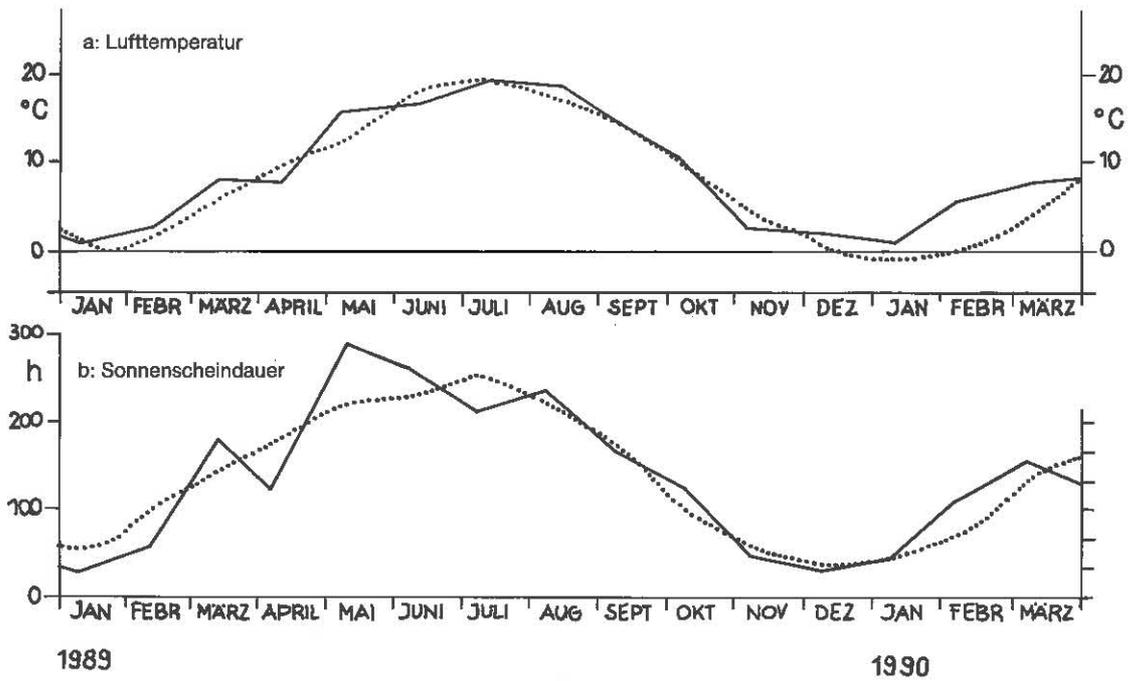
**Abb. 4**  
**Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:**  
**Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons,**  
**Jahresmittelwerte (Tiere/m<sup>2</sup>)**



**Abb. 5**  
**Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
**Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons,**  
**Biomassen in g/m<sup>2</sup> (0–20 m Tiefe) im Jahresmittel**



- Cyanophyceen
- Chrysophyceen
- Bacillariophyceen
- Dinophyceen
- Chlorophyceen
- Conjugatophyceen
- Cryptophyceen
- Euglenophyceen

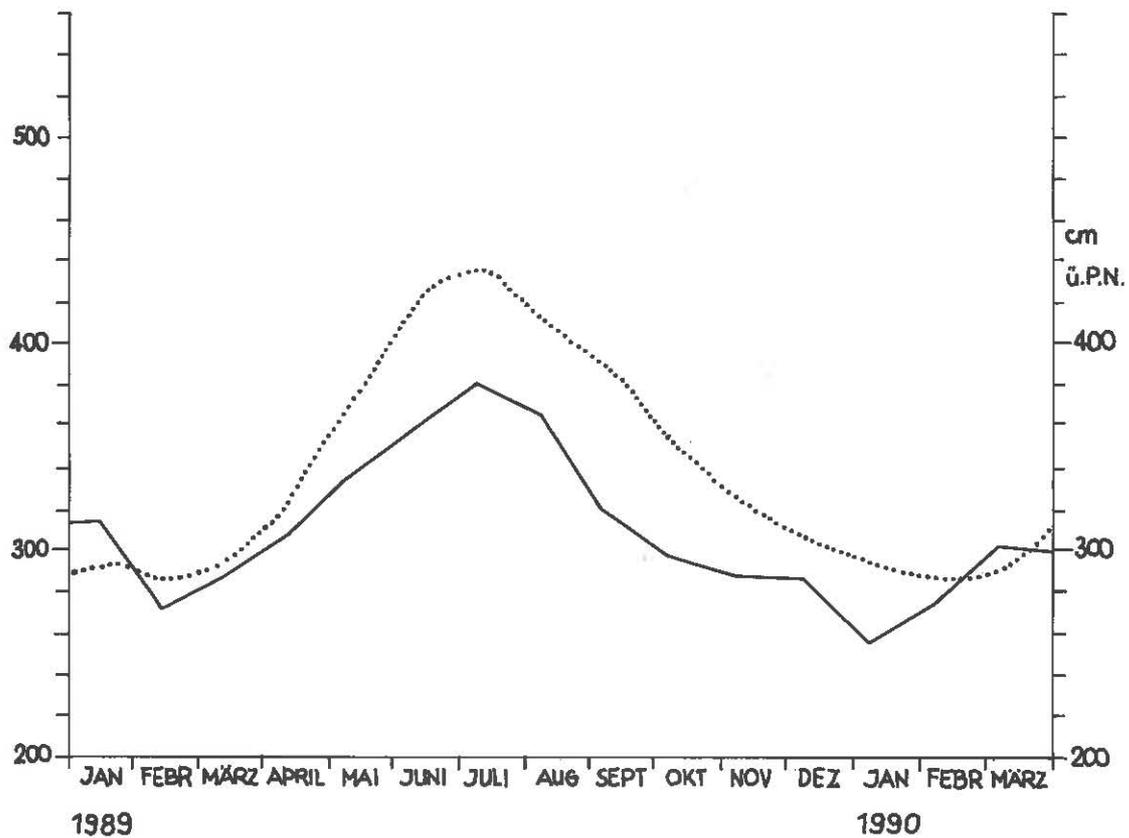


**Abb. 6:** Bodensee – Obersee:  
 Monatliche Klimadaten der Wetterwarte Konstanz\*)

a. — Monatsmitteltemperatur  
 ..... langjährige Monatsmitteltemperatur (1931–1960)

b. — monatliche Sonnenscheindauer in h  
 ..... langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (1951–1970)

\*) Die Wetterstation Friedrichshafen wurde aufgelöst



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

— mittlerer monatlicher Wasserstand  
 ..... langjähriger monatlicher Wasserstand (1877–1964)

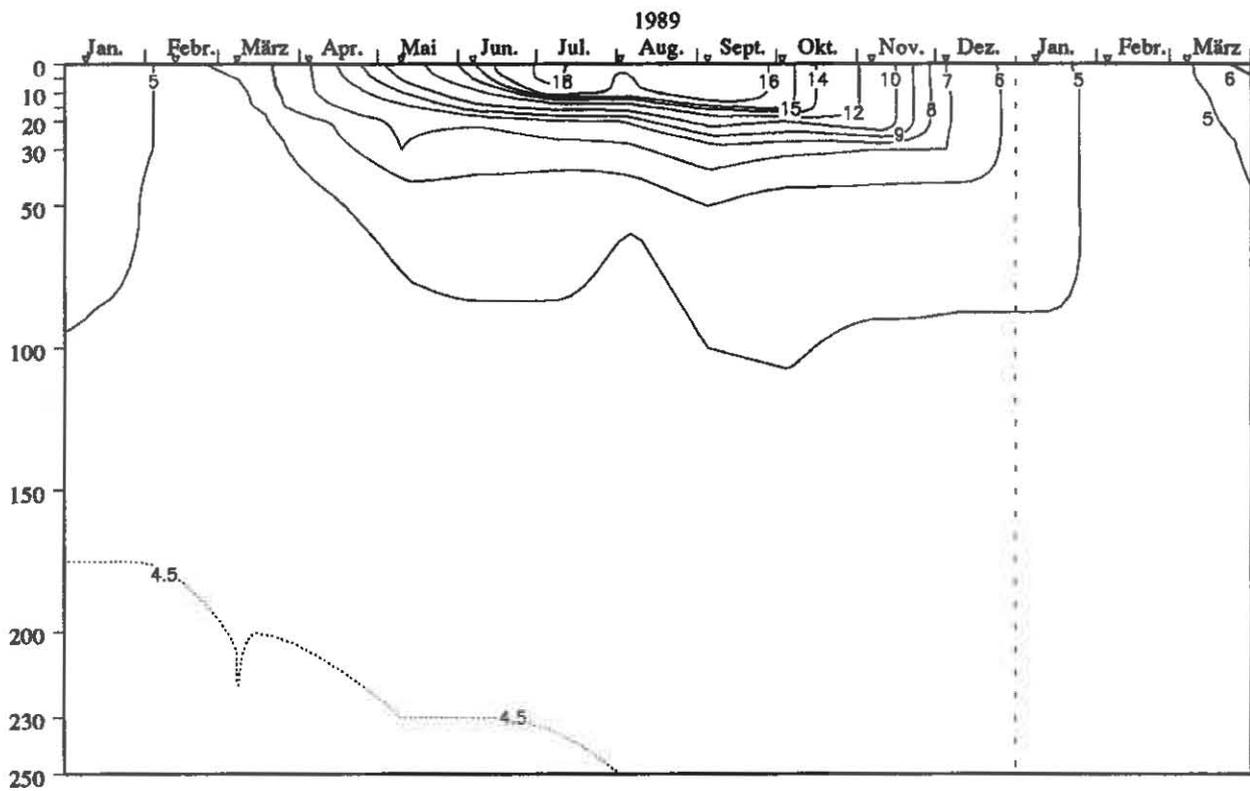


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Temperatur °C

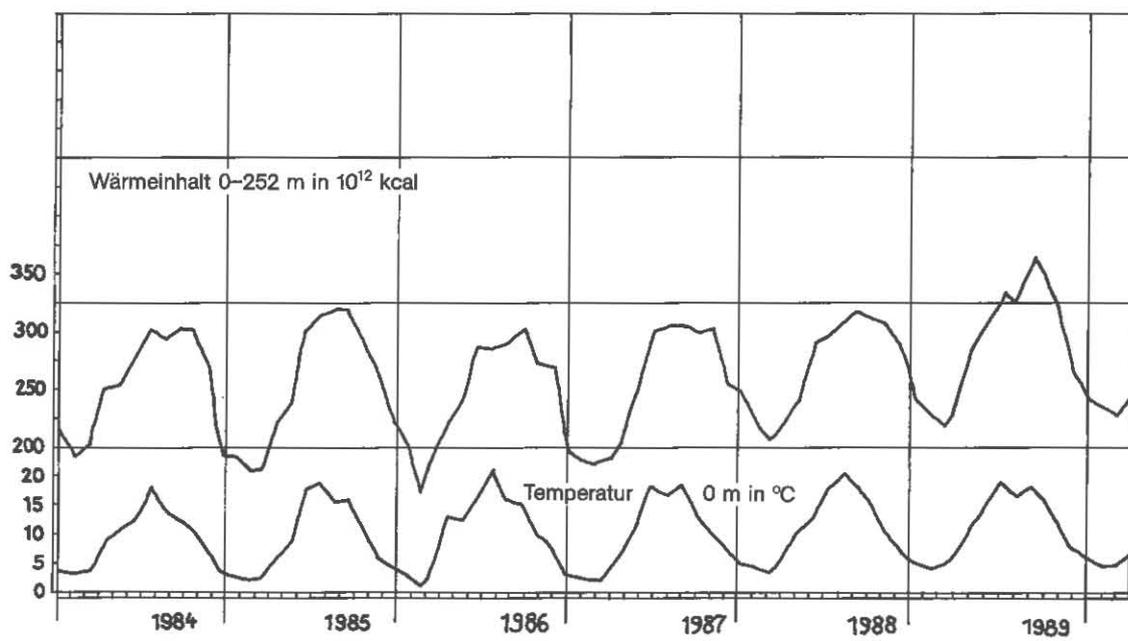
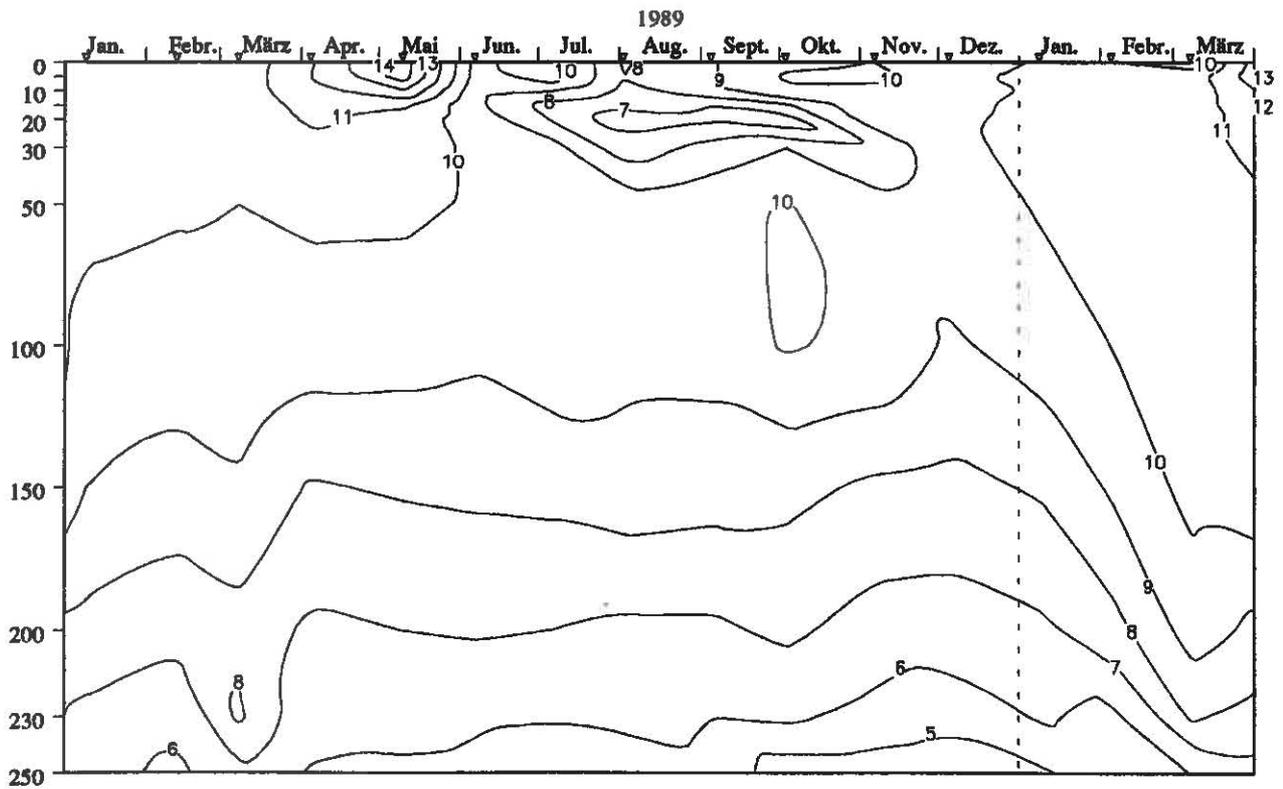
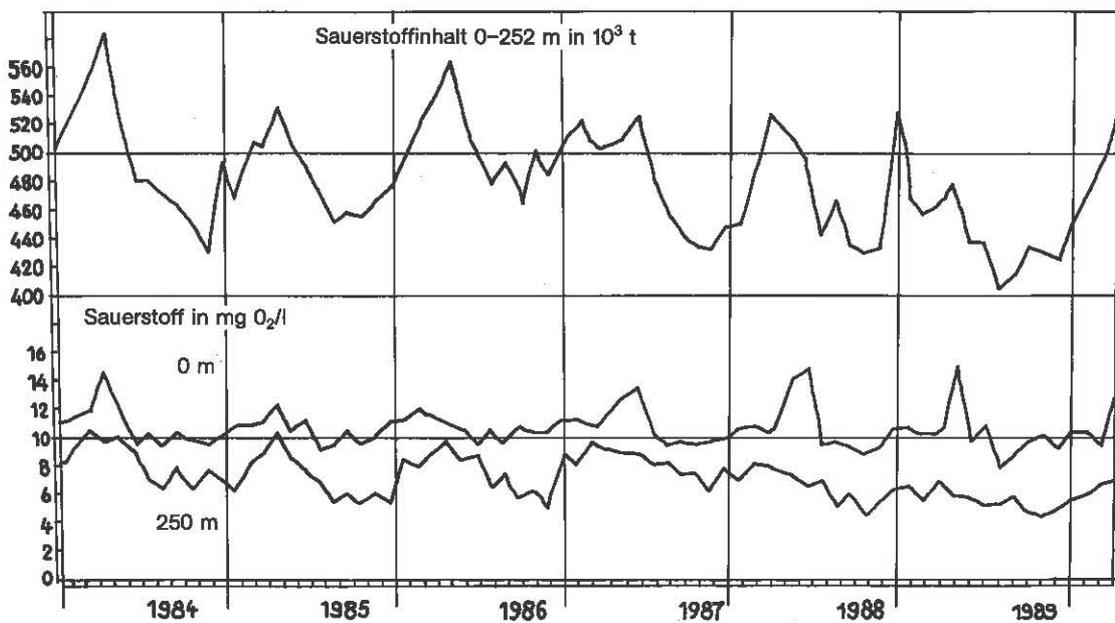


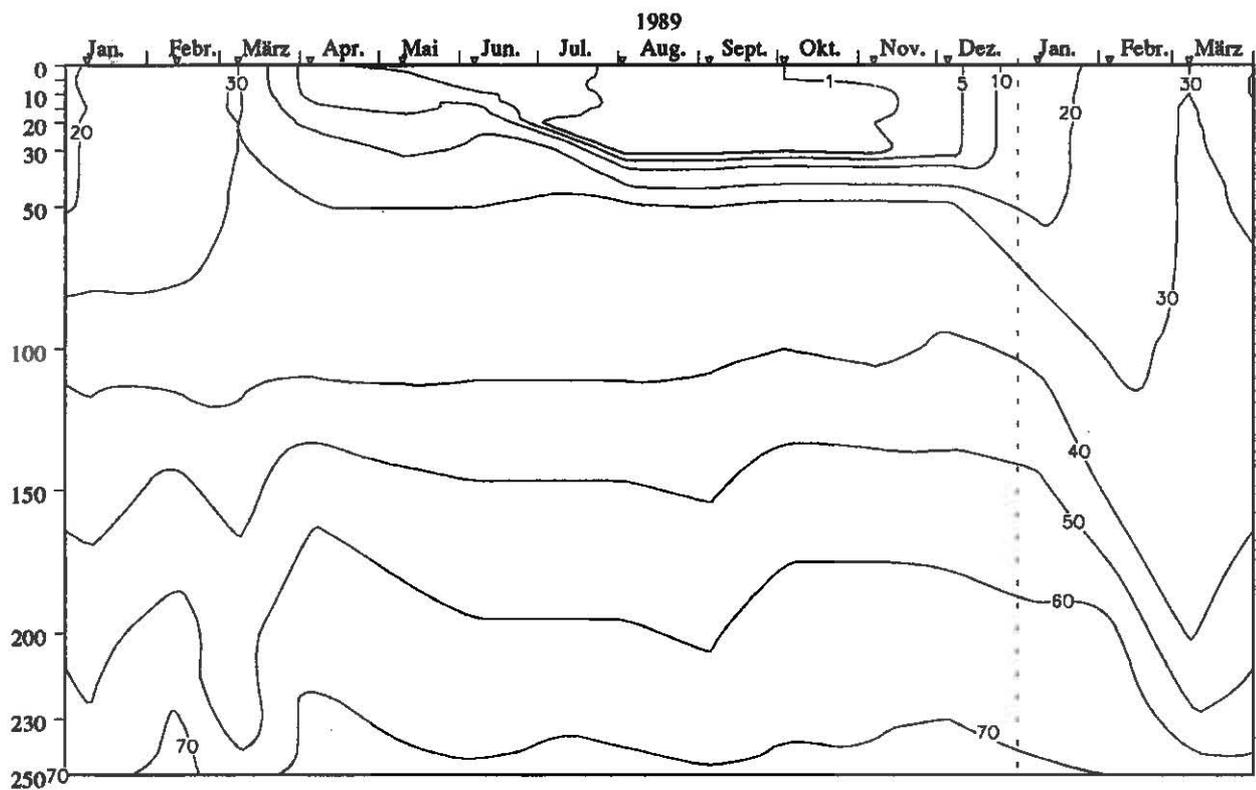
Abb. 9: Bodensee – Obersee:  
Thermik



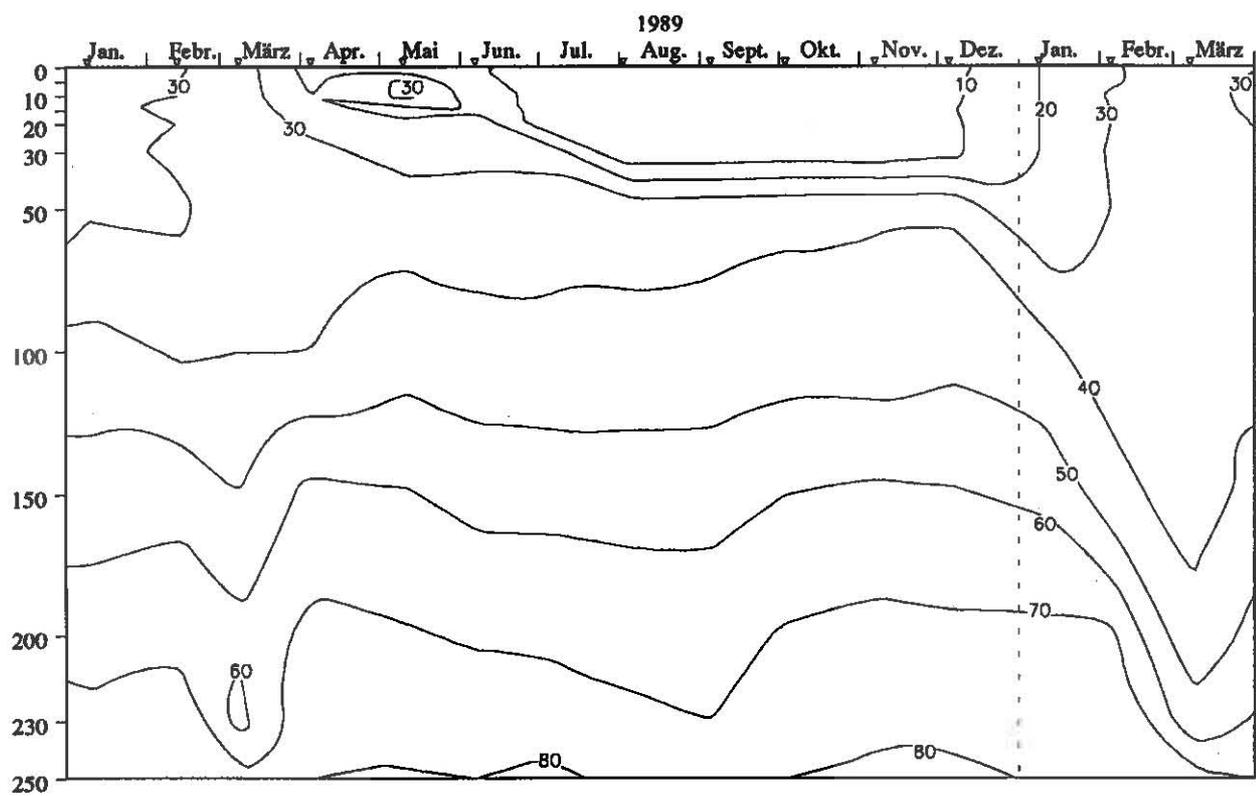
**Abb. 10:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Sauerstoff (mg/l)



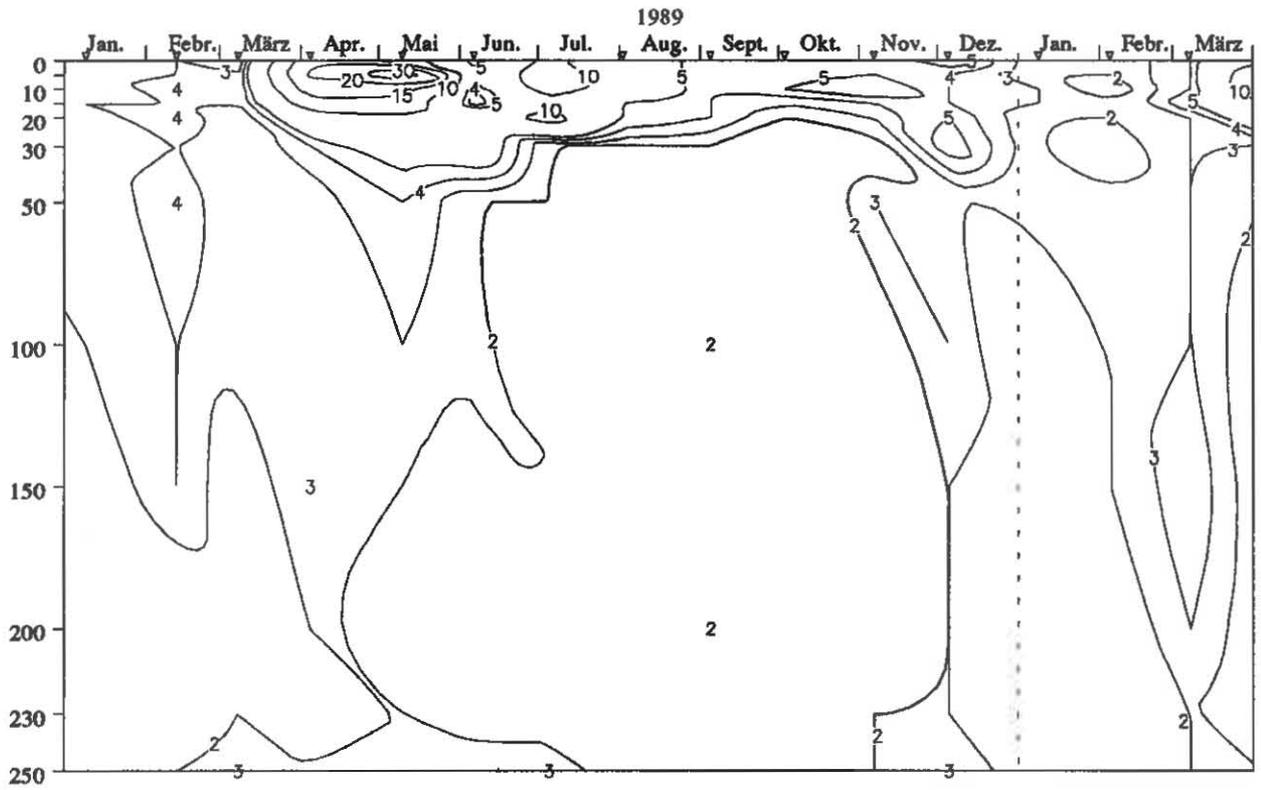
**Abb. 11:** Bodensee – Obersee:  
Sauerstoffinhalt 0-252 m und Sauerstoffkonzentration 0 bis 250 m Tiefe



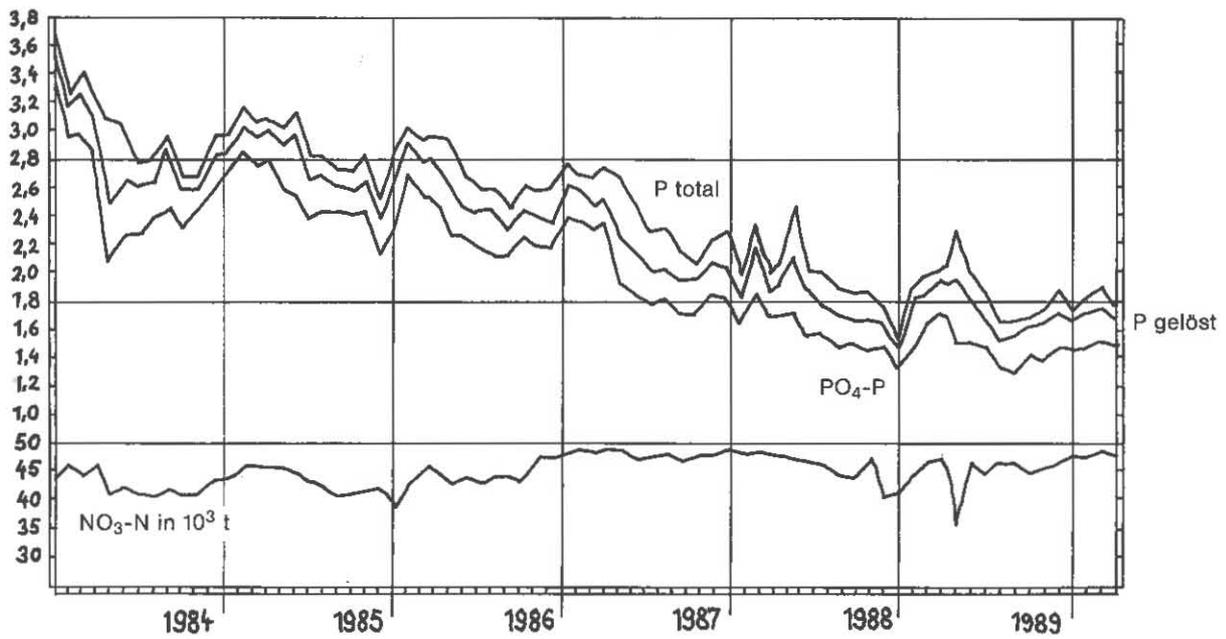
**Abb. 12:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Orthophosphat – Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)



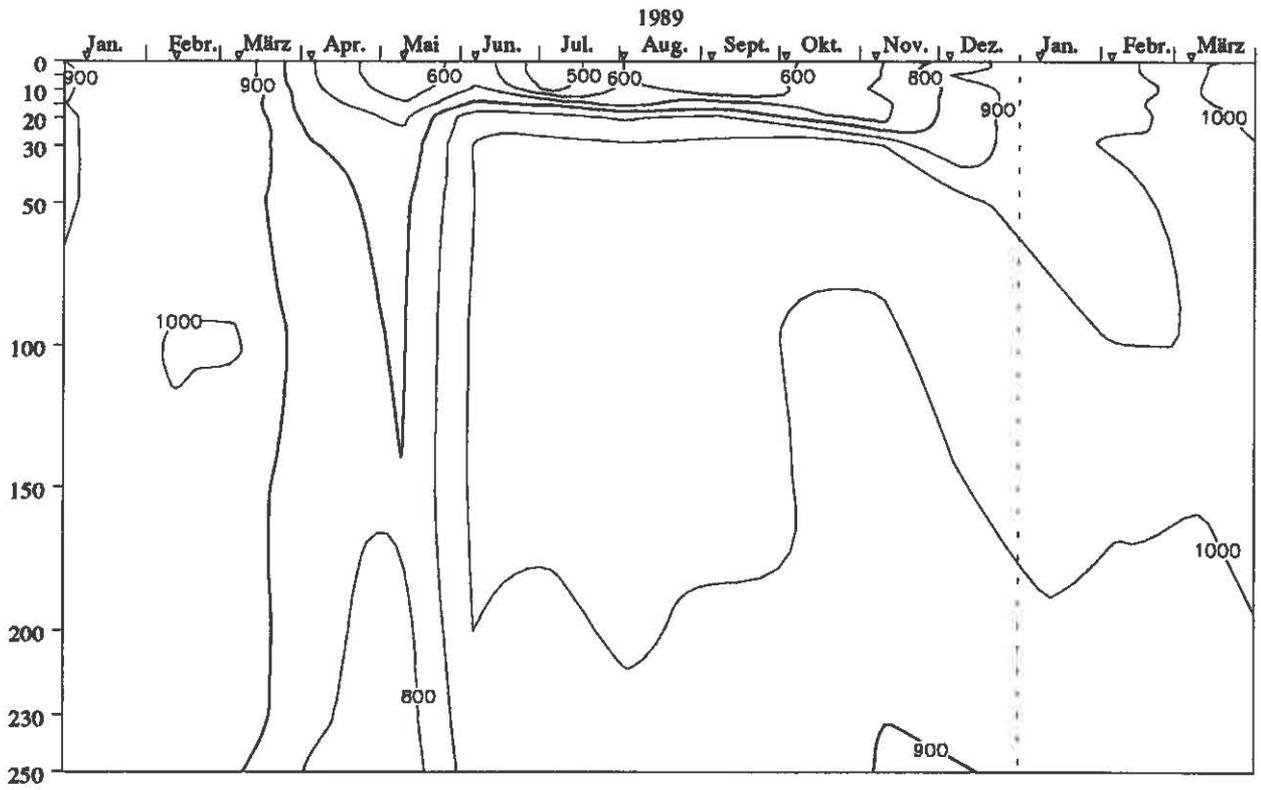
**Abb. 13:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)



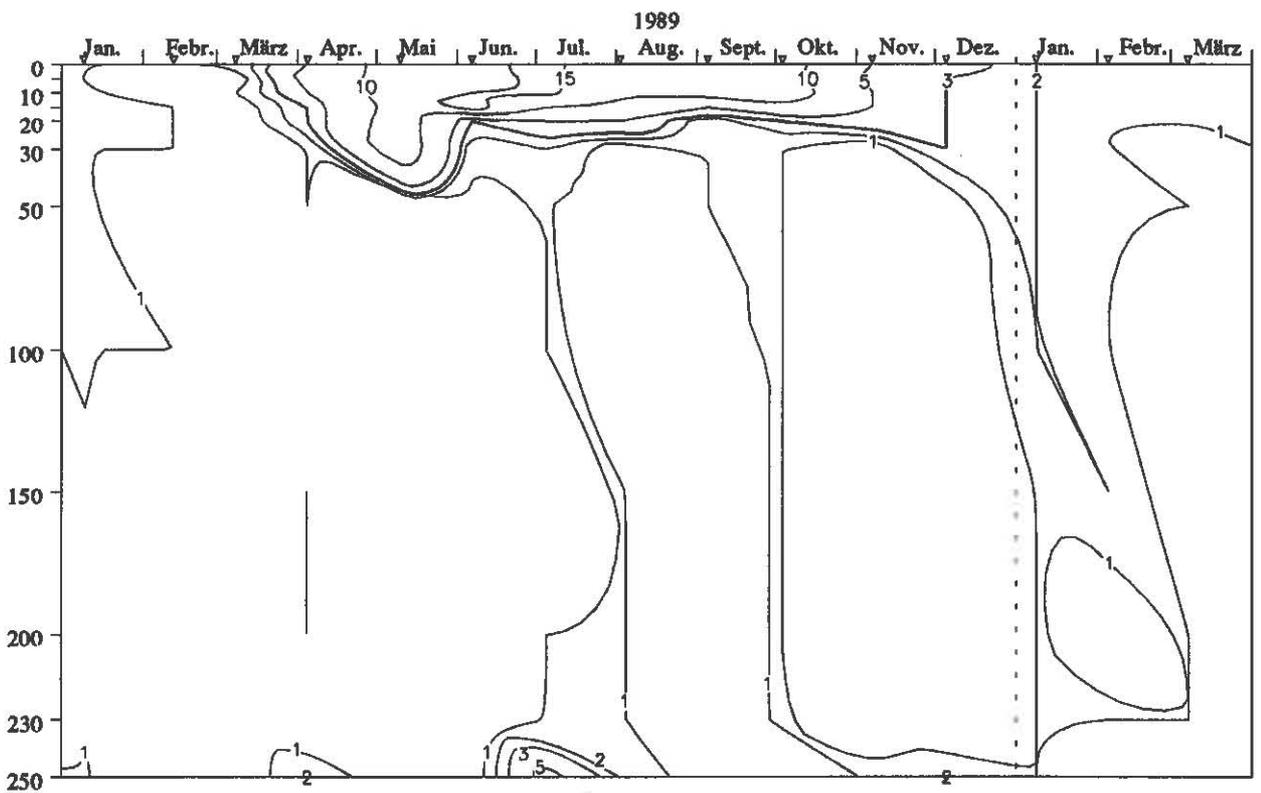
**Abb. 14:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
 Partikulärer Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 15:** Bodensee – Obersee:  
 Nährstoffinhalt (P,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) 0–250 m Tiefe



**Abb. 16:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Nitrat – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



**Abb. 17:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Nitrit – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)

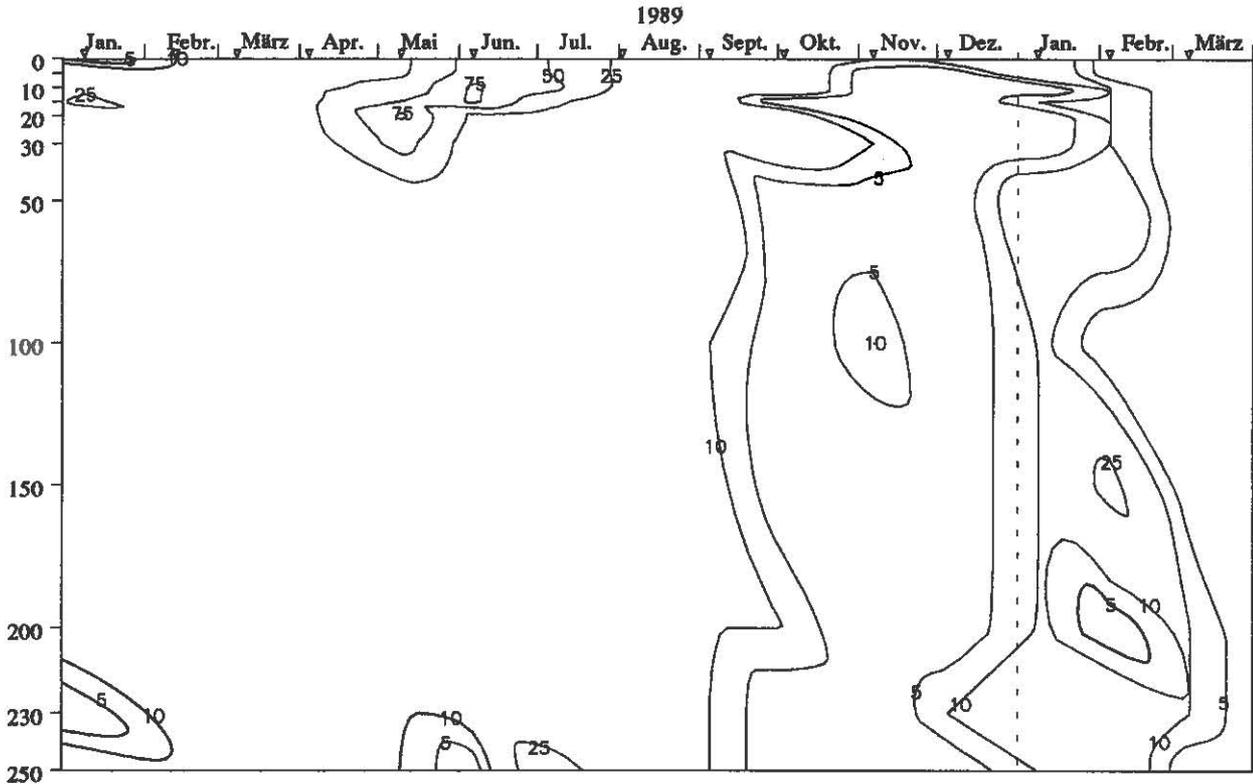


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Ammonium – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)

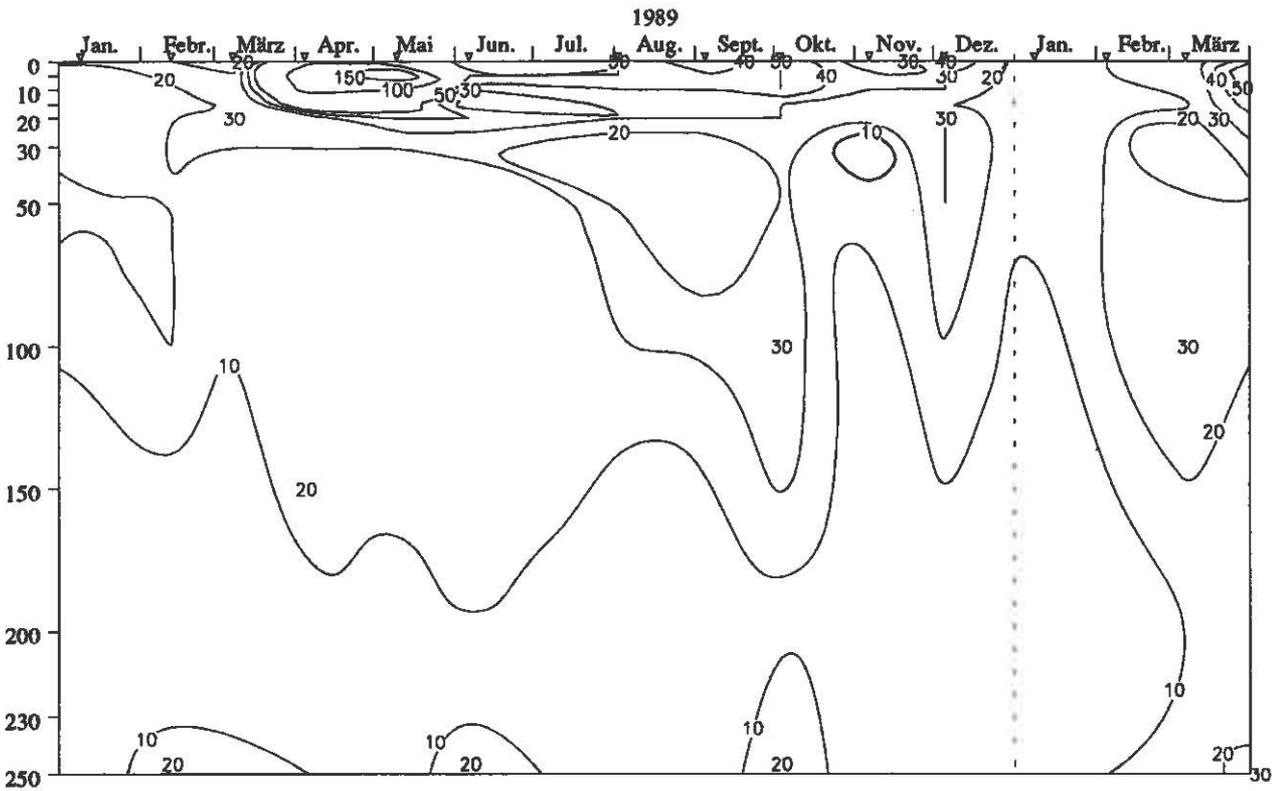
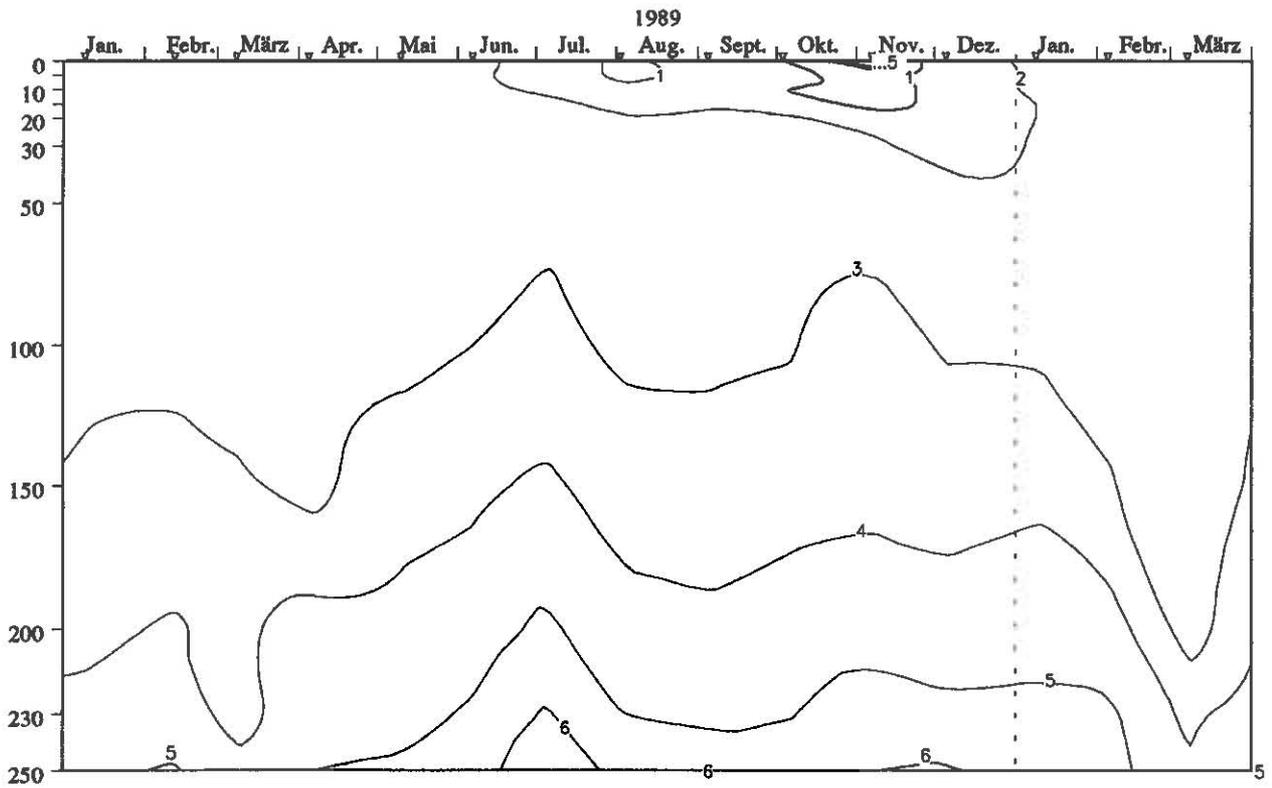
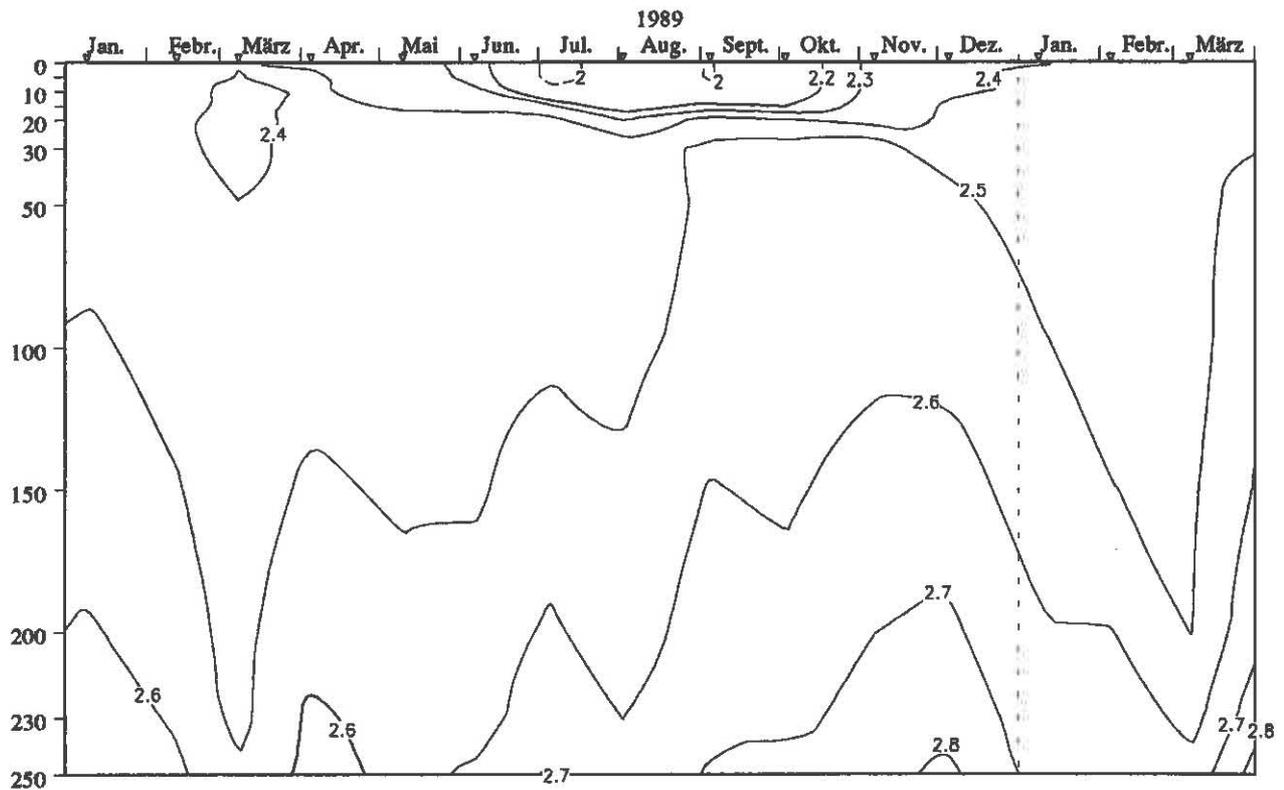


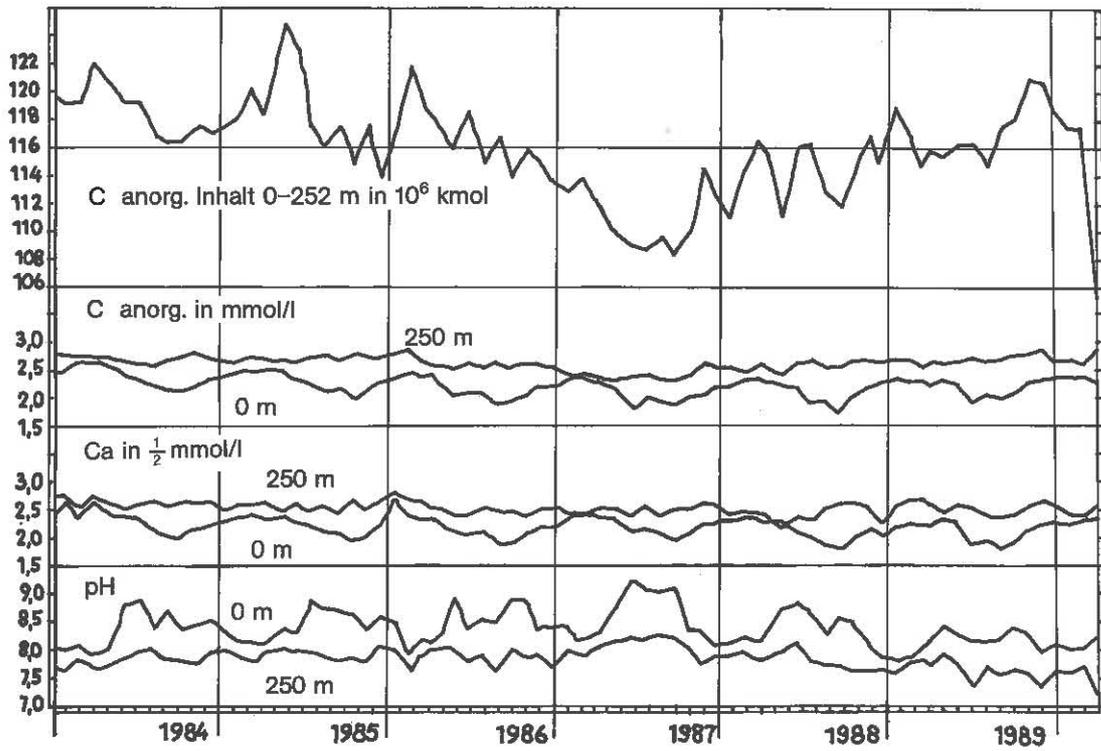
Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Partikulärer Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



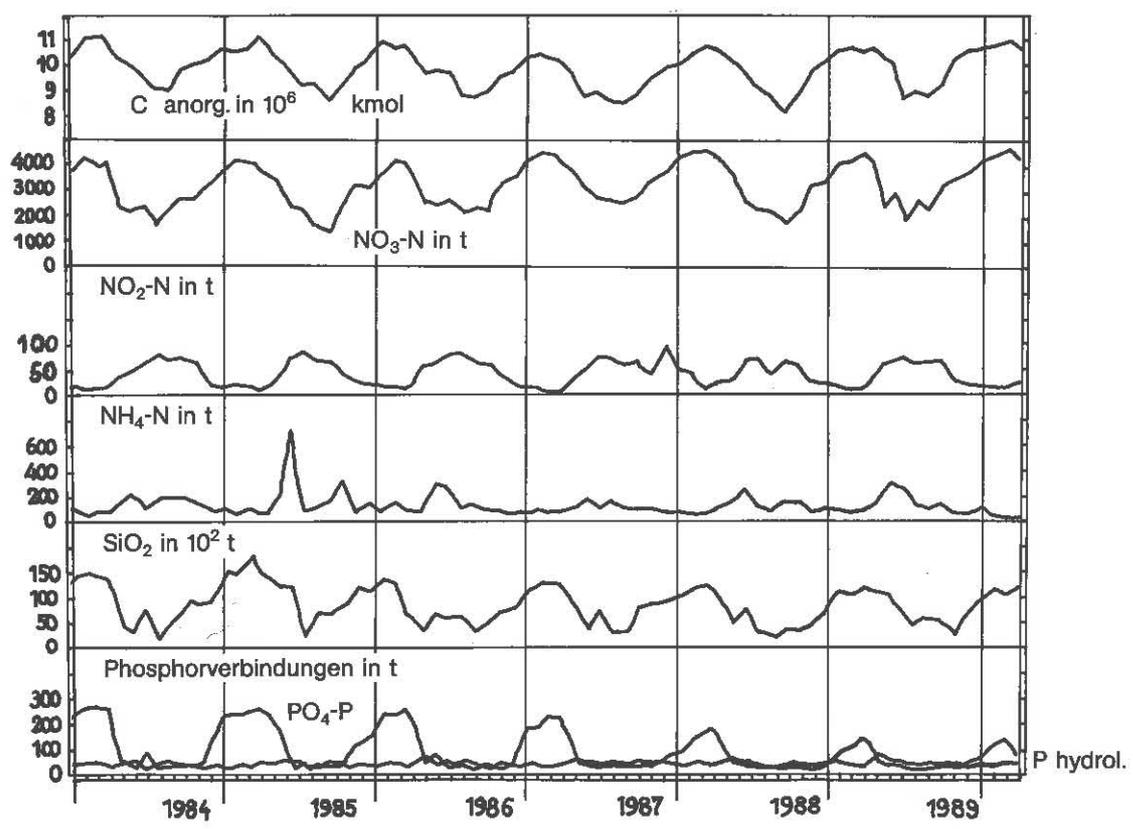
**Abb. 20:** Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Silikat (mg/l)



**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, Sillkat,  
 anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

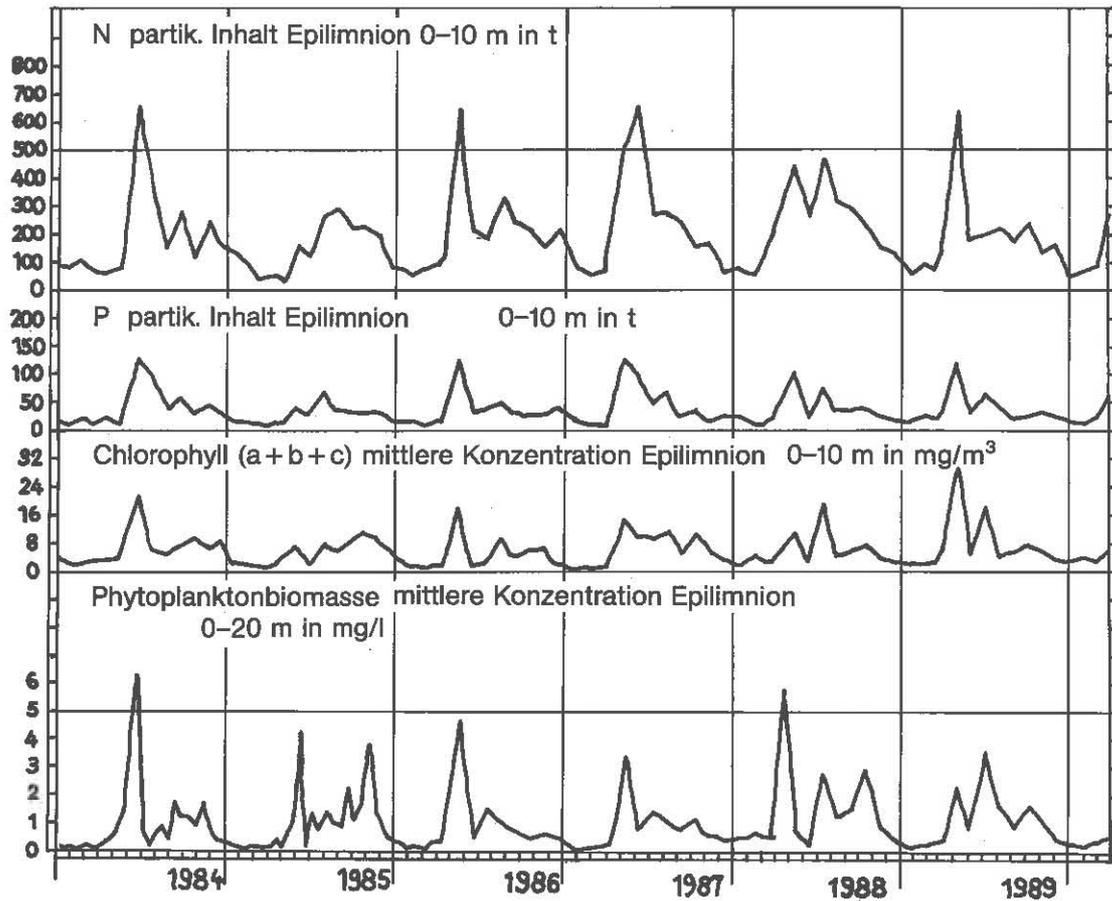


Abb. 24: Bodensee – Obersee:  
Chemische Biomasseindikatoren und Algenbiomasse

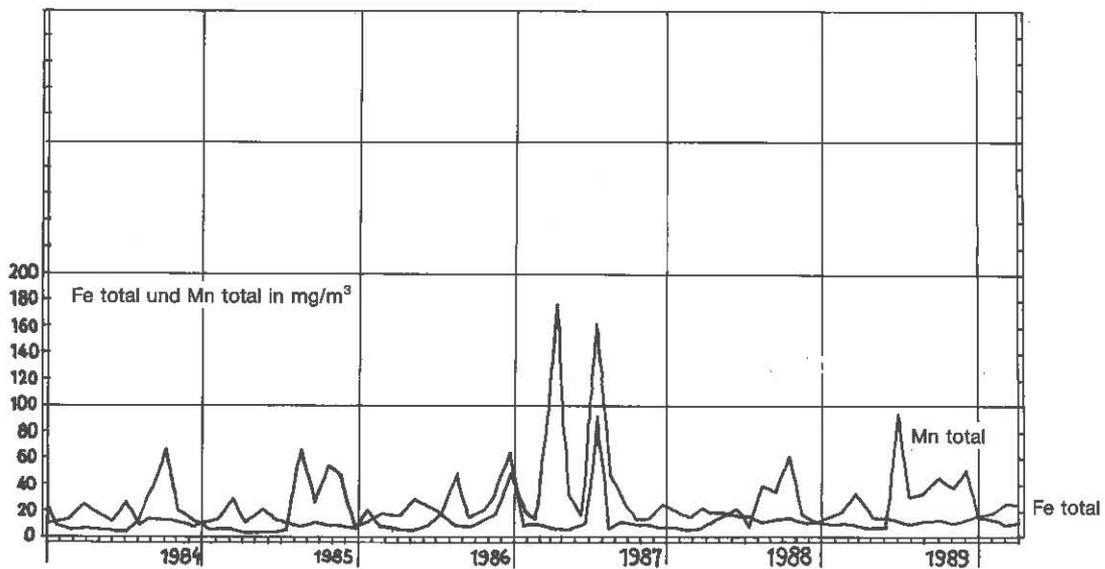
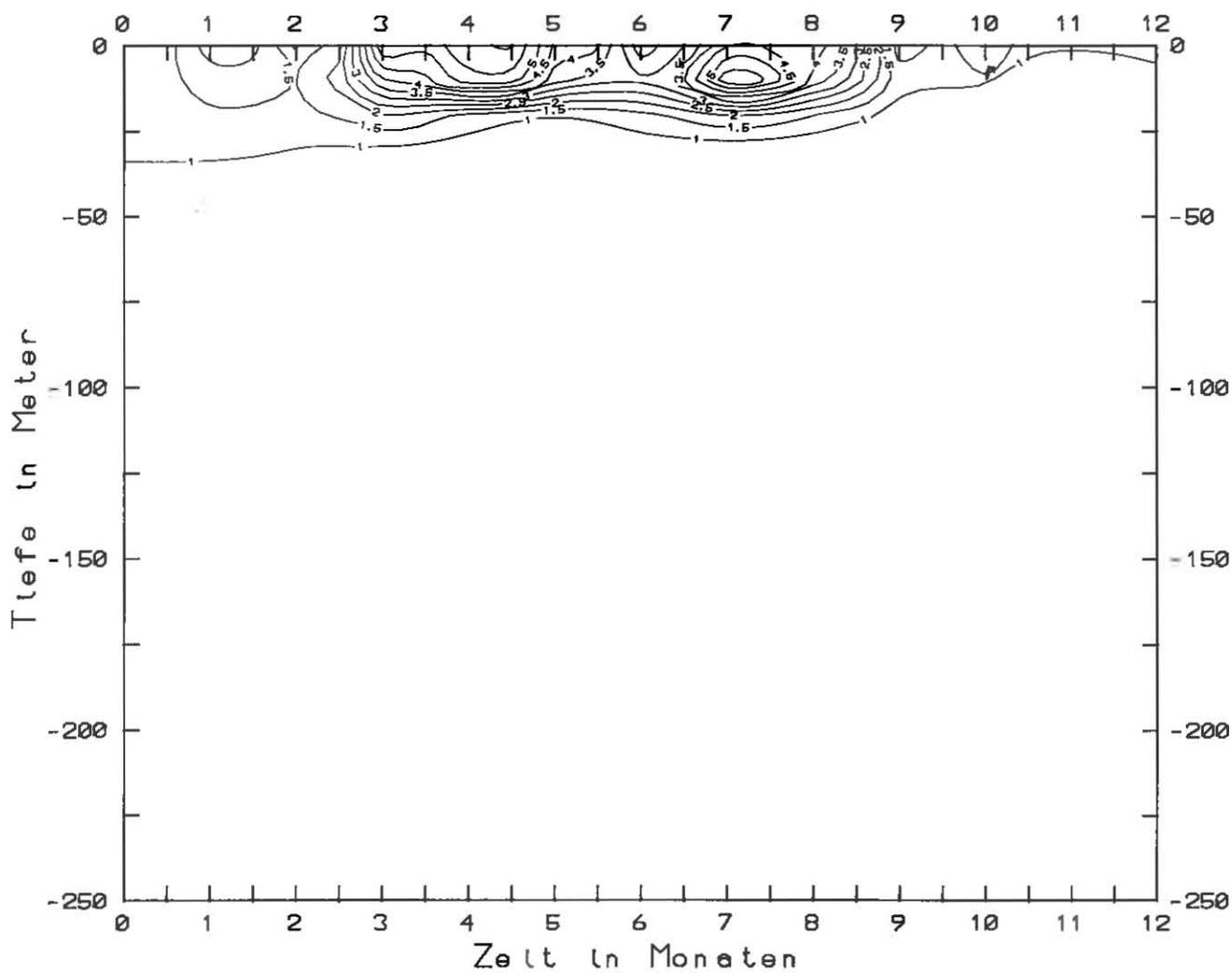


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Konzentrationen von Eisen total und Mangan total in 250 m Tiefe



**Abb. 26:** Bodensee - Obersee, Fischbach-Uttwil:  
Chlorophyll a (mg/m<sup>3</sup>)

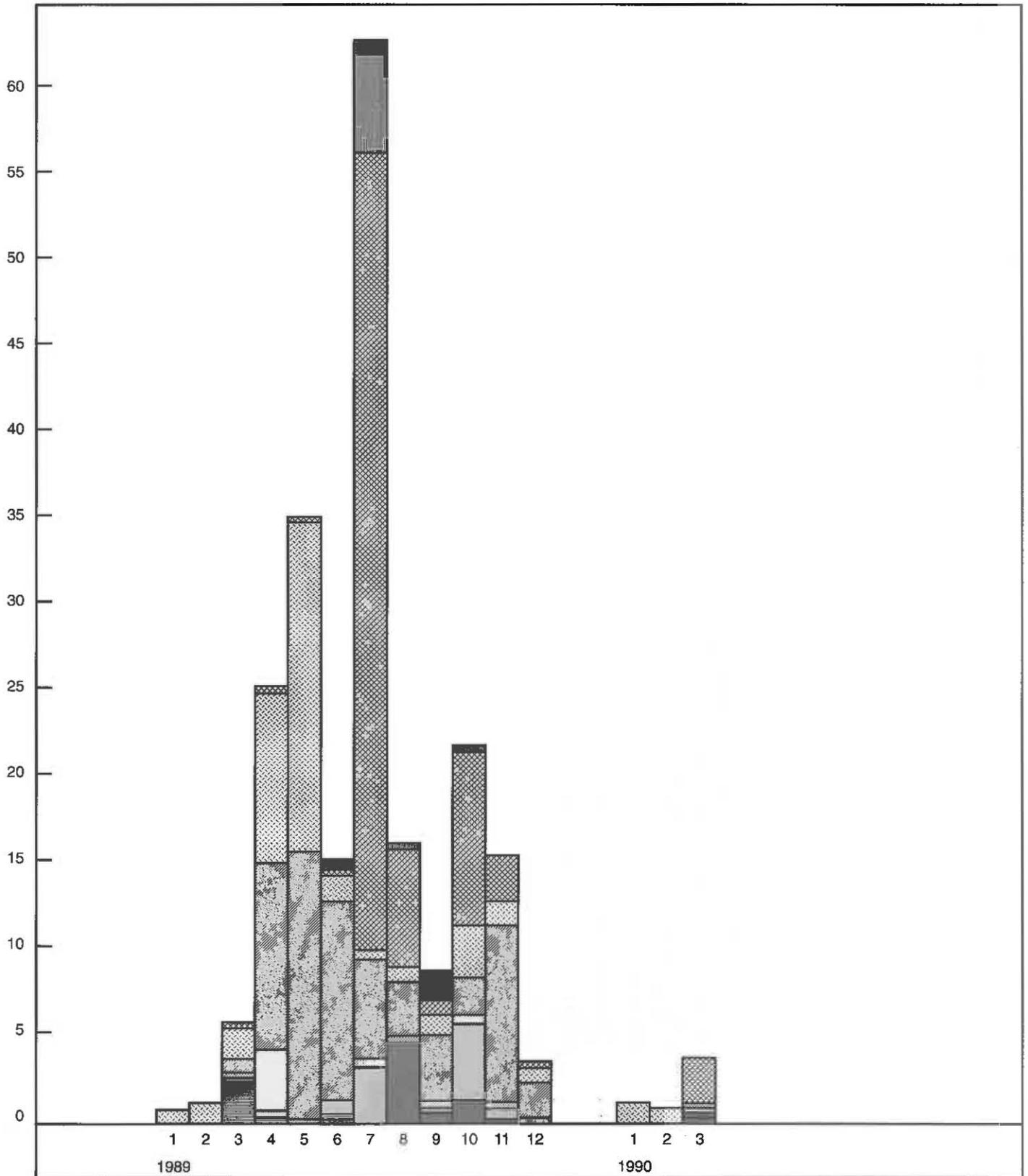


Abb. 28

Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:

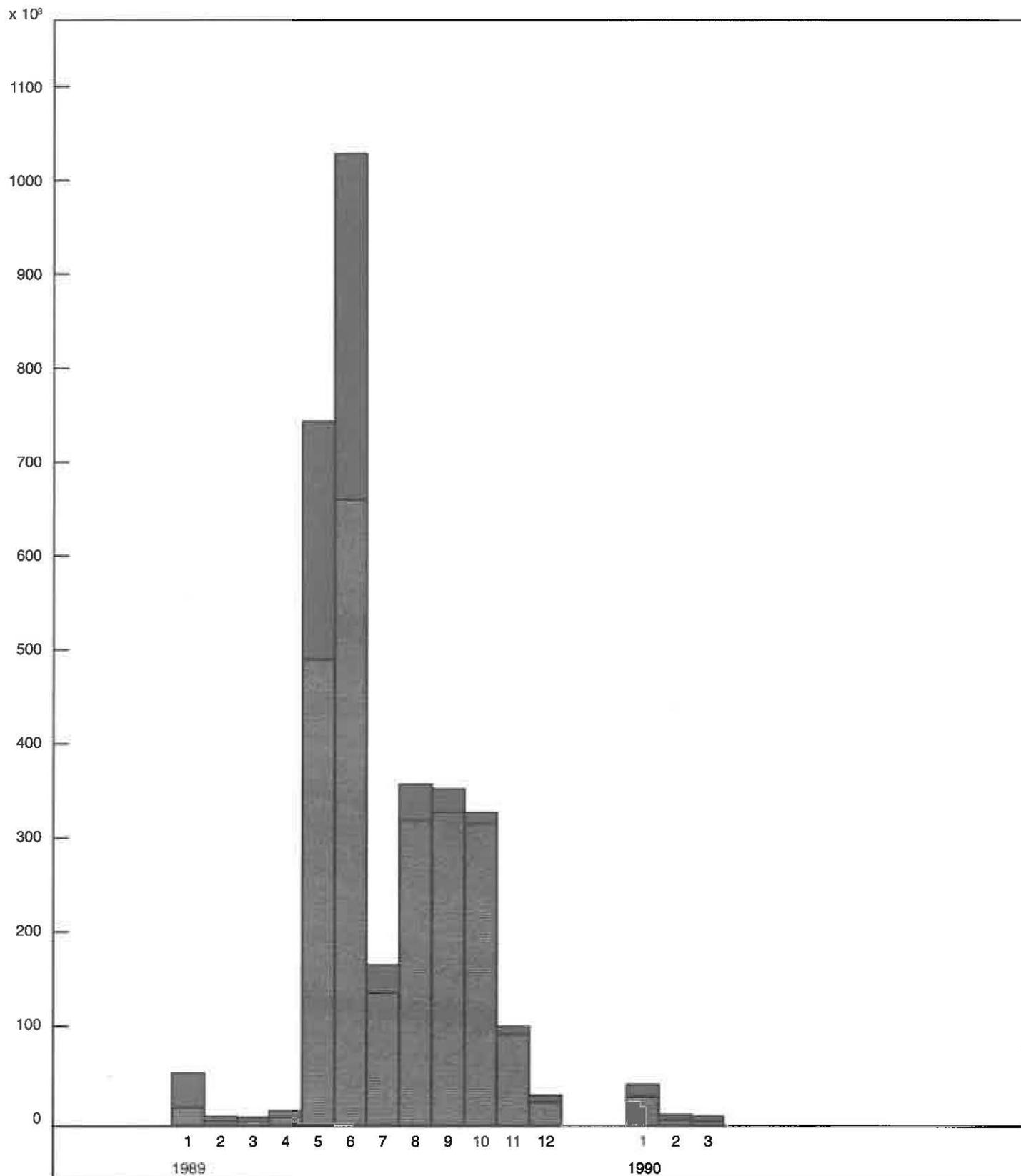
Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m<sup>2</sup> (0–20 m Tiefe)

Monatsmittel 1989/90



- Stephanodiscus hantzschii
- Melosira granulata
- Astenonella formosa
- Chlamydononas ssp.
- Cryptomonas ssp.
- Rhodomonas ssp.
- Fragilaria crotonensis
- Ceratium

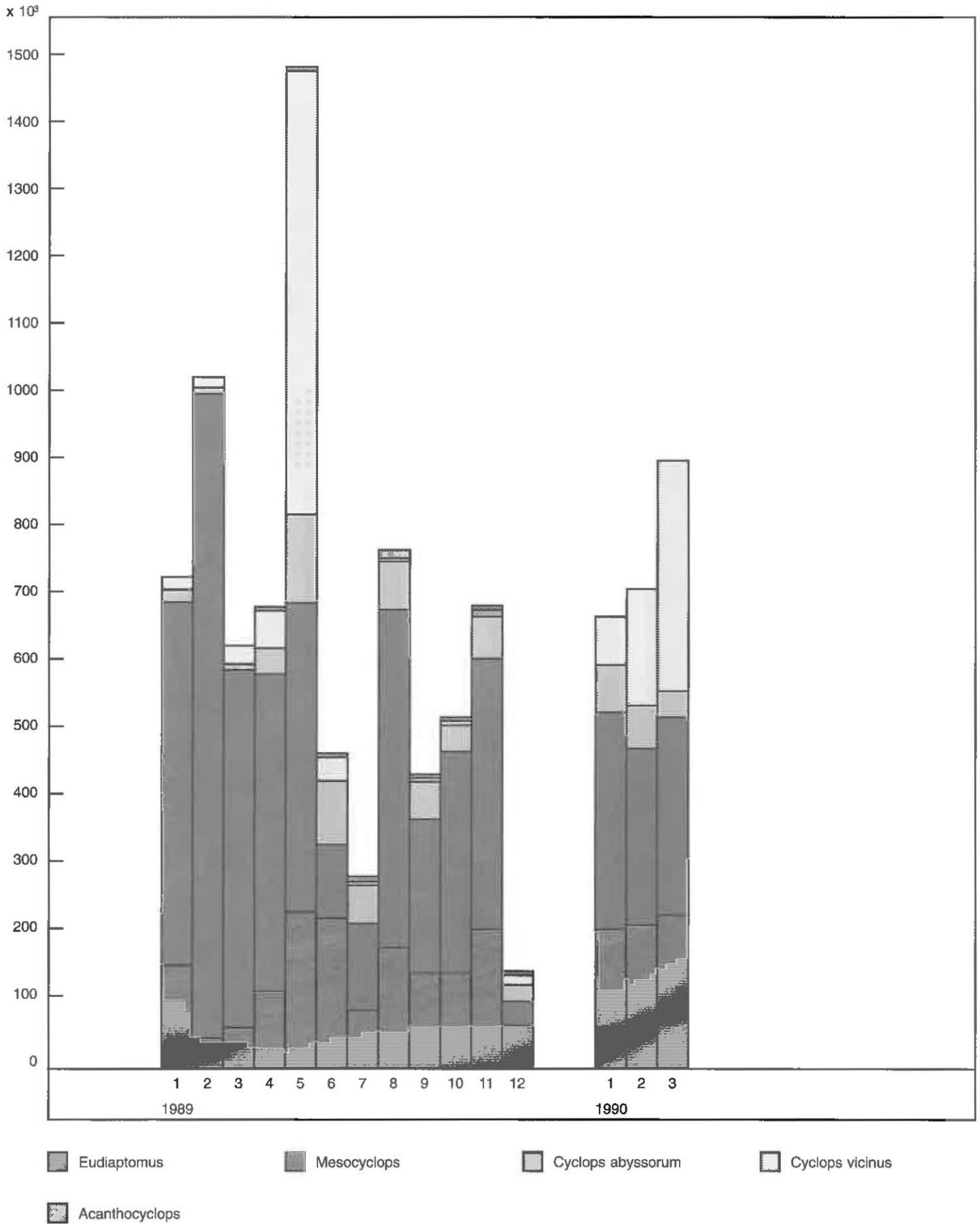
**Abb. 29**  
**Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:**  
**Entwicklung der Cladoceren,**  
**Monatsmittel 1989 (Tiere/m<sup>2</sup>)**



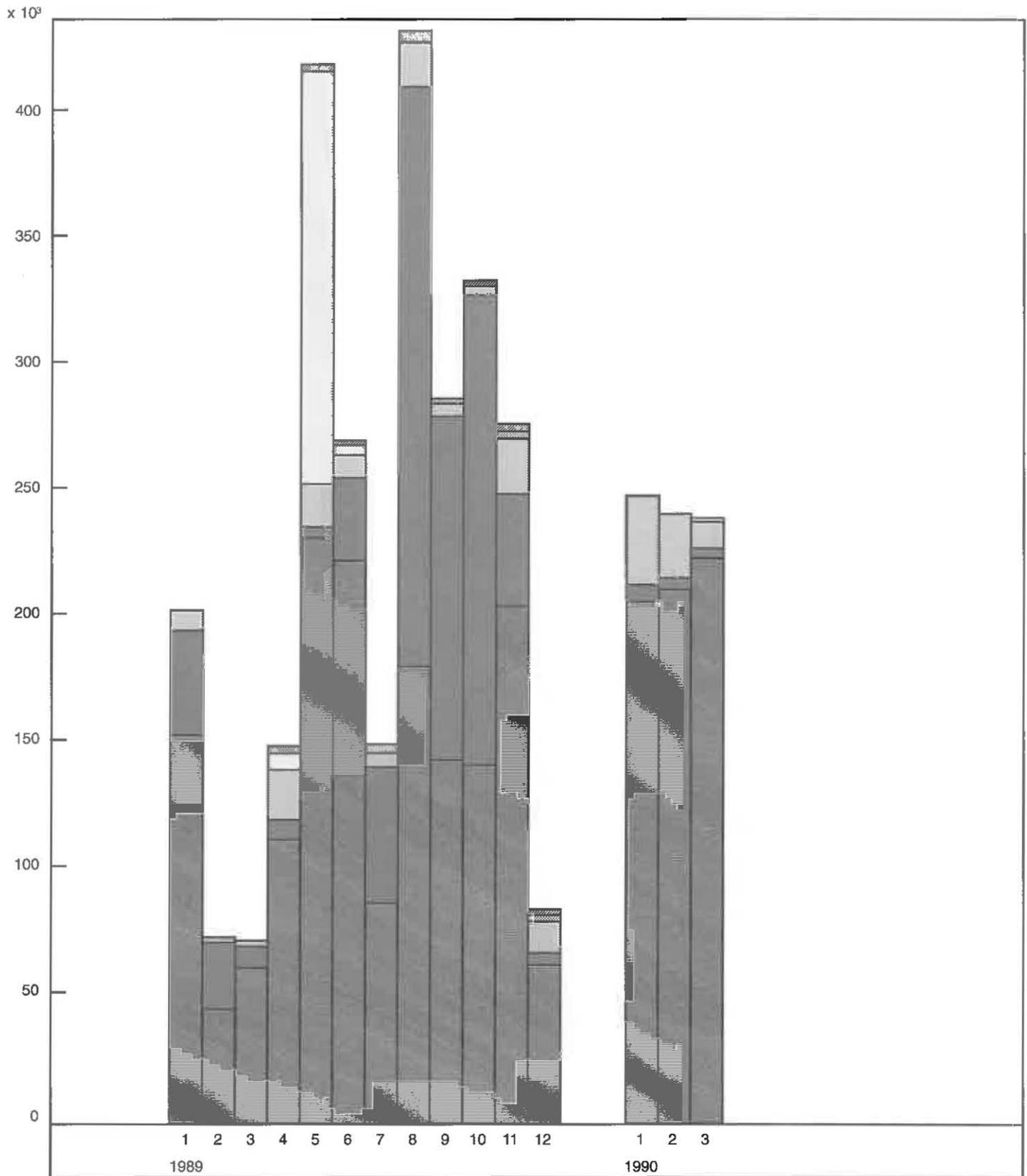
 Daphnia

 übrige Cladoceren

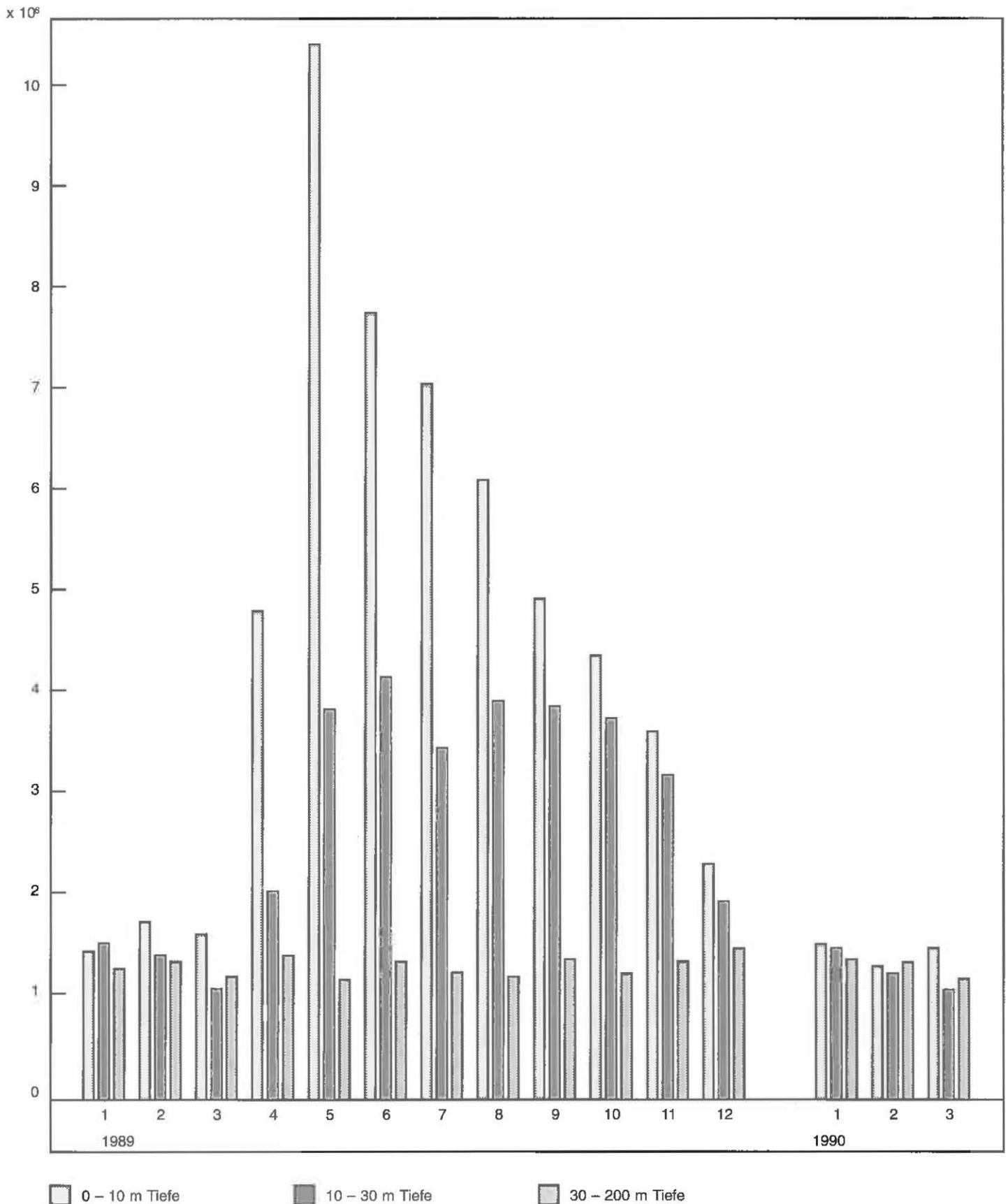
**Abb. 30**  
**Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:**  
**Entwicklung der Copepoden: adulte Tiere und Copepodide ohne Nauplien,**  
**Monatsmittel 1989/90 (Tiere/m<sup>2</sup>)**



**Abb. 31**  
**Bodensee – Obersee, Fischbach-Uttwil:**  
**Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen**  
**Monatsmittel 1989/90 (Tiere/m<sup>2</sup>)**



**Abb. 32**  
**Bodensee – Obersee, Langenargen – Arbon:**  
**Entwicklung des Bakterienplanktons, Gesamtkeimzahlen (Direktzählung Zellen/ml)**  
**in verschiedenen Tiefenstufen · Monatsmittel 1989/90**



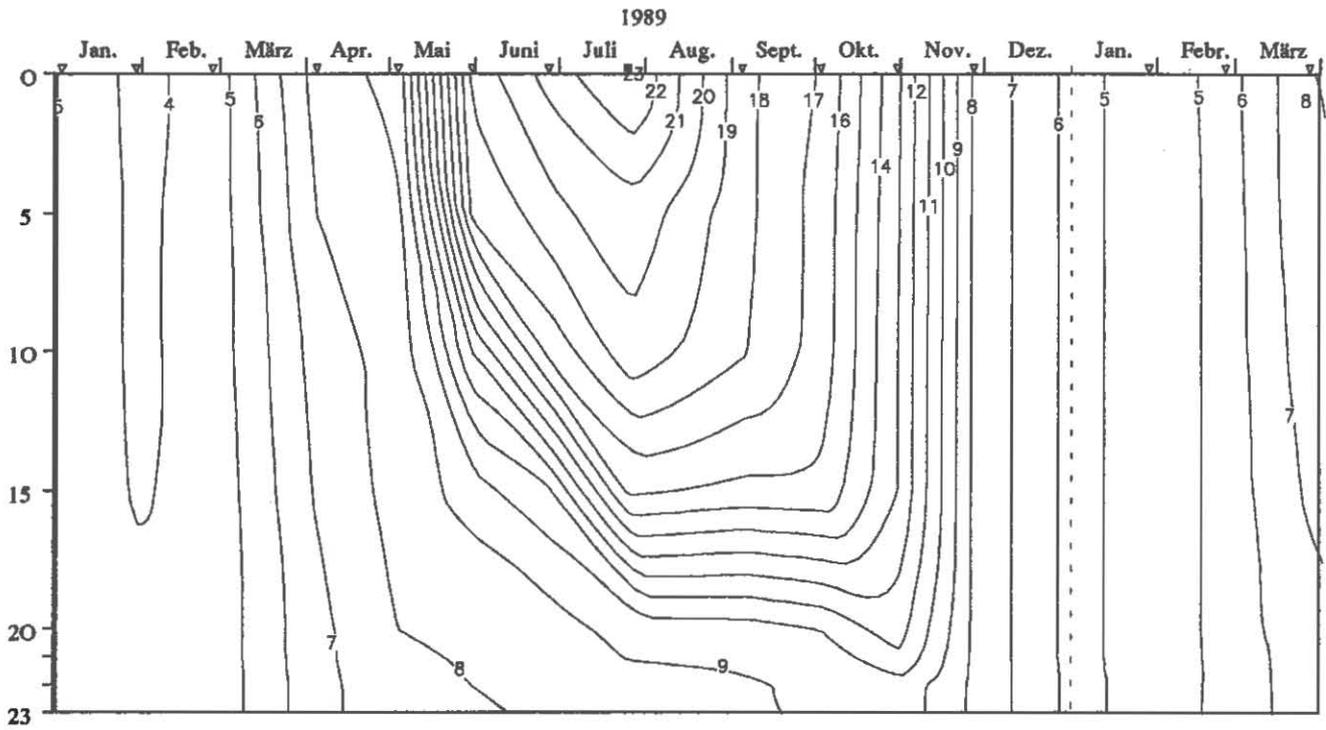


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Temperatur °C

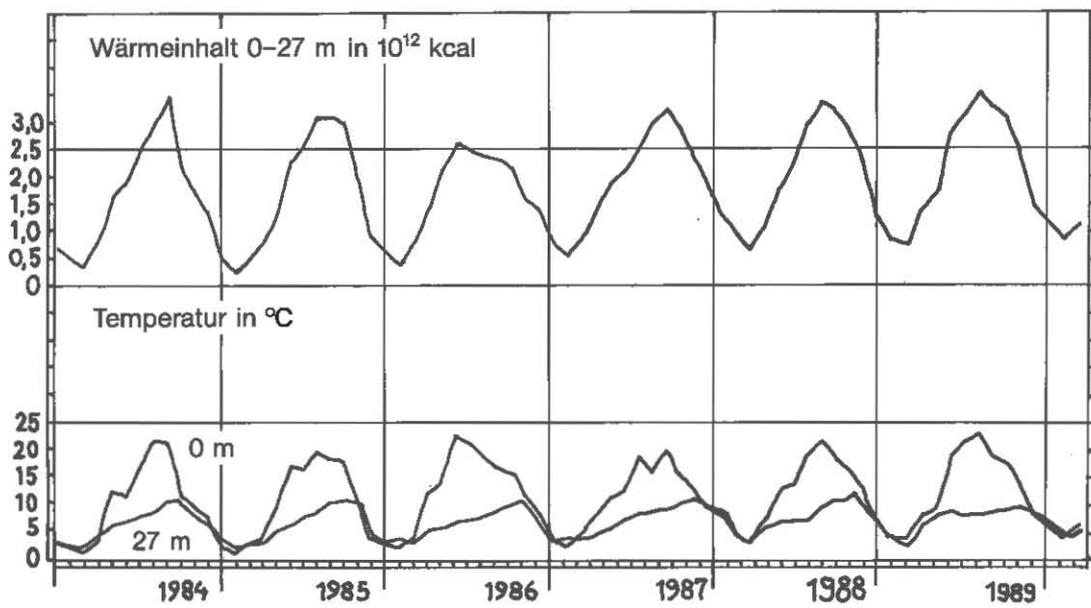
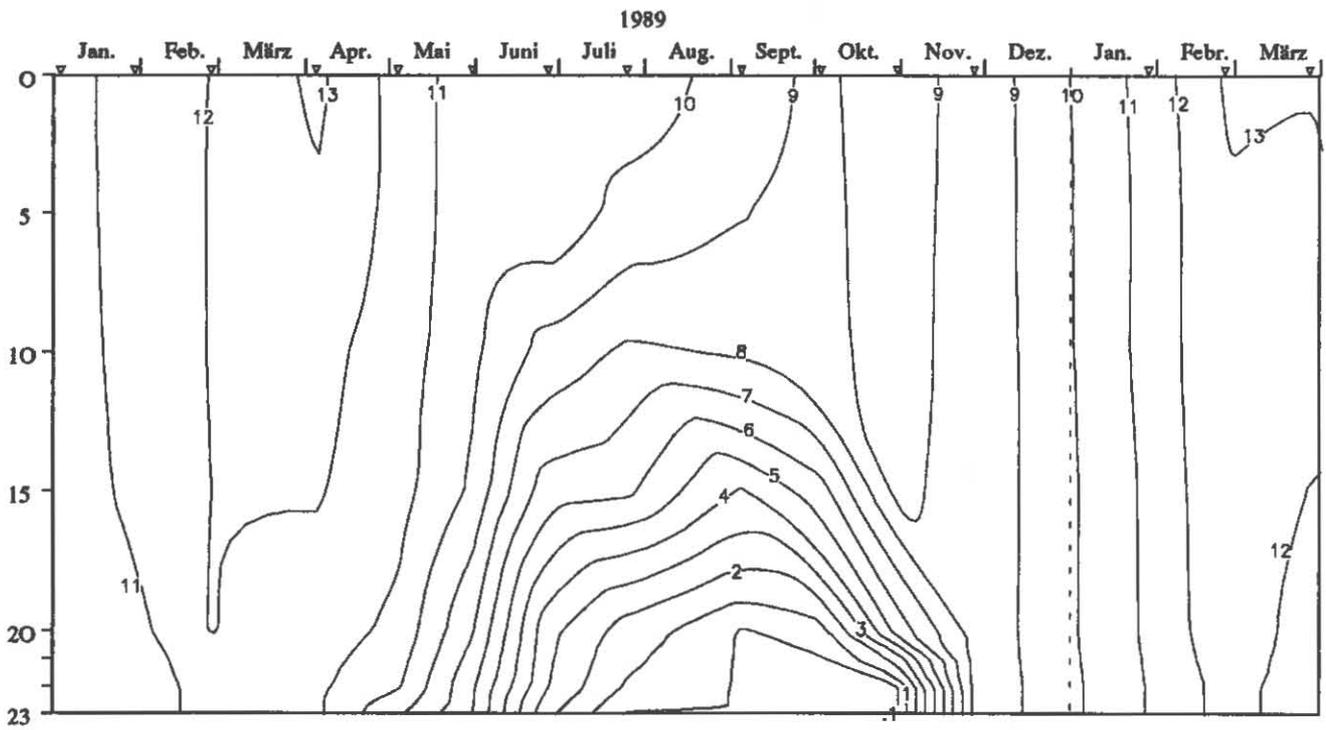
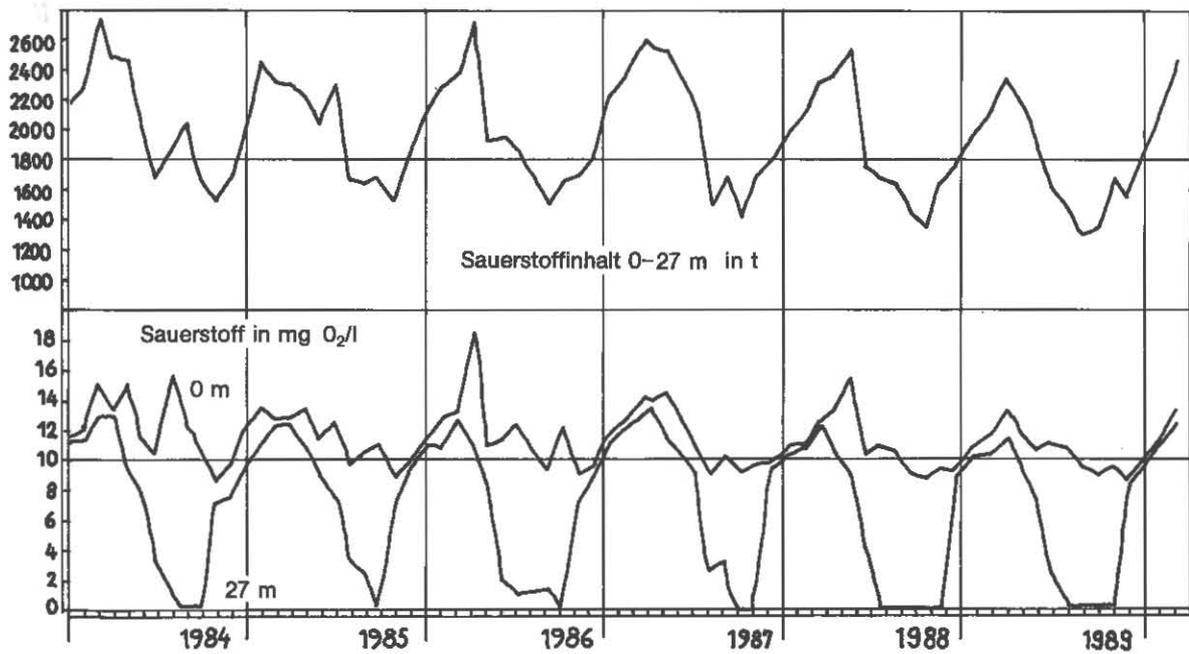


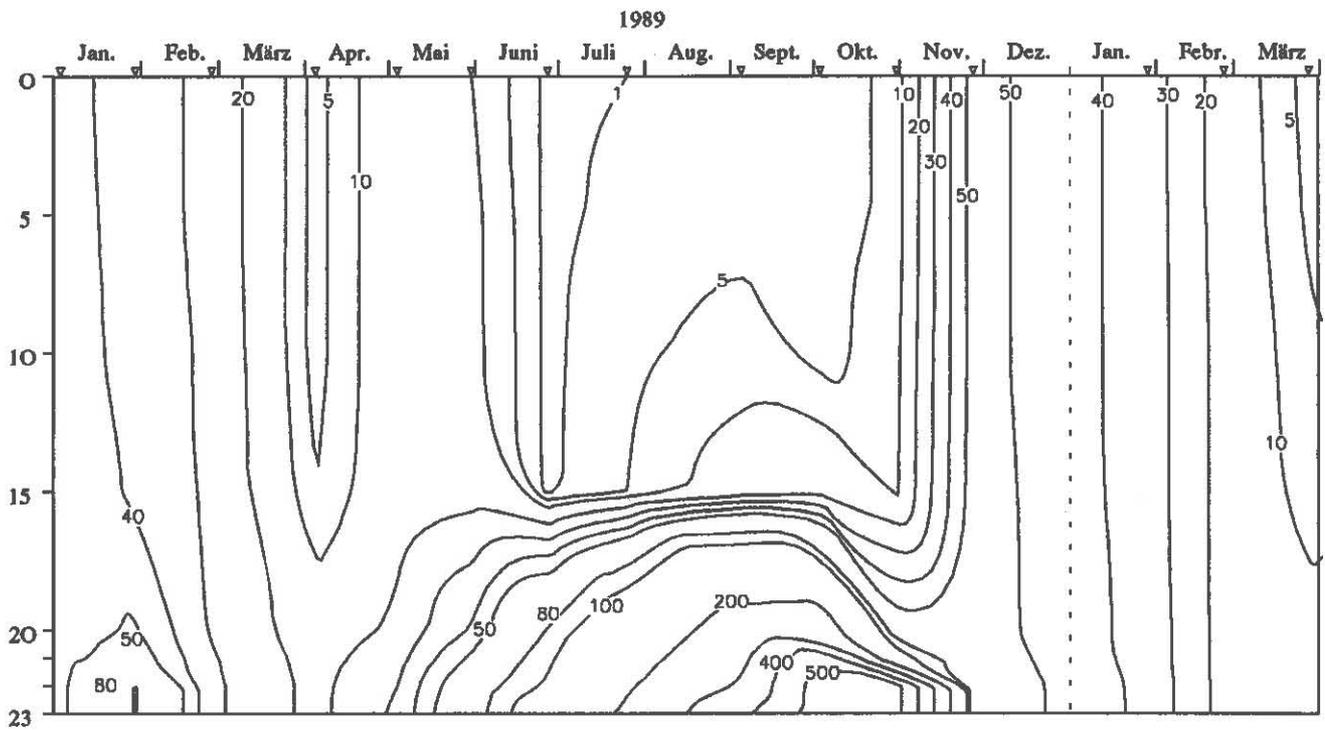
Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Thermik



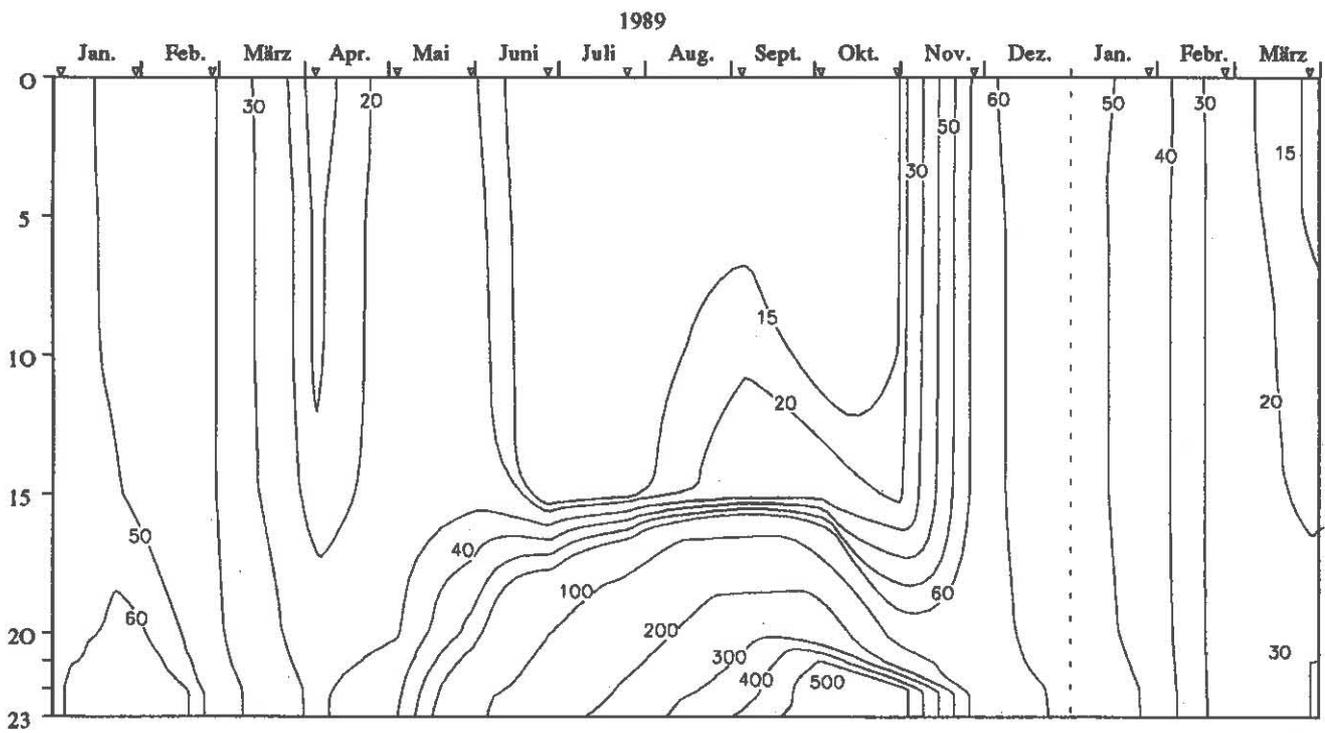
**Abb. 35:** Bodensee - Untersee, Zellersee:  
Sauerstoff (mg/l)



**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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 38:** Bodensee – Untersee, Zellersee:  
 Gesamter gelöster Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



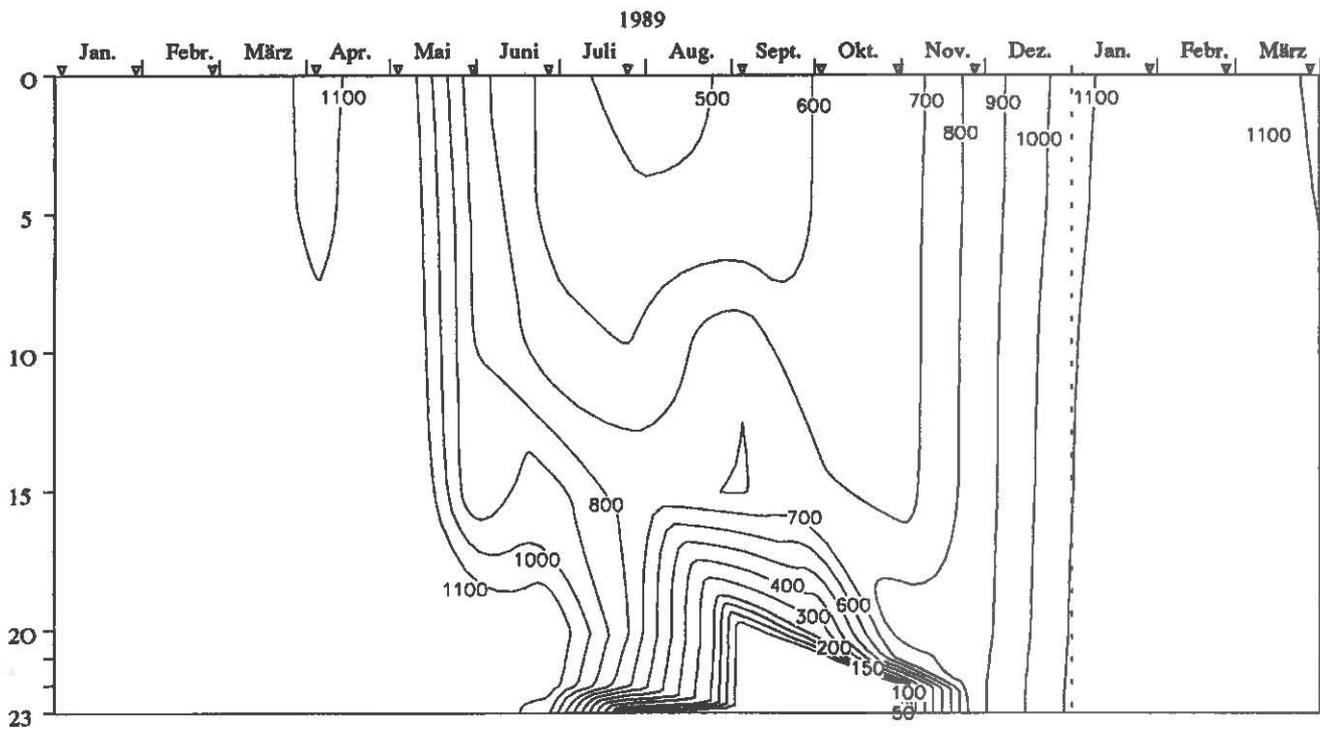


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nitrat – Stickstoff ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

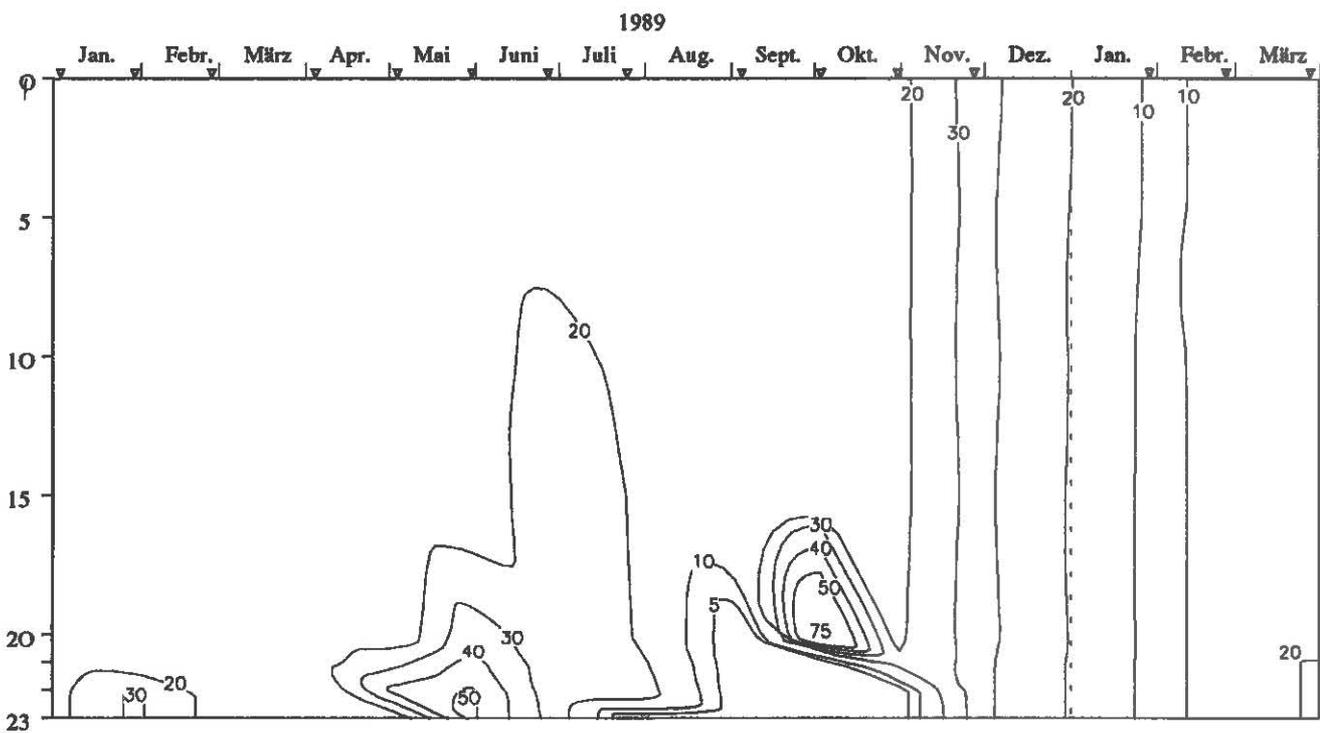
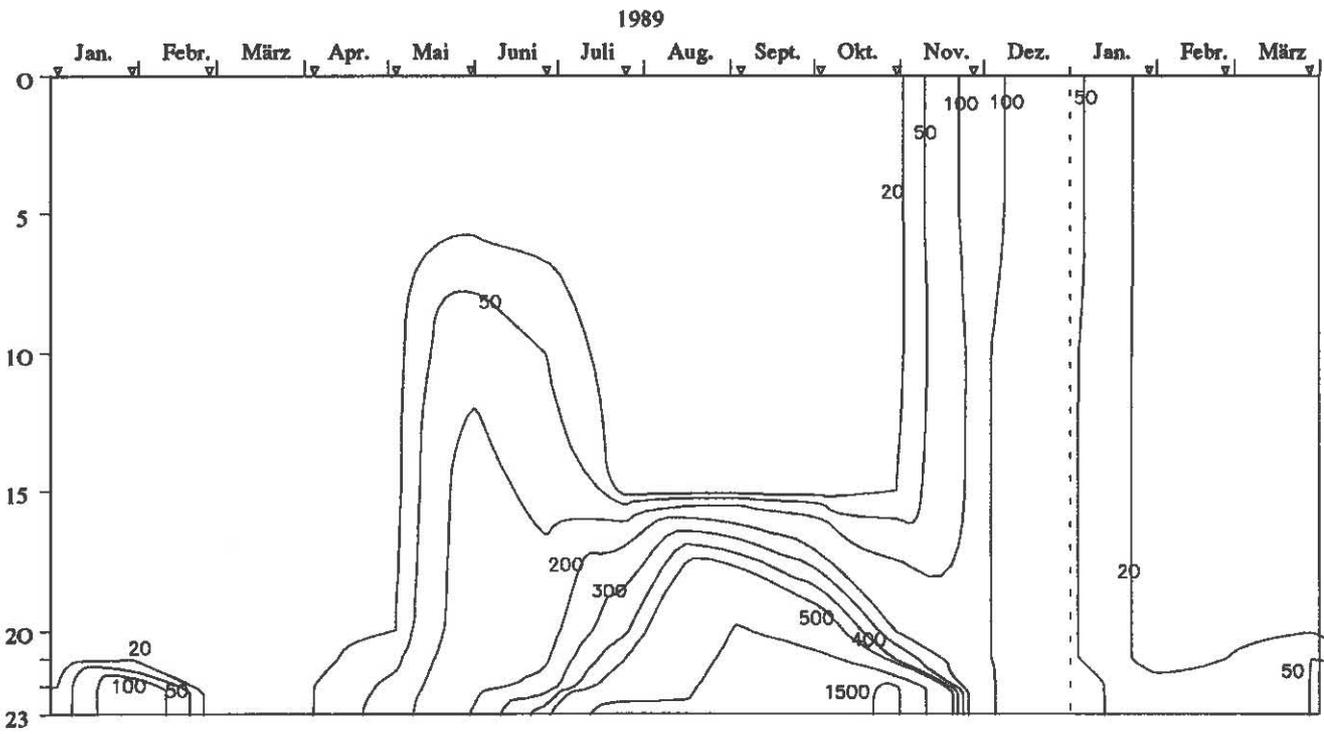
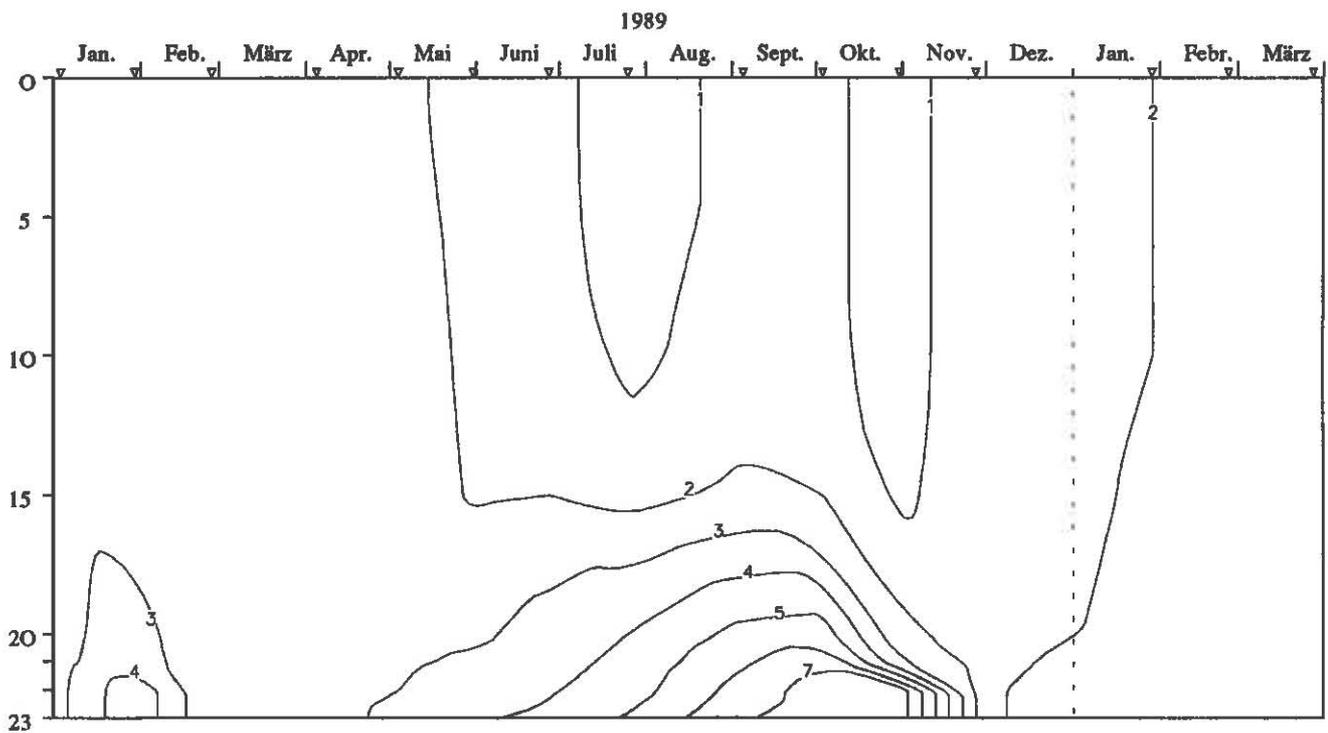


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nitrit – Stickstoff ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 43:** Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Ammonium – Stickstoff ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 44:** Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Silikat ( $\text{mg}/\text{l}$ )

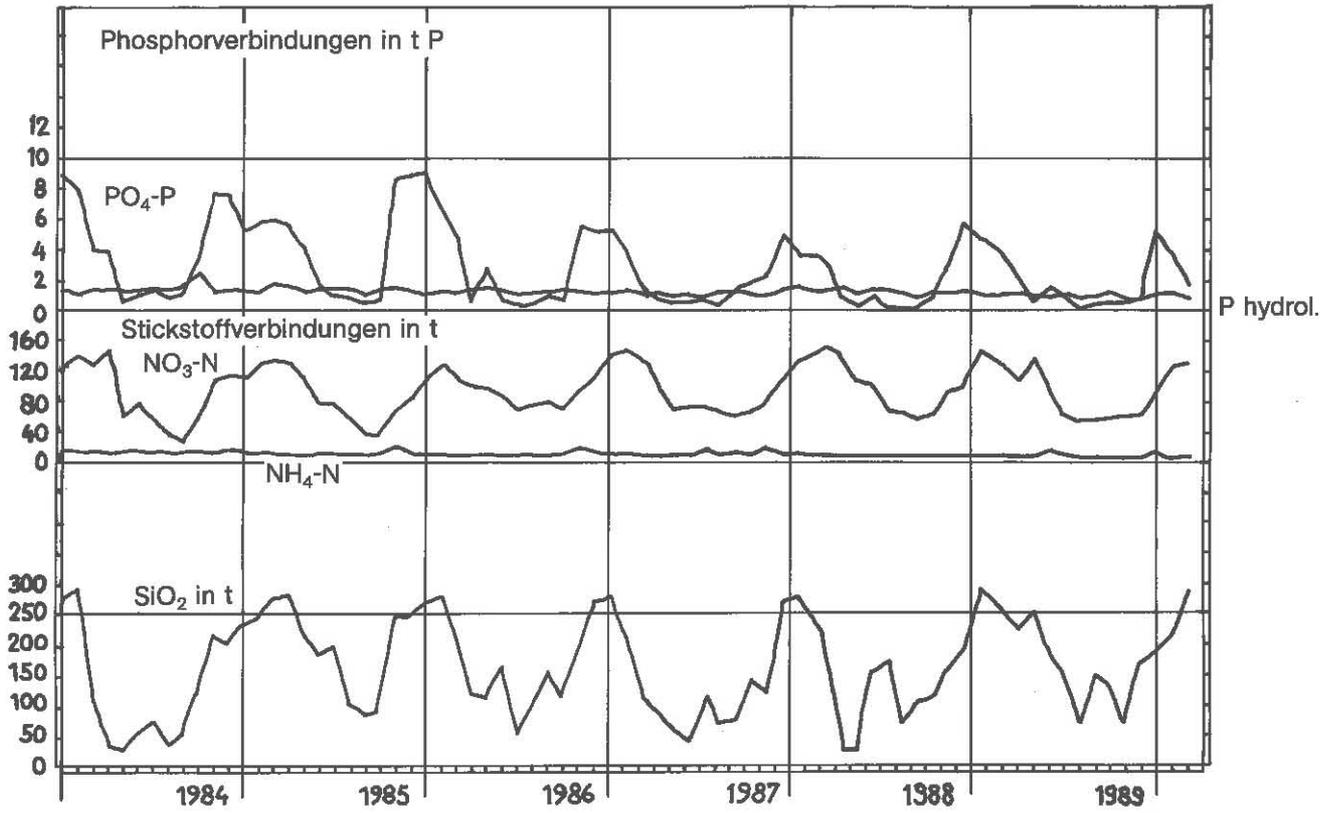


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

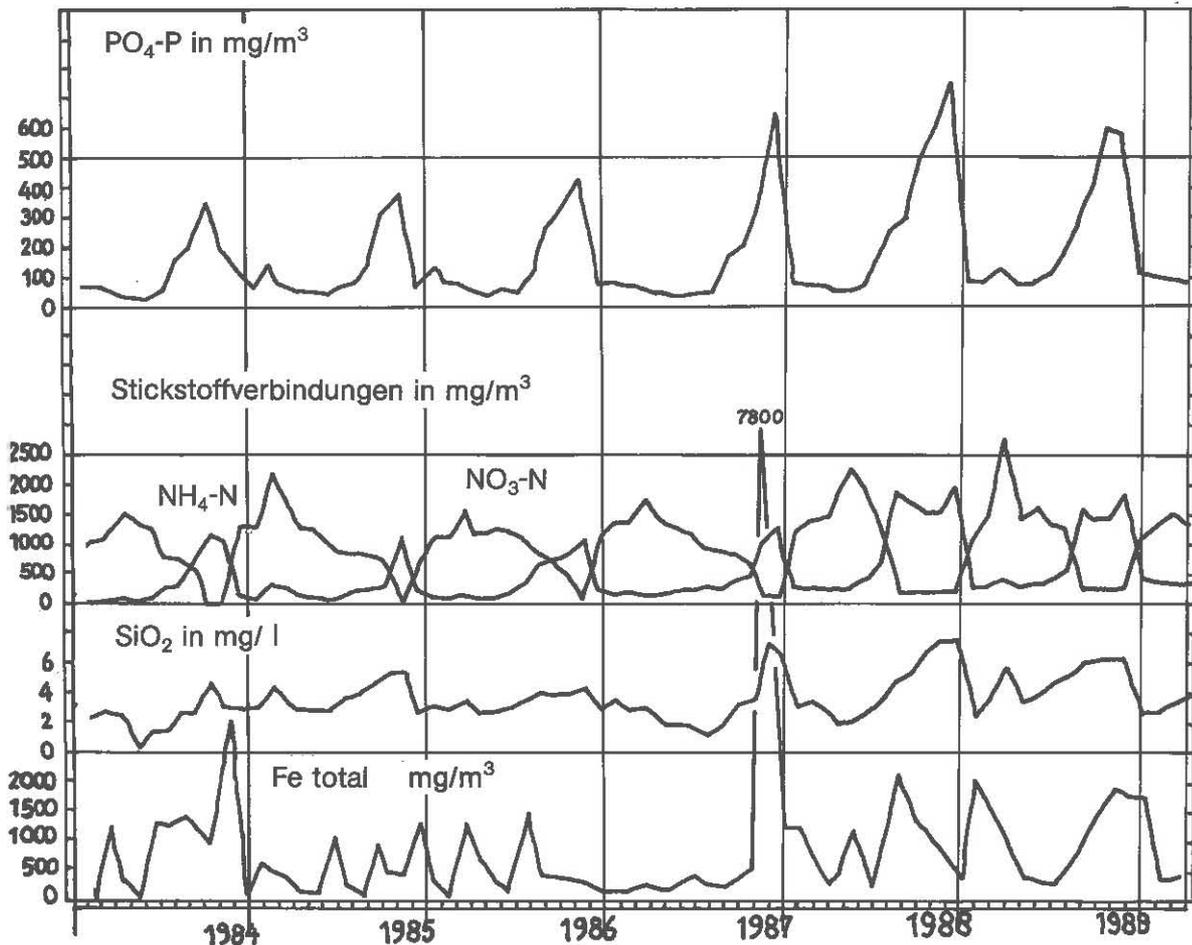


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

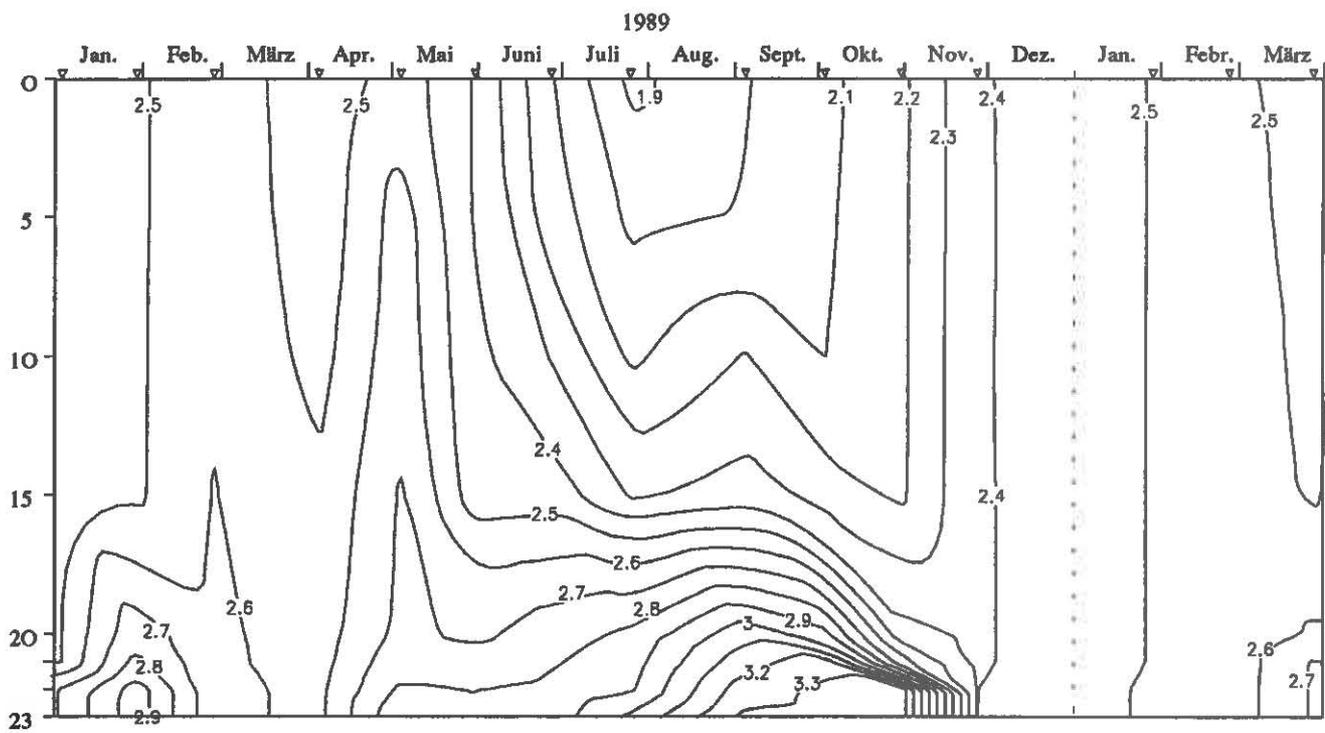


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

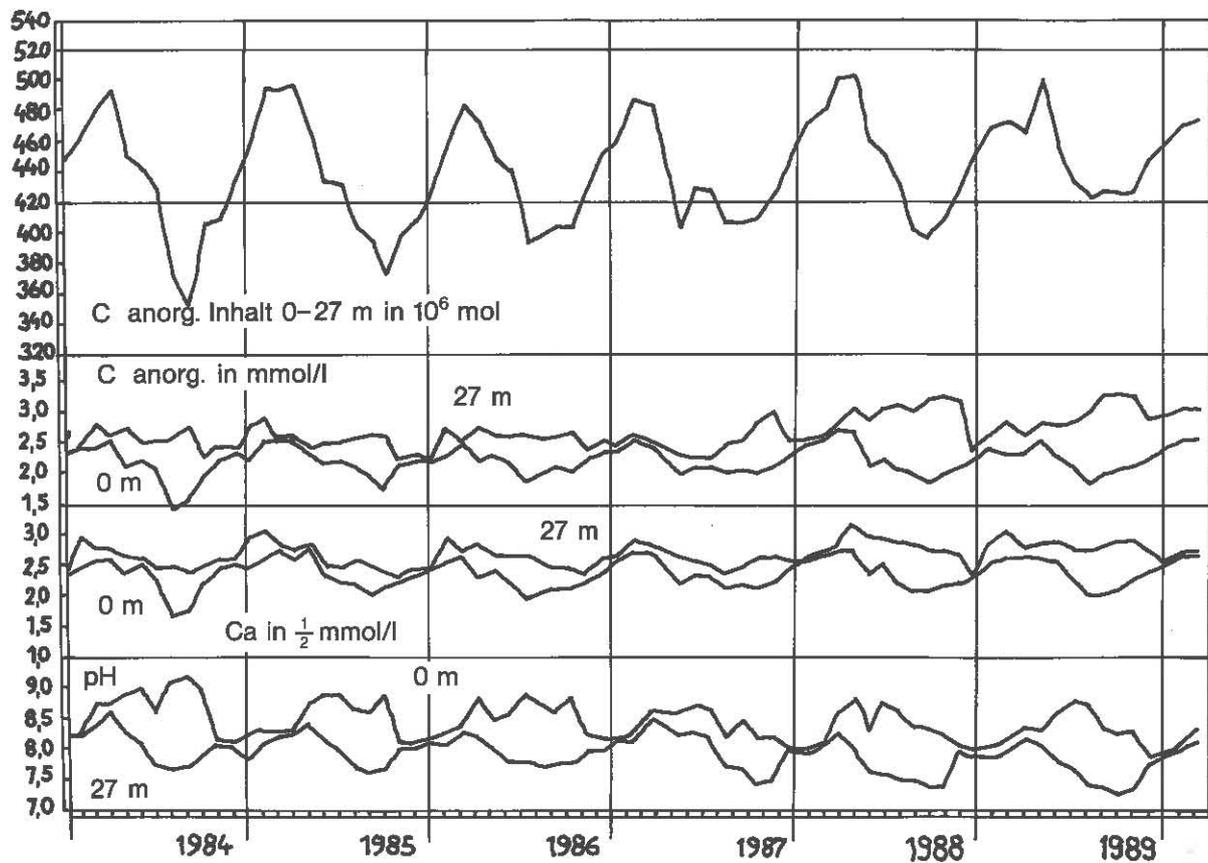


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0-27 m Tiefe  
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium,  
pH-Wert

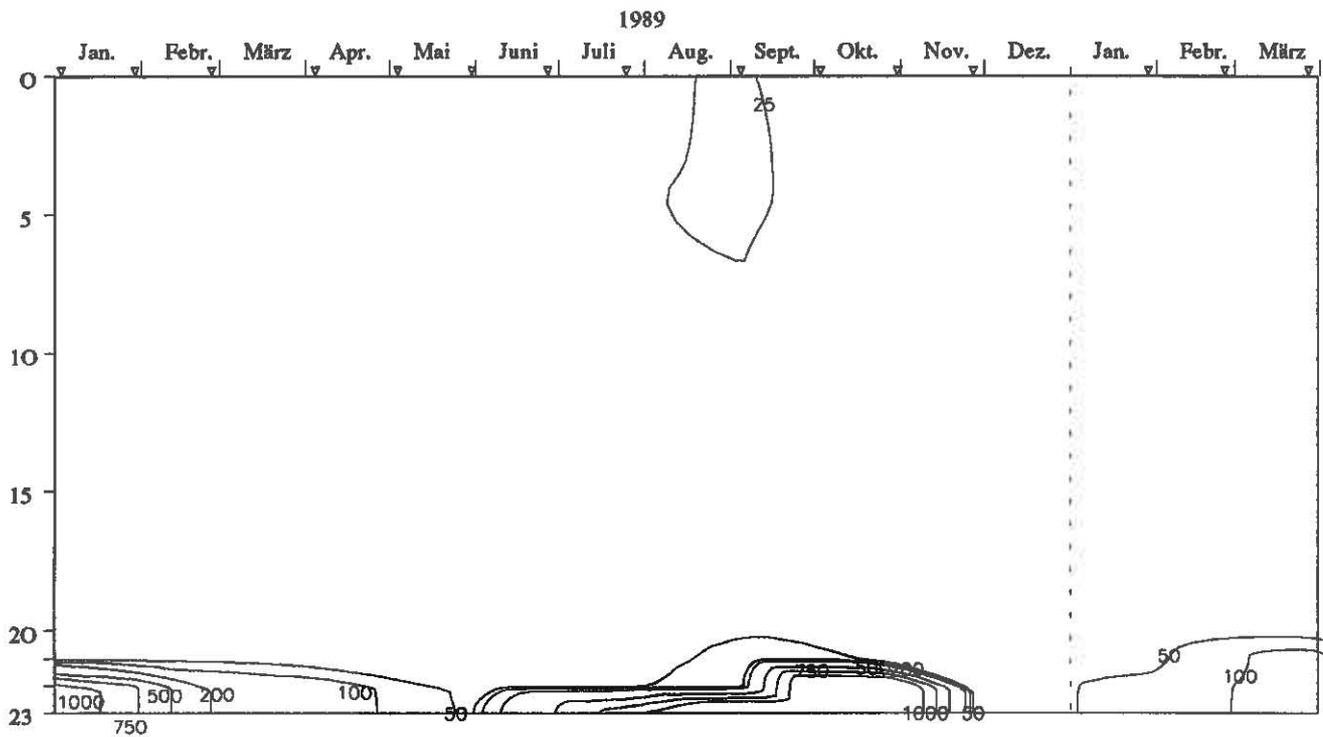


Abb. 49: Bodensee - Untersee, Zellersee:  
Konzentration von Eisen total ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

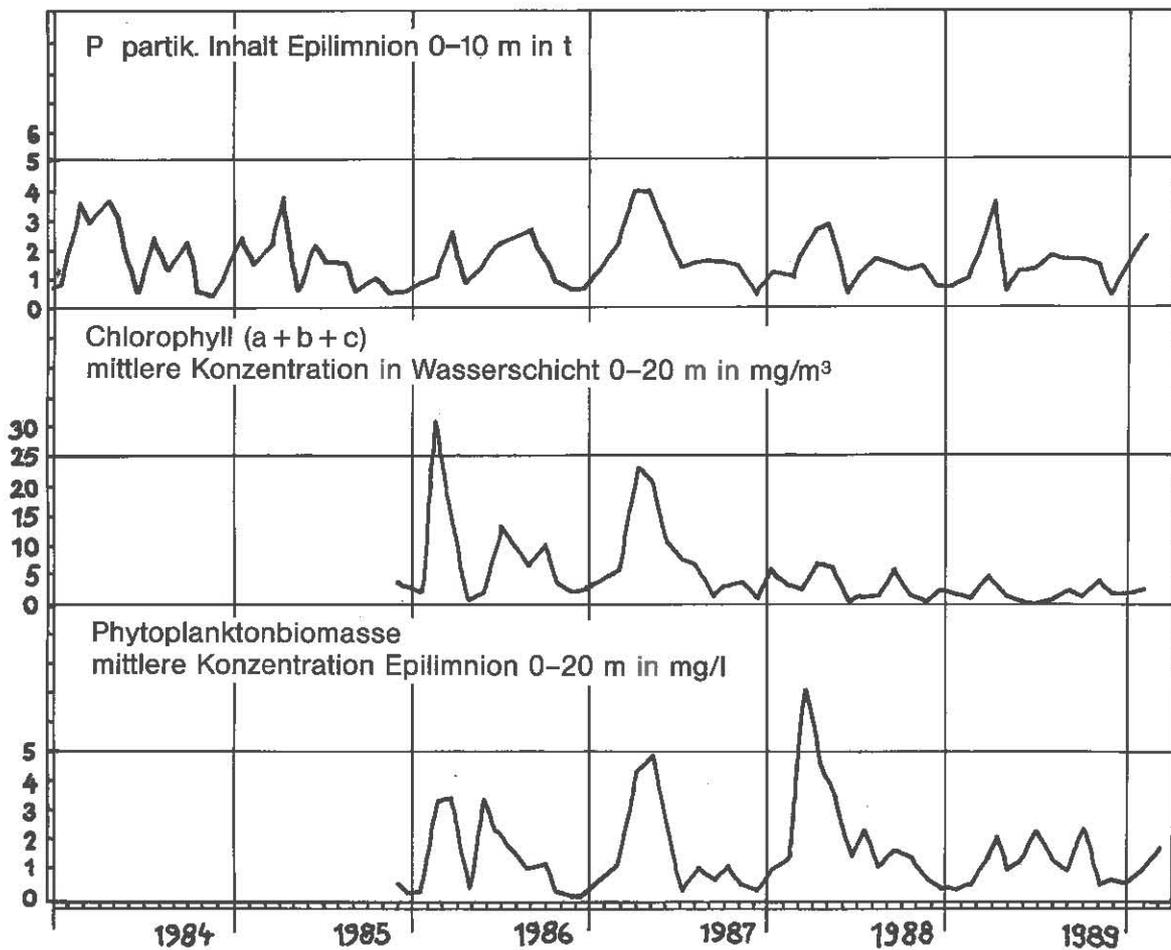
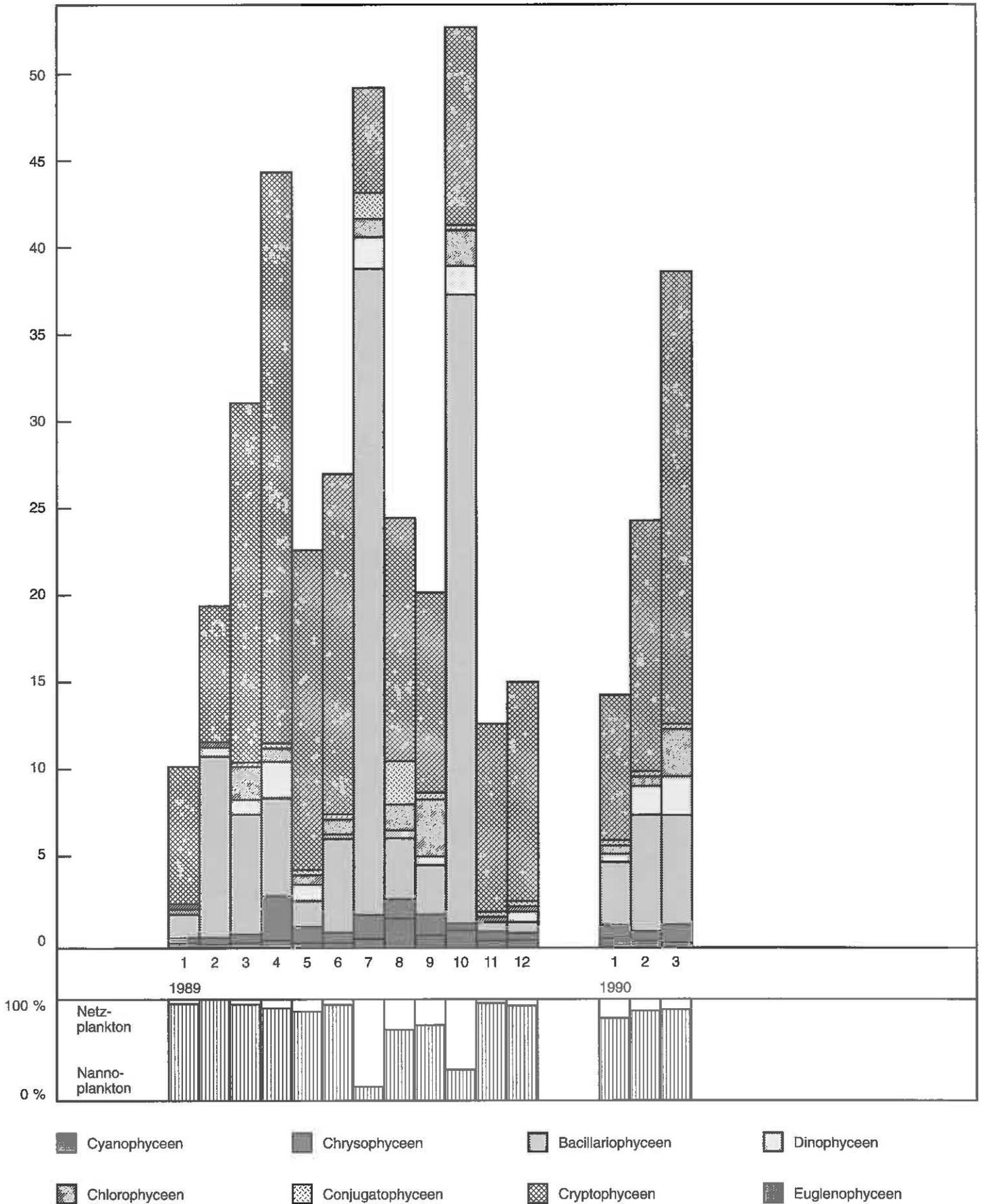


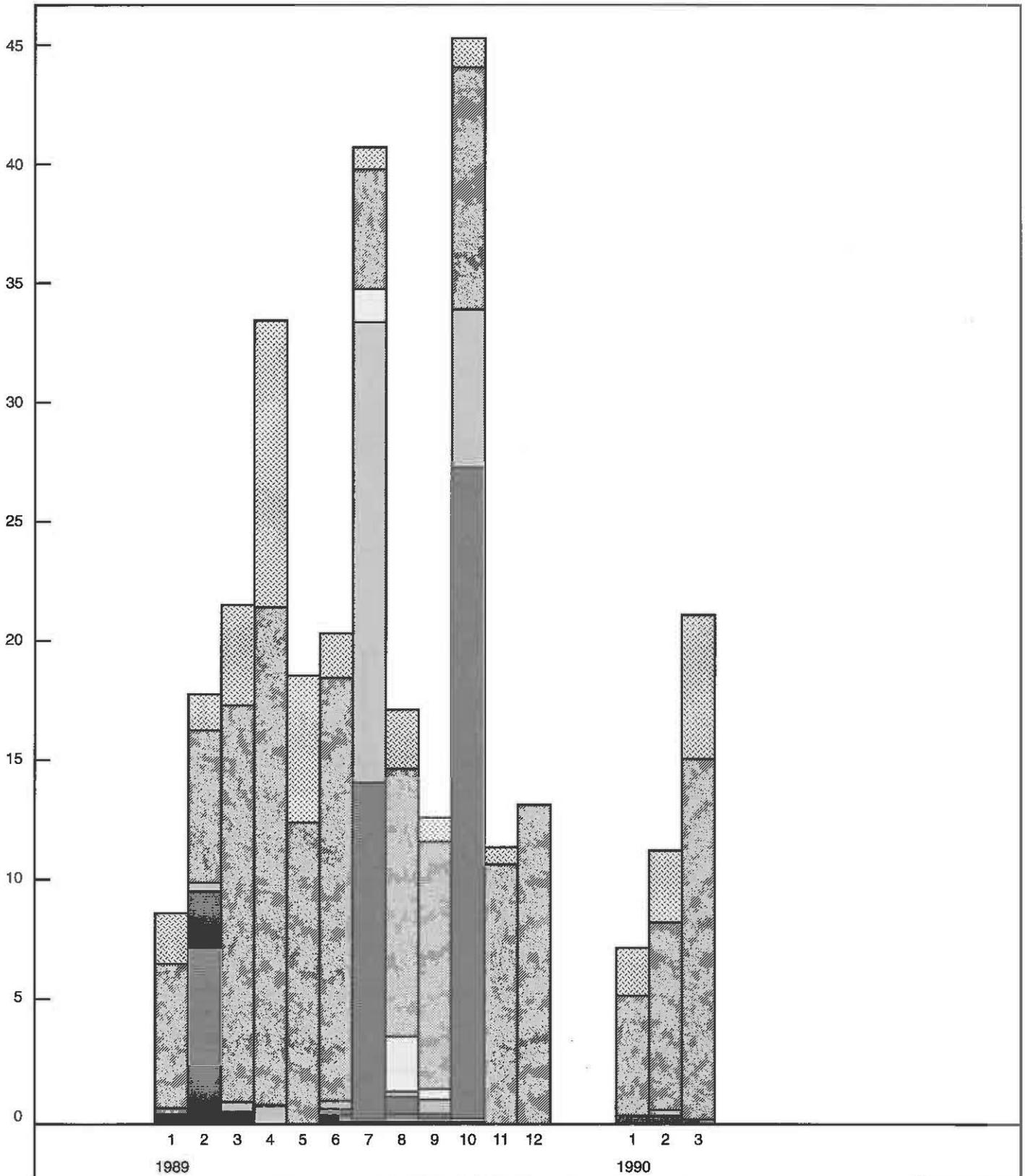
Abb. 50: Bodensee - Untersee, Zellersee:  
Chemische Biomassenindikatoren und Algenbiomasse



**Abb. 51**  
**Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
**Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen in g/m<sup>2</sup> (0–20 m Tiefe)**  
**Monatsmittel 1989/90**



**Abb. 52**  
**Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
**Entwicklung des Phytoplanktons, Biomassen der Hauptarten in g/m<sup>2</sup> (0–20 m Tiefe)**  
**Monatsmittel 1989/90**



- *Stephanodiscus hantzschii*    ■ *Melosira granulata*    ■ *Fragilaria crotonensis*    □ *Mougeotia thylespora*
- *Cryptomonas ssp.*    ■ *Rhodomonas ssp.*

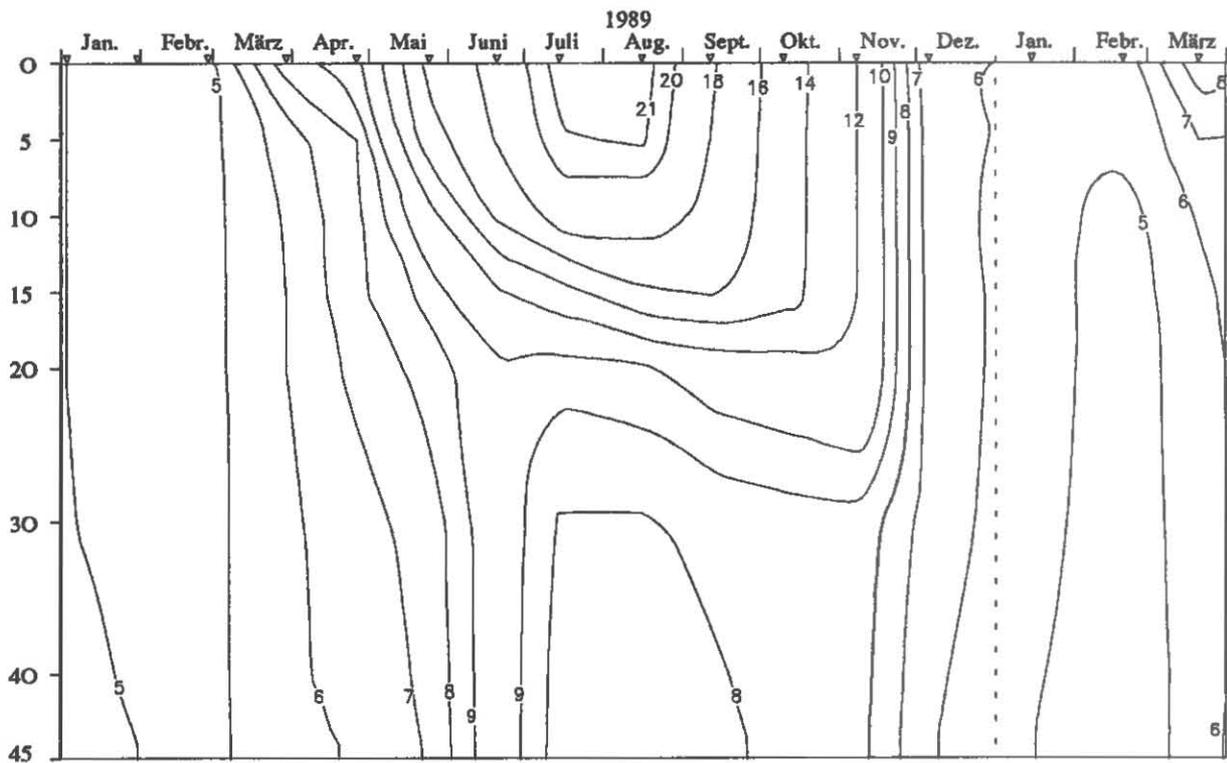


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Temperatur °C

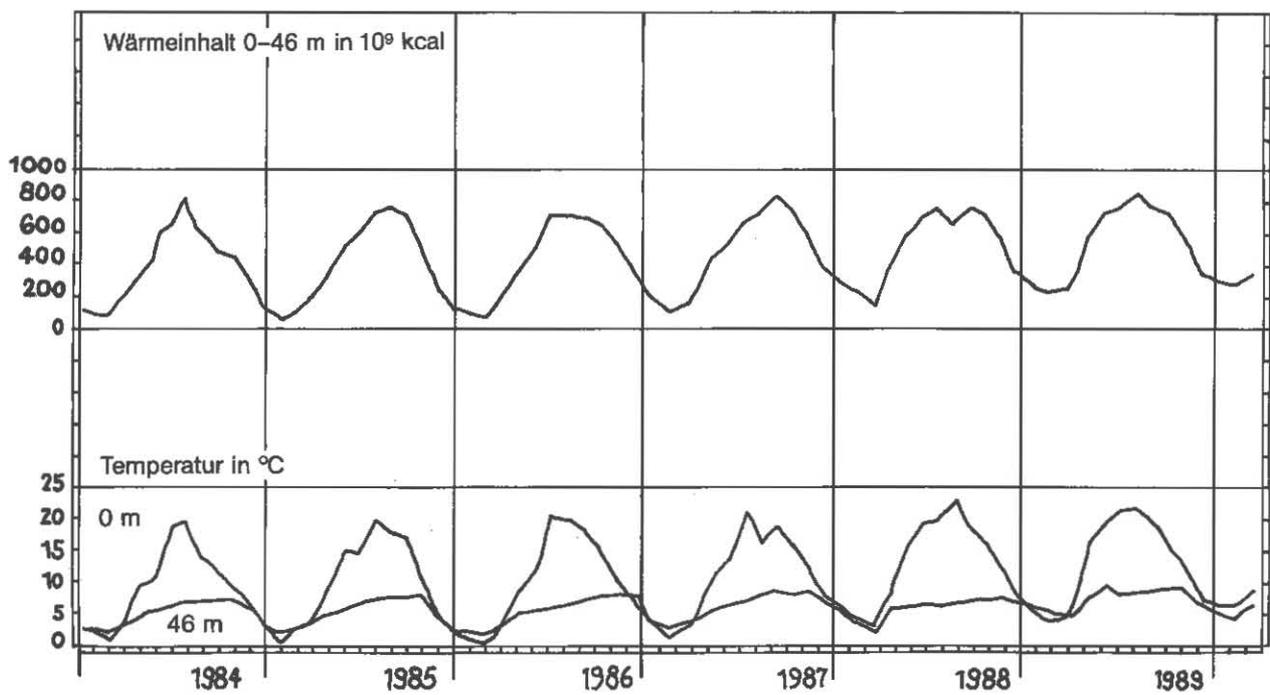


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Thermik

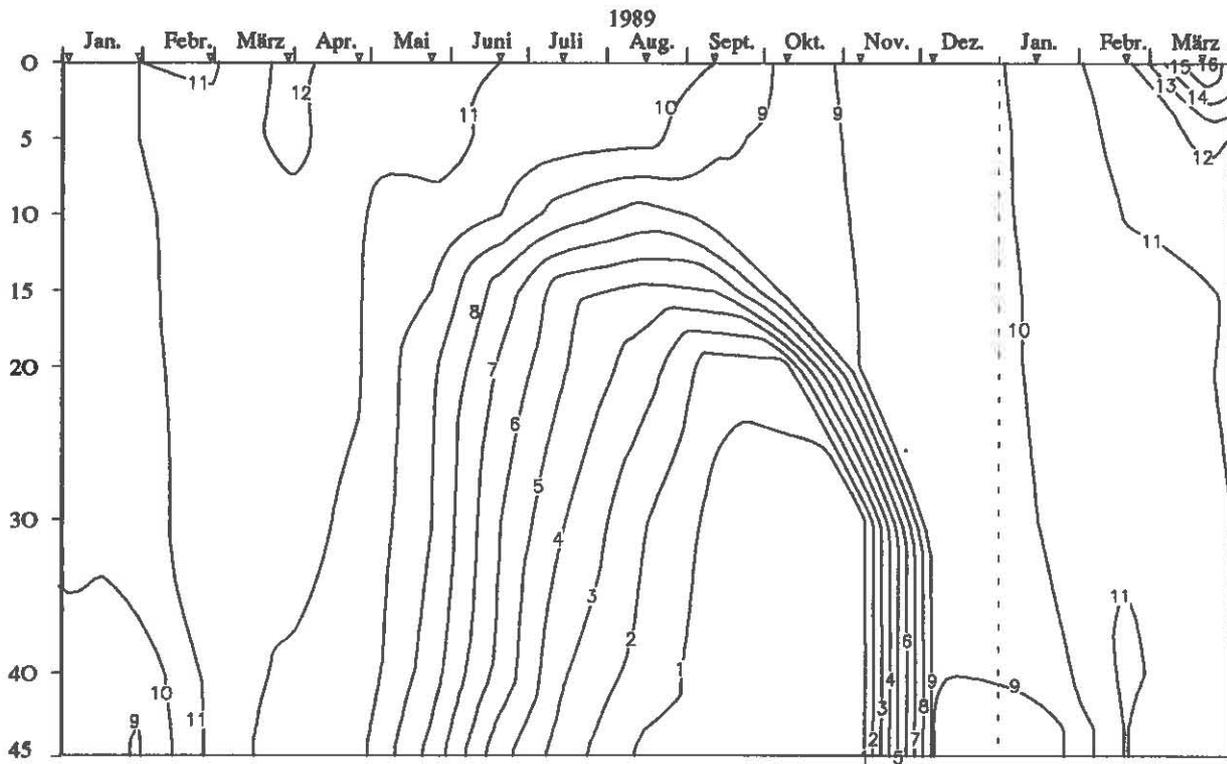


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Sauerstoff (mg/l)

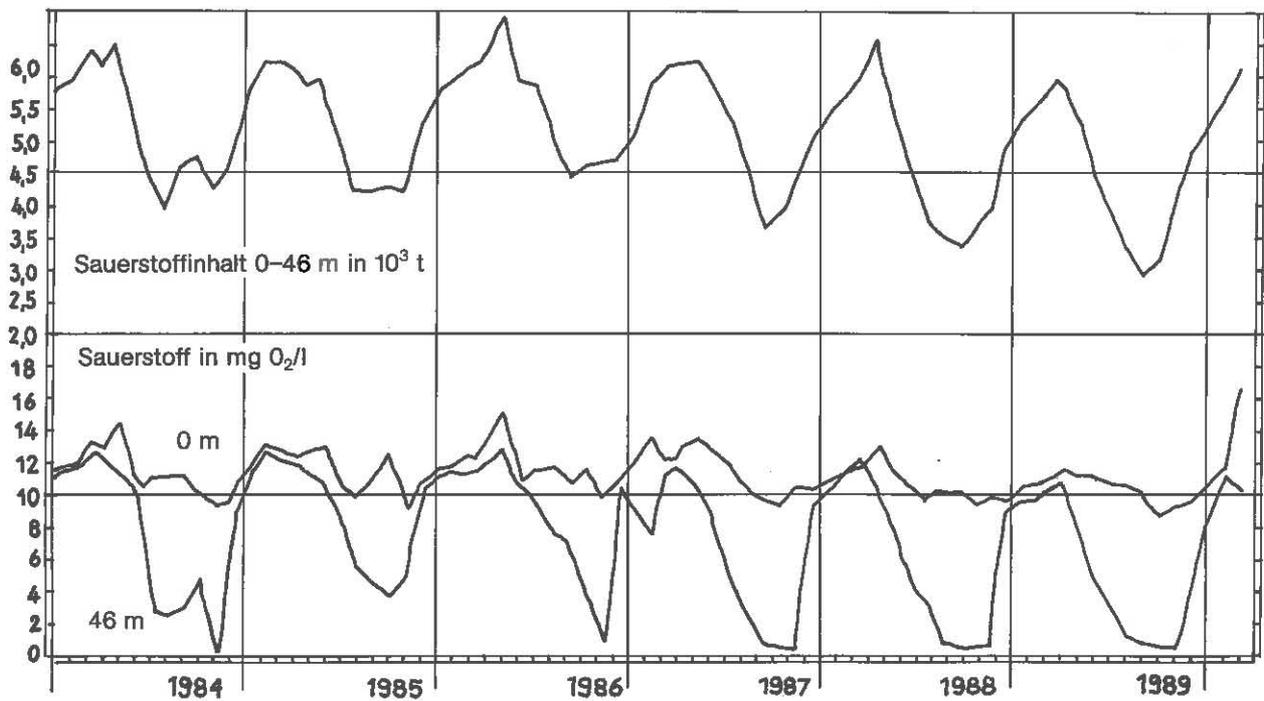
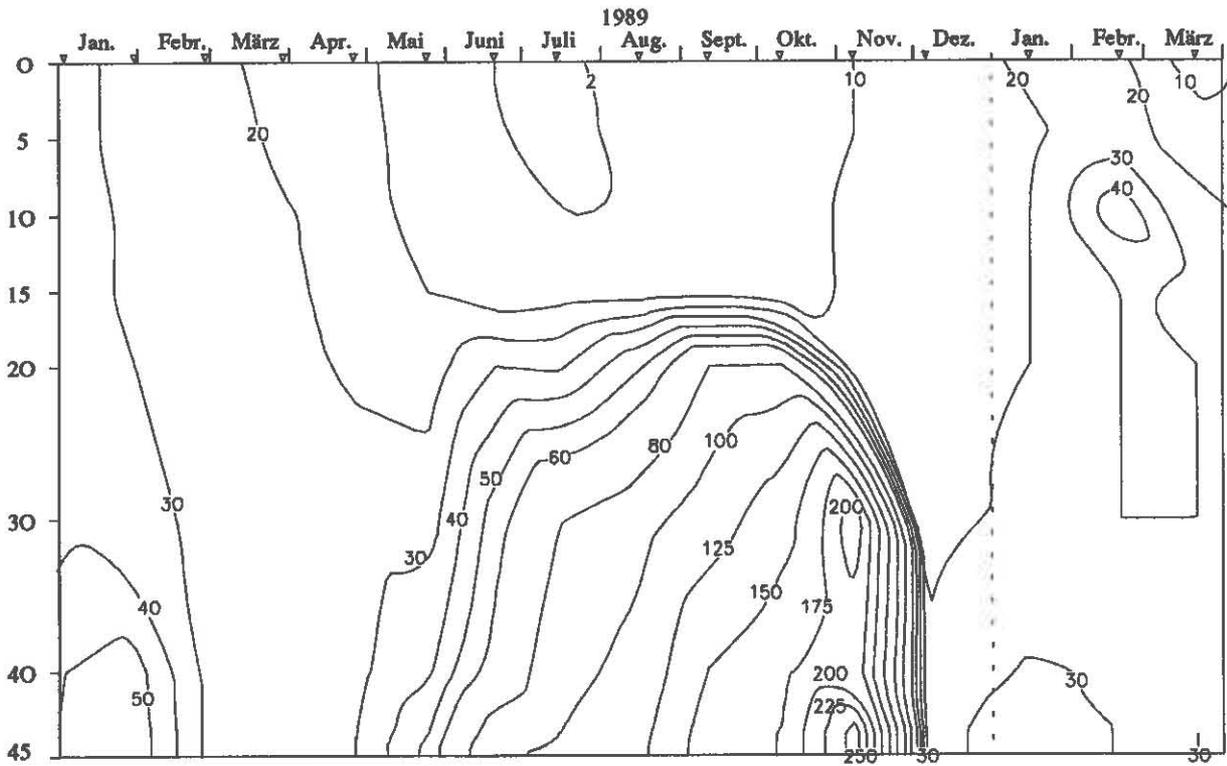
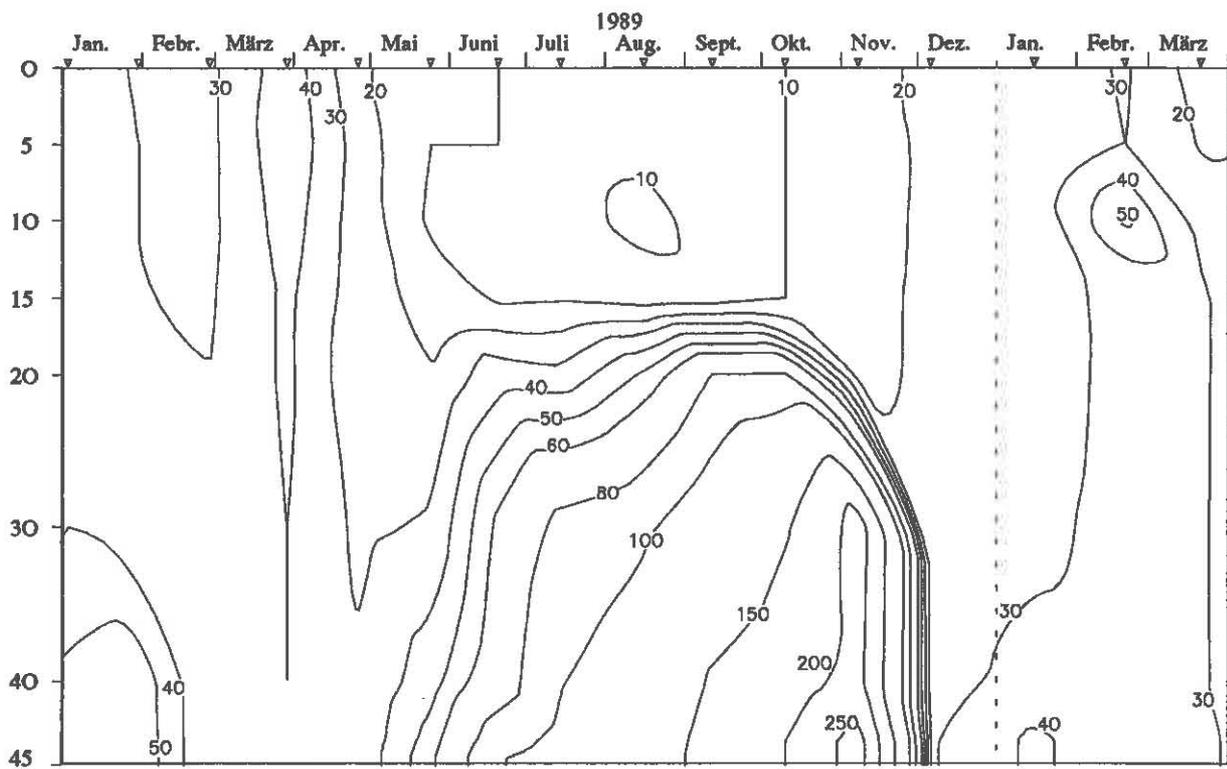


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Sauerstoffinhalt 0-46 m Tiefe und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe



**Abb. 57:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Orthophosphat – Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)



**Abb. 58:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Gesamter gelöster Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)

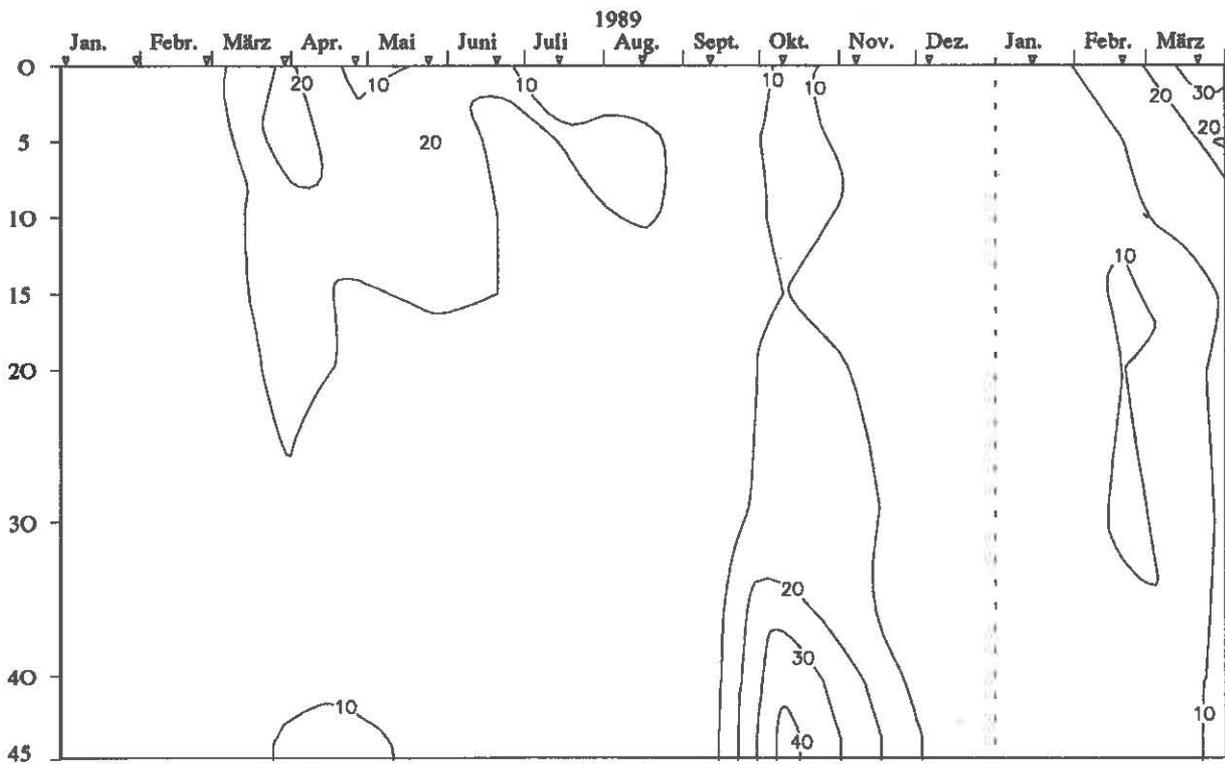


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Partikulärer Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

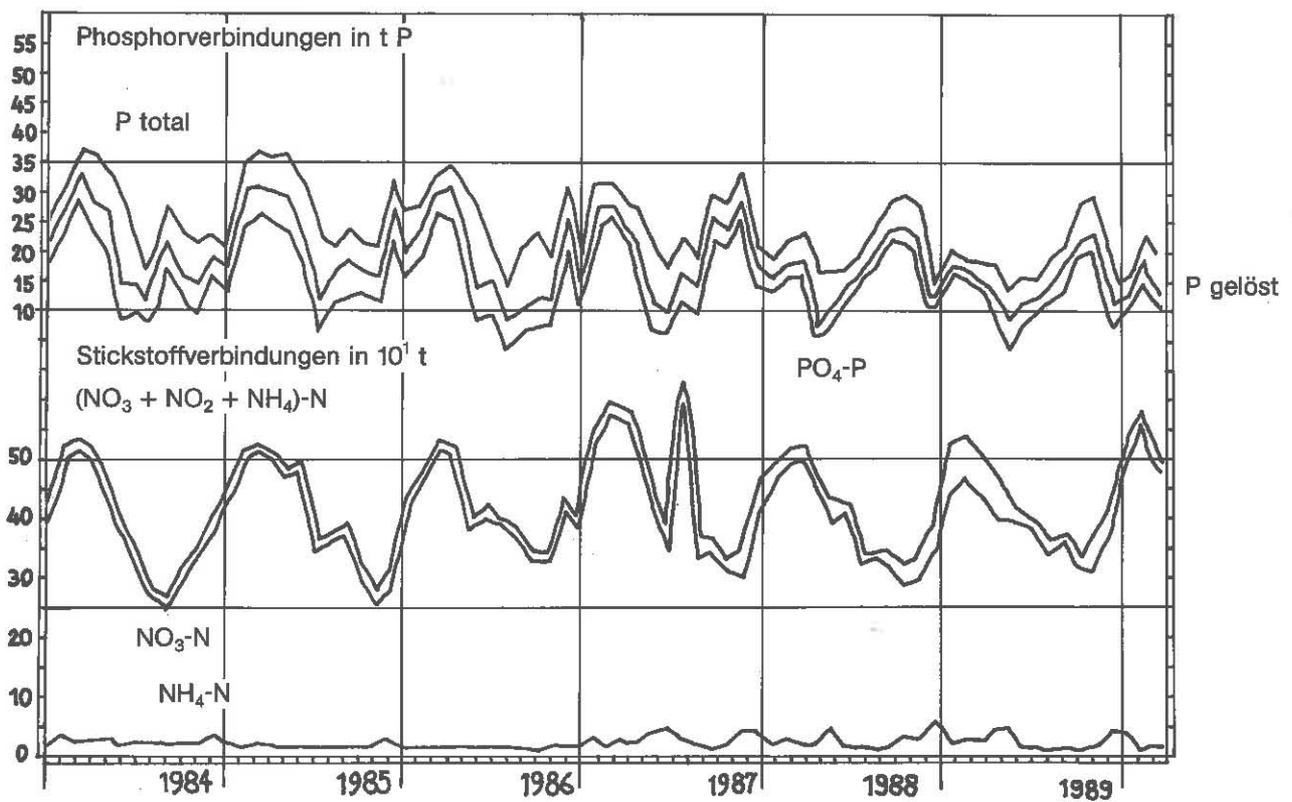
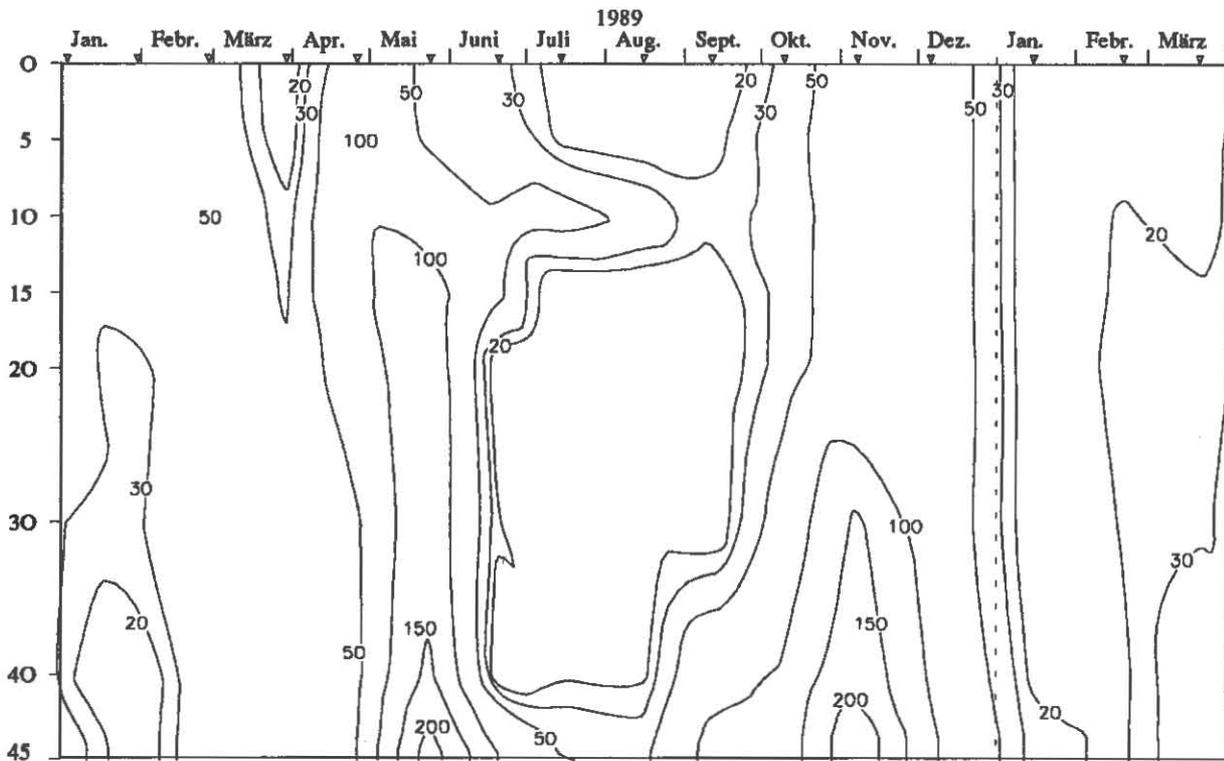
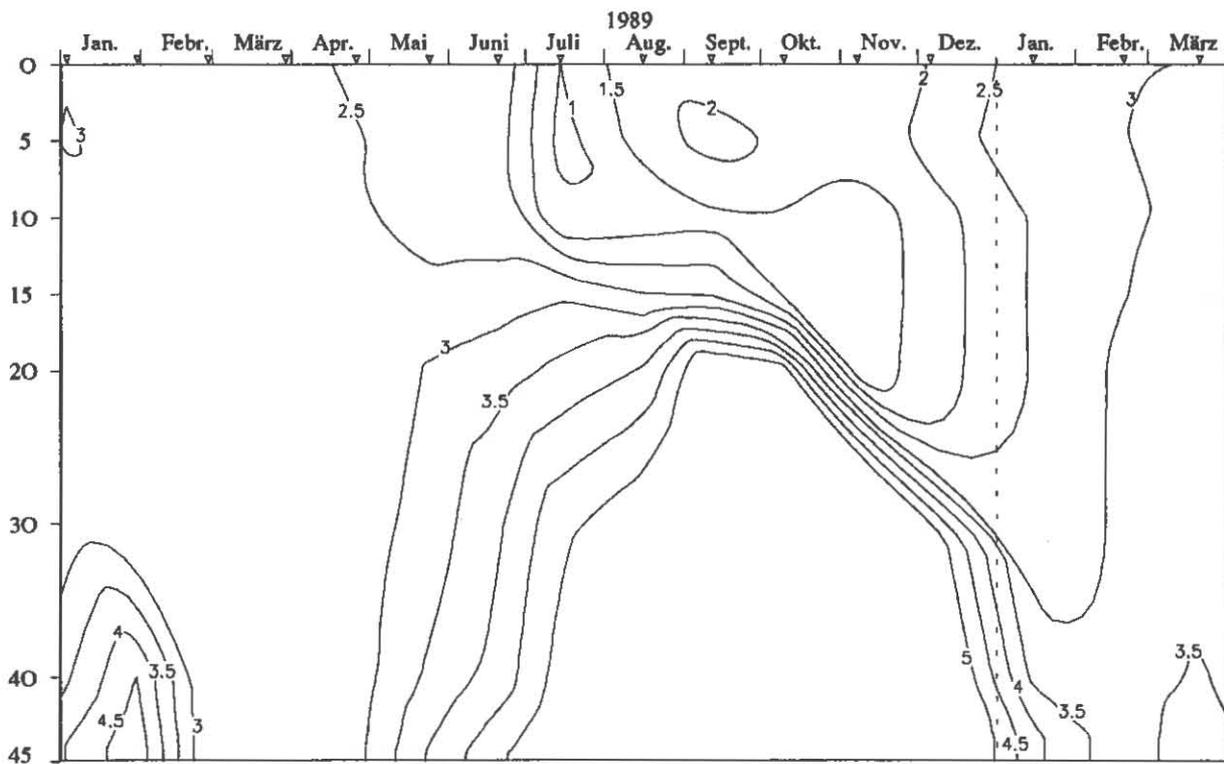


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe





**Abb. 63:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Ammonium – Stickstoff ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 64:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Silikat ( $\text{mg}/\text{l}$ )

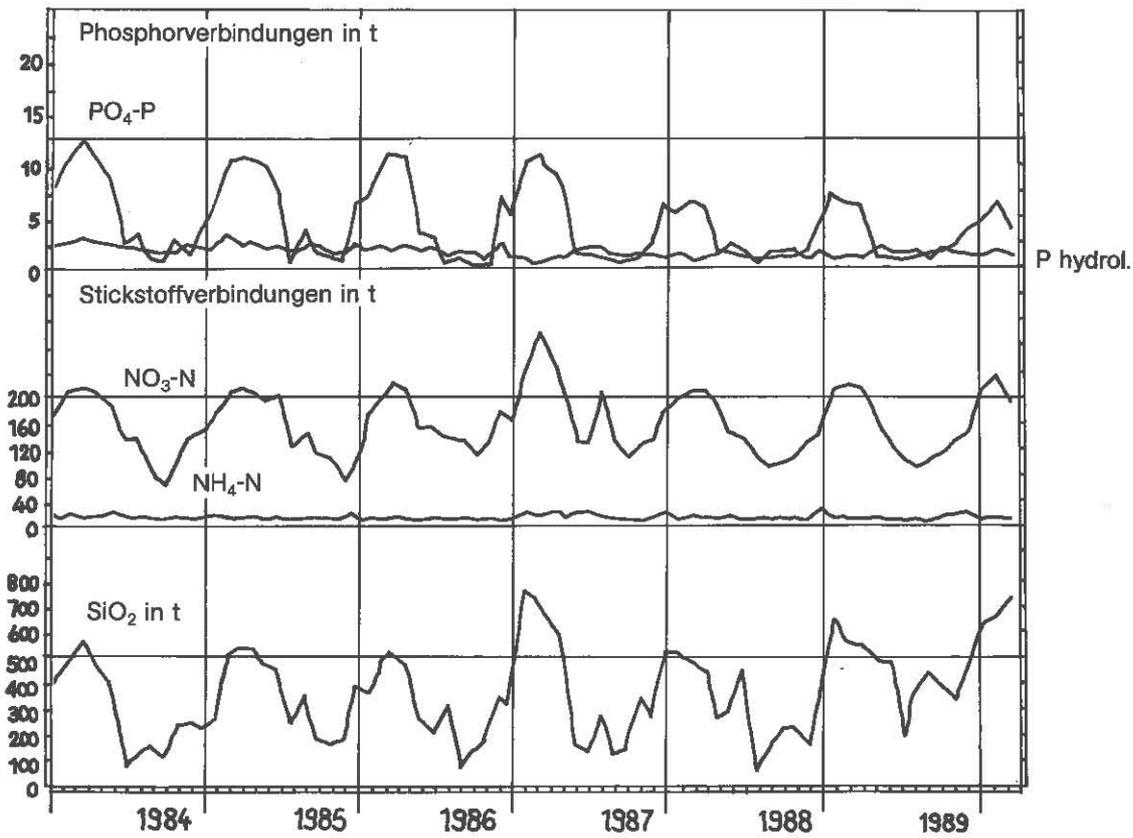


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

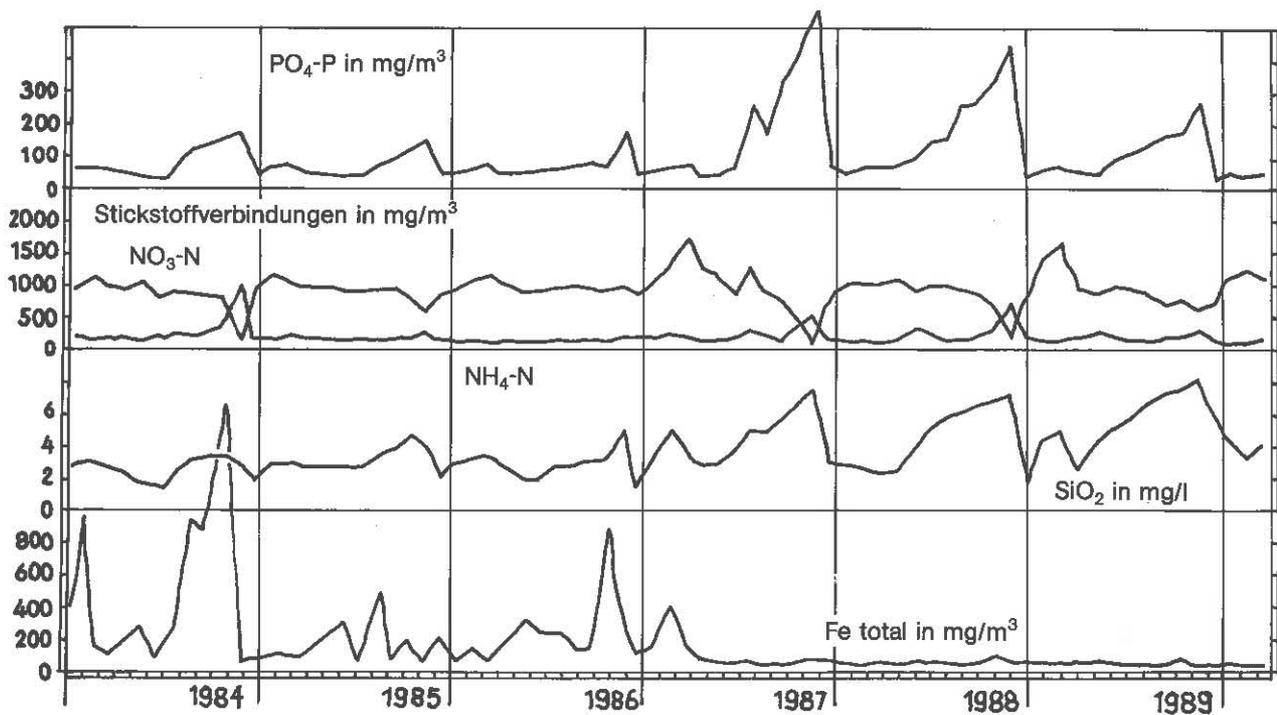


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

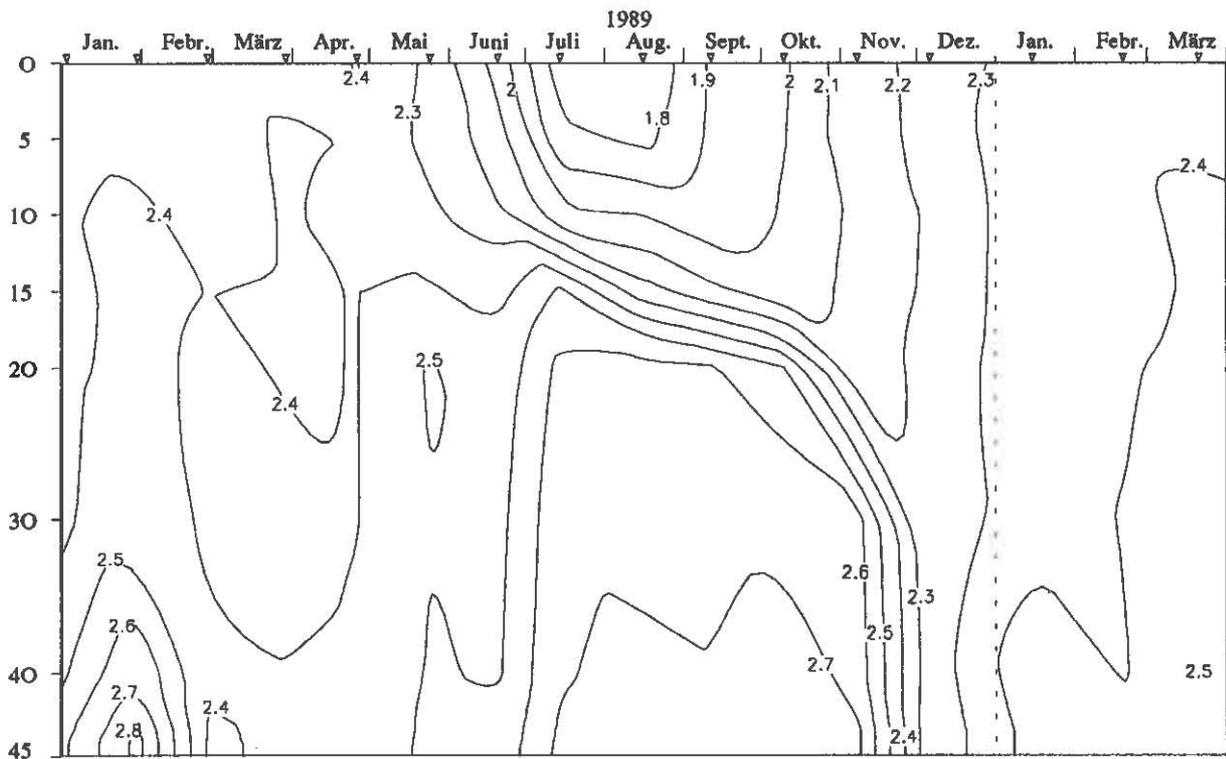


Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

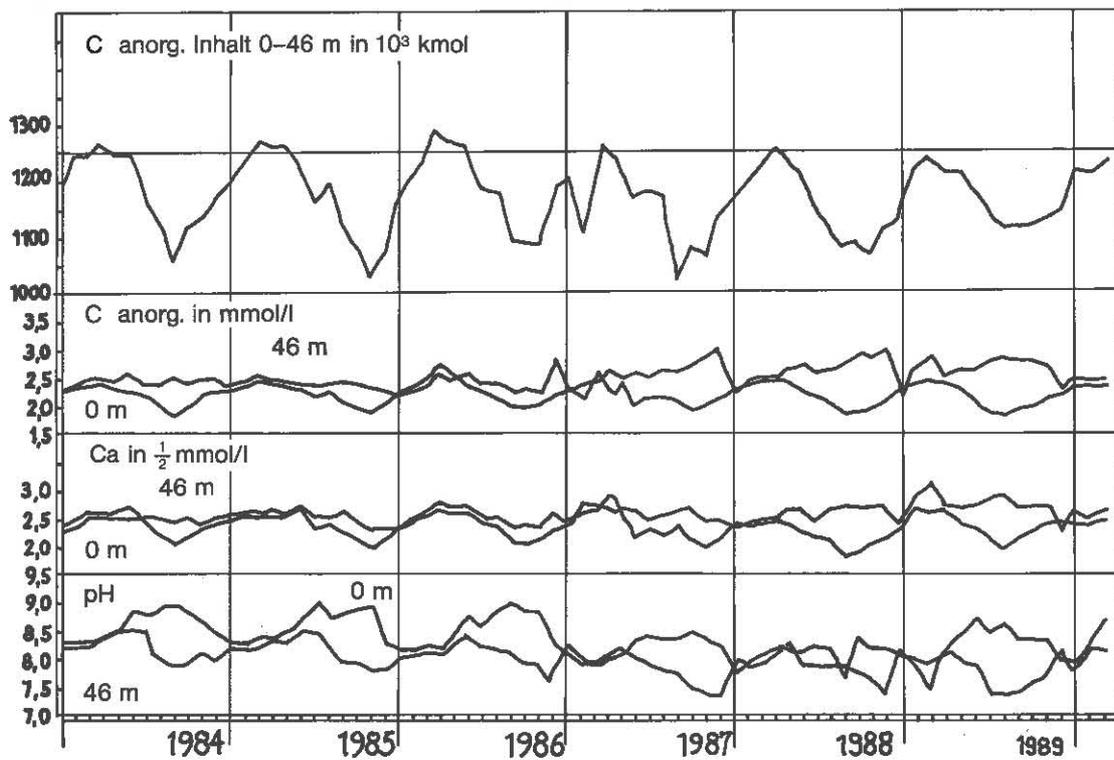


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0-46 m Tiefe;  
Konzentrationen von anorg. Kohlenstoff, Calcium;  
pH-Wert

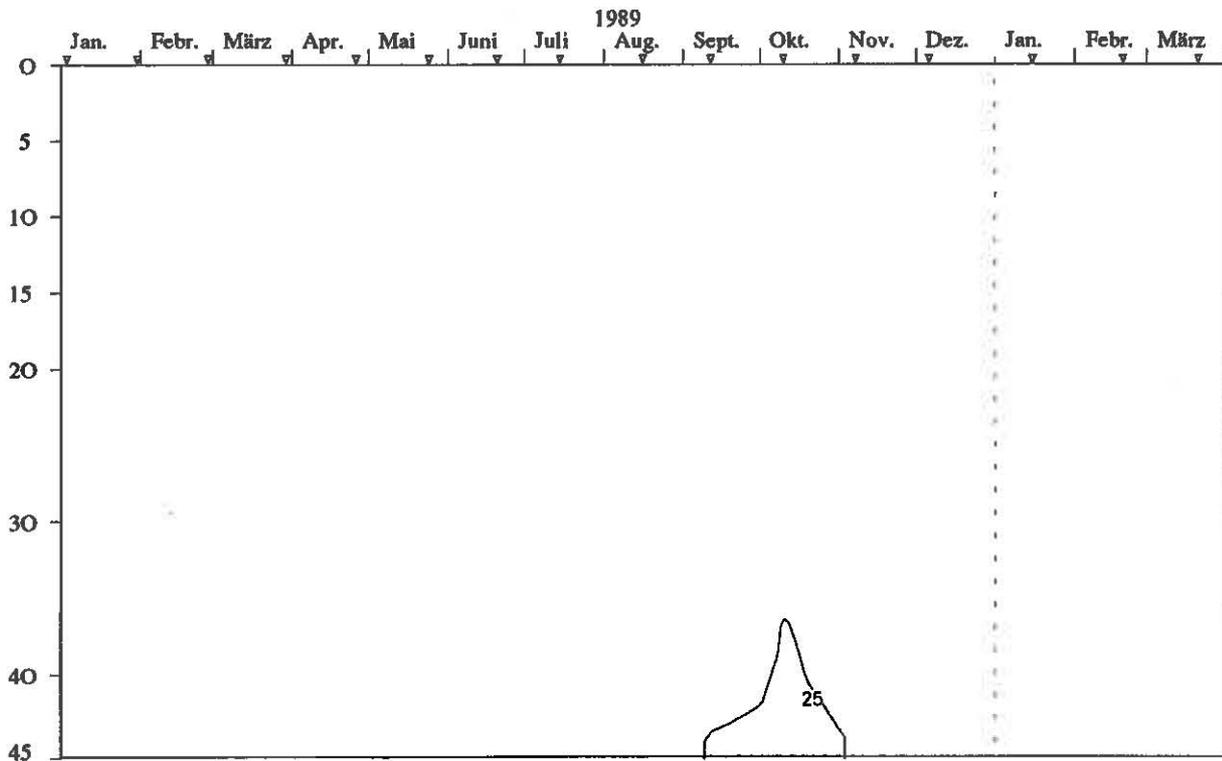


Abb. 69: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Konzentration von Eisen total (mg/m<sup>3</sup>)

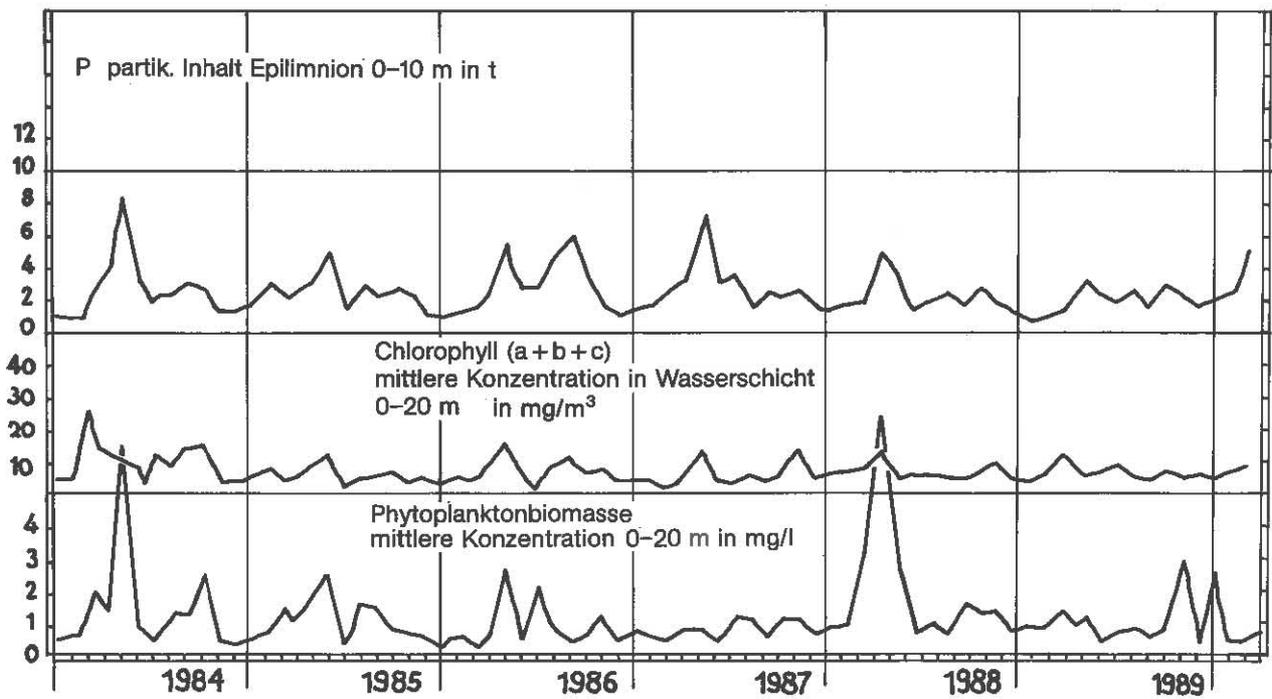
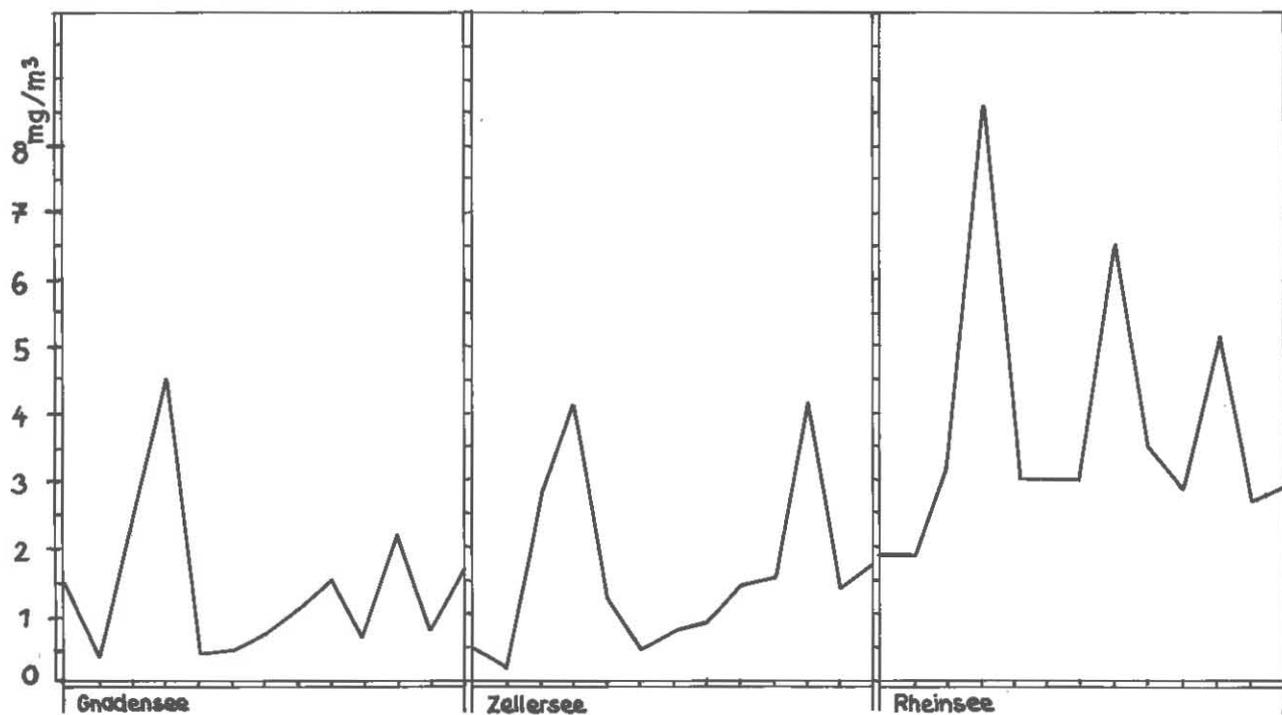


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Phytoplanktonbiomasse und chemische Biomassenindikatoren



1989

**Abb. 71:** Bodensee – Untersee:  
Chlorophyll a + b + c im  $\text{mg/m}^3$  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<sup>+</sup> m.

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

<sup>+</sup>je nach Seewasserstand

**Tabelle 1 (2)**

Untersuchungstermine Januar 1989 bis April 1990 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L), Bregenzer Bucht (B) und von Januar 1989 bis Dezember 1990 an den Stationen Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

**OBERSEE-STATIONEN**

10.01.1989	F L
14.02.	F L
21.02.	B
07.03.	F L
29.03.	B
04.04.	F L
24.04.	B
09.05.	F L
10.05.	B
06.06.	F L
13.06	B
04.07.	F L
04.07.	B
02.08.	F L
22.08.	B
05.09.	F L
11.09.	B
03.10.	F L
07.11.	F L
28.11.	B
05.12.	F L
09.01.1990	F L
24.01.	B
06.02.	F L
20.02.	B
06.03.	F L
03.04.	F L
03.05.	B

**UNTERSEE-STATIONEN**

03.01.1989	Z R
30.01.	Z
31.01.	R
27.02.	Z
28.02.	R
28.03.	R
03.04.	Z
25.04.	R
02.05.	Z
23.05.	R
29.05.	Z
19.06.	R
26.06.	Z
13.07.	R
24.07.	Z
15.08.	R
04.09.	Z
11.09.	R
02.10.	Z
09.10.	R
30.10.	Z
07.11.	R
27.11.	Z
05.12.	R
15.01.1990	R
29.01.	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).

Temperatur	F L B	Z R
Leitfähigkeit bei 20°C	F L B	Z R
pH	F L B	Z R
Sauerstoff	F L B	Z R
Alkalinität	F L B	Z R
Gesamthärte	F L B	Z R
Calcium	F L	Z R
Magnesium	F L	
Silikat	F L	Z R
Orthophosphat	F L B	Z R
Phosphor gelöst (Im Filtrat nach Aufschluß)	F L B	Z R
Phosphor partikulär	F L	Z R
Phosphor total (im Rohwasser nach Aufschluß)	B	
Ammonium	F L B	Z R
Nitrit	F L B	Z R
Nitrat	F L B	Z R
Kjeldahl-Stickstoff im Filtrat	F L	R
partikulärer Stickstoff direkt	F L	
Chlorophyll (a+b+c) nach Goltermann	F	Z R
Phaeophytin nach Goltermann	F	Z R
Chlorid	F L G	Z R
Sulfat	F L	
Eisen total	F L	Z R
Mangan total	F L	
Natrium	F L	
Kalium	F L	
KMNO <sub>4</sub> -Verbrauch	F L B	
UV-Extinktion (260 nm)	F L	Z R

**Berechnete Inhaltsstoffe:**

pH korrigiert auf aktuelle Temperatur	F L	Z R
Sauerstoffsättigung in %	F L B	Z R
Rest-Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen Komponenten	F L B	Z R
Rest-Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen und organischen Komponenten	F L	
Anorganischer Kohlenstoff	F L	Z R
Gleichgewichts-CO <sub>2</sub> (Gas)		Z R
Magnesium (aus Gesamthärte und Calcium)		Z R
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +CO <sub>2</sub>	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 hydrolyisierbar (P gelöst - PO <sub>4</sub> -P)	F L B	Z R
Organischer Stickstoff gelöst (N-KJF - NH <sub>4</sub> -N)	F L	
Organischer Stickstoff total (N-KJF + N part.)	F L	
Gesamtstickstoff anorganisch (NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	F L B	Z R
Gesamtstickstoff	F L	
Sulfat	B	
Summe der Kationen	F L B	Z R
Summe der Anionen	F L B	Z R

Tabelle 2: SEEKENNDATEN

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil), Seejahr 1989 (Meßdaten vom 04.04.89 bis 03.04.90)

IV bis XII: Monate 1989; I bis III, IV-90: Monate 1990

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 4.4. - Ende bis Seejahr5.9.	5.9. bis 3.4.90		
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 04.04.89	Ende 03.04.90	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit				
Thermik (a) °C, (b) 10 <sup>12</sup> Kcal	18,7 4,8	VII II	4,6 4,4	IX IV-VII	247	245	365 226	IX III	79,3 20,9	VII II	6,7 6,4	IX IV	-	2 + 118	-	120
Sauerstoff (a) mg/l, (b) 10 <sup>3</sup> t	14,6 7,8	V VIII	6,6 4,3	IV-90 XII	470	523	523 402	IV-90 VIII	62 35	V VIII	12,4 8,2	III XII	+	53 - 54	+	107
Orthophosphat -P (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	30 <1	III VIII,IX	75 64	XII IV-90	1590	1440	1590 1270	IV IX	131 <1	III VIII,IX	101 68	IV III	-	150 - 320	+	170
Phosphor hydrolysierb. (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	24 3	V VII,X	11 5	XI VIII	299	267	448 212	V X	89 14	V VII,X	14 6	I III	-	32 - 18	-	14
Phosphor gelöst (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	36 4	III VIII,IX,X	83 70	XII IV-90	1892	1702	1936 1522	V VIII	154 17	III VIII,X	110 73	XI III	-	190 - 342	+	152
Phosphor partikulär (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	37 1	V II	3 1	V-VII,XII VIII,X,I,II	244	172	310 43	V X	113 8	V II	3,5 <1	III VIII,X,I	-	72 - 146	+	74
Phosphor total (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	69 8	V IX,X	86 72	XII IV-90	2137	1874	2246 1629	V VIII	233 36	V X	112 76	XI III	-	263 - 489	+	226
Nitrat-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	1020 420	III VII	960 730	VIII,IX V	38879	47416	48000 35012	III V	4433 1882	III VII	1422 1085	III V	+	8537 + 6306	+	2231
Nitrit-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	16 1	VII II,III	6 <1	VII V,VI,IX,X,II-IV-90	69	23	209 23	V IV-90	70 4	VII II,III	2 <1	VII,VIII V,VI,IX,IV-90	-	46 + 25	-	71
Ammonium-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	80 <1	VI XI-IV-90	40 <1	VII VI,X-VII,III, IV-90	744	<1	1113 <1	V IV-90	282 <1	VI III,IV-90	21 <1	I XI,IV-90	-	744 - 127	-	617
Stickstoff partikulär (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	130 10	IV I,II	30 <1	IV-90 V,VIII,IX,XI,I	1305	1260	1366 266	V I	629 44	V I	22 <1	X V,VIII,IX,XI,I	-	45 - 562	+	517
Silikat (SiO <sub>2</sub> ) (a) mg/l, (b) 10 <sup>3</sup> t	2,5 <1	II,IV-90 XI	6,8 4,1	VII III	125	137	149 110	VII III	10,9 2	IV-90 XI	8,3 4,7	VII III	+	12 - 1	+	13
Kalium (a) mg/l, (b) 10 <sup>3</sup> t	1,4 1,1	II,IV-90 VIII,IX	1,5 1,2	II IX	57,8	63,8	66,8 57,8	II IV	6,1 4,8	II VIII	2,1 1,9	I IV,VI-IX,XI, XII,III	+	6 + 2	+	4
Natrium (a) mg/l, (b) 10 <sup>3</sup> t	4,7 3,6	V VIII	4,6 4,2	V IV	194	210	213 194	V IV	20 16	V VIII	6,6 6,1	V,VI IV,X	+	11 + 9	+	5



**Tabelle 3**

**Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Obersees**  
 Seejahr 1989/90 an den Stationen  
 Fischbach-Uttwil (F), Langenargen-Arbon (L) und Bregenzer Bucht (B)

Meßwerte in "0" m	F	L	B
Temperatur in °C			
Maximum	18,7	19	21,9
Minimum	4,8	4,9	4,2
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l			
Maximum	14,6	14	13,6
Minimum	7,9	8,6	9,3
Leitfähigkeit bei 20° in µS cm <sup>-1</sup>			
Maximum	317	316	339
Minimum	249	242	264
pH in pH-Einheiten			
Maximum	8,90	8,88	8,5
Minimum	7,95	7,92	8
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>			
Maximum	30	30	21
Minimum	< 1	< 1	< 10
Phosphor gelöst in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	36	34	24
Minimum	4	4	< 10
Phosphor total in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	40	38	52
Minimum	8	8	< 10
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	1020	1010	1380
Minimum	420	390	270
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	60	50	110
Minimum	< 1	< 1	< 10
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum	38	44	-, -
Minimum	6	16	-, -
Kohlenstoff anorg. in mmol C/l			
Maximum	2,46	2,44	-, -
Minimum	1,96	1,88	-, -
Phosphor partik. in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	18	17	-, -
Minimum	2	< 1	-, -
Stickstoff partik. in mg N/m <sup>3</sup>			
Maximum	90	90	-, -
Minimum	10	< 1	-, -

Meßwerte in Seebodennähe	F 250 m	L 200 m	B 60 m
Temperatur in °C			
Maximum	4,6	5,5	5,3
Minimum	4,4	4,4	4,2
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l			
Maximum	6,6	7,4	11,9
Minimum	4,3	5,2	7,7
pH in pH-Einheiten			
Maximum	7,80	7,73	8,2
Minimum	7,21	7,49	7,8
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>			
Maximum	75	74	35
Minimum	64	56	15
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	960	980	970
Minimum	730	750	610
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>			
Maximum	40	50	40
Minimum	<1	<1	<10
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>			
Maximum	22	86	-,-
Minimum	6	6	-,-
Kohlenstoff anorganisch in mmol C/l			
Maximum	2,86	2,71	-,-
Minimum	2,58	2,60	-,-
Phosphor total in mg P/m <sup>3</sup>			
Maximum	86	87	46
Minimum	72	69	21

Tabelle 4: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1989 (Meßwerte vom 03.01.89 - 29.01.90)

I - XII: Monate 1989; I-90: Januar 1990

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr			Epilimnion (0 - 10 m)			Beginn - Ende Seejahr	3.1. 24.7. bis 24.7.	24.7. 29.1.
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 3.1.89	Ende 29.1.90	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10 <sup>9</sup> kcal	23,2 3,7	VII I	9,7 4,1	X I-90	917	749	3483 725	VII I	2267 403	VII I	- 168	+2566	-2734
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	13,2 8,2	IV IX	11,6 <1	II VII-X	1970	2115	2335 1272	IV IX	1374 884	IV XI	+ 145	- 530	+ 675
Orthophosphat-P (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	54 <1	XI VI	552 17	X IV	8,4	6,6	10,2 0,9	XI IV	5,8 <0,1	XI VI	- 1,8	- 4,4	+ 2,6
Phosphor hydrolysiert (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	14 7	II VI,VII,X	40 8	X V	1,9	2,1	2,4 1,5	IX V	1,5 0,8	II VI,VII,X	+ 0,2	- 0,3	+ 0,5
Phosphor gelöst (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	63 7	XI VI	588 28	X IV	10,2	8,7	11,8 2,9	XI IV	6,7 0,8	XI VI	- 1,5	- 4,6	+ 3,1
Phosphor partikul. (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	40 5	IV V	327 7	VII XI	1,4	2,1	5,5 1,0	IV V	1,9 0,6	II,VII V,XI	+ 0,7	+ 2,7	- 2,0
Phosphor total (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	69 19	XI VI	864 51	X V	11,6	10,7	15,0 5,7	X V	7,3 2,1	XI VI	- 0,9	- 1,9	+ 1,0
Nitrat-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	1310 440	II VII	2510 <1	I VII-X	242	237	244 109	II IX,X	139 55	II VII	- 5	- 130	+ 125
Nitrit-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	34 8	XI I-90	52 <1	V VII-X	3,0	1,6	6,3 1,6	XI I-90	3,6 0,9	XI I-90	- 1,4	+ 0,5	- 1,9
Ammonium-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	120 10	XI I-X,I-90	1560 10	X II	1,9	2,0	27,1 1,9	IX II,IV	12,6 1,1	XI I-V,VII-X,I-90	+ 0,1	+ 12,3	- 122
Silikat (SiO <sub>2</sub> ) (a) mg/l, (b) t	2,7 0,5	I VII	7,6 1,9	X XI	498	385	498 186	I X	280 58	I VII	- 113	- 271	+ 158
Calcium (a) mg/l, (b) t	54,1 40,5	II VII	63,3 49,3	I XI	9780	9750	10140 8380	I VII	5750 4520	II VII	- 30	-1400	+1370
Magnesium (a) mg/l, (b) t	6,8 6,1	X IV-VII	7,5 6,1	IX,XI X	1190	1230	1280 1160	X V	730 650	X V	+ 40	- 20	+ 60
Chlorid (a) mg/l, (b) t	10,1 6,1	I-90 VII	16,0 9,2	I IX	1650	1900	1900 1260	I-90 VII	1080 650	I-90 VII	+ 250	- 390	+ 640



Tabelle 5: SEEKENNDATEN

Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1989 (Meßdaten vom 03.01.89 - 15.01.90)

I - XII: Monate 1989; I-90: Januar 1990

Parameter	Messwerte (a)				Stoffinhalt (b)						Stoffbilanz (b)		
	Epilimnion (0 - 10 m)		Seebodennähe (1 m über Grund)		See total Seejahr			Epilimnion (0 - 10 m)			Beginn 03.01. 13.7.89 - Ende bis bis Seejahr 13.07. 15.1.90		
	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 03.01.89	Ende 15.01.90	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit			
Thermik (a) °C, (b) 10 <sup>9</sup> kcal	21,6 4,3	VIII I	8,4 4,7	XI II	2560	2400	8130 2200	VIII I	4500 930	VIII I	-1600	+5310	-5470
Sauerstoff (a) mg/l, (b) t	12,5 7,6	III VIII	11,2 0,3	II X,XI	5370	5160	5970 2960	III IX	2650 1880	III X	- 210	-1610	+1400
Orthophosphat-P (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	35 1	I VII	261 25	XI XII	17,8	10,4	20,6 4,8	XI V	7,2 0,3	I VII	- 7,4	- 8,5	+ 1,1
Phosphor hydrolysiert (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	32 <1	III VIII	24 2	X I,II,IV,VI	1,1	2,1	12,1 1,1	III I	6,4 0,5	III I,II	+ 1	+ 1,1	- 0,1
Phosphor gelöst (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	48 4	III VIII	271 29	XI XII	19,0	12,5	22,4 8,1	III V	10,1 1,3	III VII	+ 3,5	- 7,3	+ 0,8
Phosphor partikul. (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	26 1	III I	44 3	X I	1,1	3,4	8,4 1,1	III I	4,9 0,4	III I	+ 2,3	+ 2,2	+ 0,1
Phosphor total (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	74 10	III VIII	244 35	X II	20,1	15,8	30,9 14,6	III XII	15,0 2,7	III IX	+ 4,3	- 5,1	+ 0,8
Nitrat-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	1020 340	III VIII	1570 550	I XI	500	480	510 310	I XI	210 90	I-III,I-90 VII,VIII	- 20	- 120	+ 100
Nitrit-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	20 5	VI III	29 4	XI III,IV	7,7	5,1	8,0 2,7	VI III	3,8 1,2	VI III	- 2,6	- 2,9	+ 0,3
Ammonium-N (a) mg/m <sup>3</sup> , (b) t	100 6	IV III,I-90	242 7	XI I	17,0	3,4	48,7 3,4	V I-90	20,3 1,3	IV I-90	- 13,6	- 7,9	- 5,7
Silikat (SiO <sub>2</sub> ) (a) mg/l, (b) t	3,11 0,83	I VII	7,99 2,58	XI II	1440	1360	1700 1120	IX XI	636 120	I VII	- 80	- 260	+ 180
Calcium (a) mg/l, (b) t	52,7 38,5	I VIII	60,5 46,3	I XII	26,4	25,1	26,5 22,4	I IX	11,3 8,6	I VIII,IX	+ 1,3	- 2,7	+ 1,4
Magnesium (a) mg/l, (b) t	9,6 7,4	VIII I,IX	9,6 7,3	VI I	4,0	4,5	4,5 3,9	VI,I-90 I,III	2,0 1,6	VIII I	+ 0,5	+ 0,5	+ 0
Chlorid (a) mg/l, (b) t	7,4 4,8	V IX	10,7 5,6	I II	3180	3100	3430 2810	V II,XI	1420 1060	V IX	- 80	- 20	- 60



**Tabelle 6**

**Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee-Untersees**  
 Seejahr 1989/90 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

<b>Meßwerte in "0" m</b>	<b>Z</b>	<b>R</b>
Temperatur in °C		
Maximum	23,2	21,6
Minimum	3,7	4,3
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l		
Maximum	13,2	16,3
Minimum	8,3	8,8
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,72	8,69
Minimum	7,93	7,81
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>		
Maximum	54	33
Minimum	<1	1
Phosphor partikulär in mg P/m <sup>3</sup>		
Maximum	40	22
Minimum	6	1
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>		
Maximum	1310	1020
Minimum	440	360
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>		
Maximum	120	80
Minimum	10	6
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>		
Maximum	37	6
Minimum	23	4

**Tabelle 6**

<b>Meßwerte in Seebodennähe</b>	<b>Z 22-24 m<sup>+</sup>)</b>	<b>R 44-46 m<sup>+</sup>)</b>
Temperatur in °C		
Maximum	9,7	8,4
Minimum	4,1	4,7
Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> /l		
Maximum	11,6	11,2
Minimum	< 1	0,3
pH in pH-Einheiten		
Maximum	8,21	8,18
Minimum	7,37	7,34
Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P/m <sup>3</sup>		
Maximum	552	261
Minimum	17	25
Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup>		
Maximum	2510	1570
Minimum	< 1	550
Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup>		
Maximum	1560	242
Minimum	10	7
Eisen total in mg Fe/m <sup>3</sup>		
Maximum	1700	30
Minimum	37	3

<sup>+</sup> je nach Seewasserstand

## AUSKÜNFTE

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