

**Internationale Gewässerschutzkommission  
für den  
Bodensee**

**Limnologischer Zustand des Bodensees**

Nr. 22

Jahresbericht Januar 1994 bis März 1995

-Freiwasser, Pestizidbelastung-

ISSN 1011-1271

---

ISSN 1011-1271 Jber.Int.Gewässerschutzkomm. Bodensee: Limnol.Zust.Bodensee  
22 (1996)

---

Internationale Gewässerschutzkommission  
für den  
Bodensee

## **Limnologischer Zustand des Bodensees**

Nr. 22

Jahresbericht Januar 1994 bis März 1995

-Freiwasser, Pestizidbelastung-

Bearbeiter: H. Müller

-1996-



## VORWORT

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 1994 / 95 sowie eine Darstellung zur gegenwärtigen Lage der Pestizidbelastung des Sees. Die allgemeinen Grundlagen und limnologischen Zusammenhänge, die zum Verständnis dieses Berichtes notwendig sind, wurden im Bericht Nr.9: Limnologischer Zustand des Bodensees - Grundlagen (2. Auflage, Stand 1993) dargestellt.

Am Bericht haben mitgearbeitet:

Dr. Heinrich Bühner, Dübendorf

Dr. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf

Mag. Dietmar Buhmann, Bregenz

Dr. Ulrich Einsle, Konstanz

Dipl. phil. nat. Urs Engler, St. Gallen

Dr. Hans Güde, Langenargen

Dr. Eckart Hollan, Langenargen

Dr. Reiner Kümmerlin, Langenargen

Dipl.-Inform. Günther Kuhn, Langenargen (EDV)

Dr. Helmut Müller, Langenargen (Koordination Freiwasser)

Dr. Henno Roßknecht, Langenargen

Dipl.-Chem. Walter Schnegg, Frauenfeld

Dr. Hans Bernd Stich, Langenargen

Dr. Benno Wagner, Bregenz

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

Vorarlberger Umweltschutzanstalt in Bregenz:

Untersuchungen des Chemismus in der Bregenzer Bucht.

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Dübendorf, Fachabteilung Hydrobiologie/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; Datenverarbeitung

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<br/>1994 - 1995 (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    |      |
| <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,<br>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<br>Kohlenstoffverbindungen<br>und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht      | 21, 22, 23            |      | 2    |
| Eisen und Mangan   | 25                    |      | 2    |
| Weitere Stoffdaten   |                       |      | 2    |
| Phytoplankton  | 26 - 28               |      |      |
| 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 Phosphorverbindungen  | 38, 39, 40, 45   | 4   | 58, 59, 60, 65  | 5   |
| Nährstoffinhalt  | 40, 45           | 4   | 60, 65          | 5   |
| Nitrat   | 40, 41, 45, 46   | 4   | 60, 61, 65, 66  | 5   |
| Nitrit   | 42               | 4   | 62              | 5   |
| Ammonium   | 40, 43, 45, 46   | 4   | 60, 63, 65, 66  | 5   |
| Silikat  | 44, 45, 46       | 4   |                 | 5   |
| Anorganische Kohlenstoff -<br>verbindungen und Kalk -<br>Kohlensäure - Gleichgewicht | 47, 48           | 4   | 67, 68          | 5   |
| Eisen  | 46, 49           | 4   | 66, 69          | 5   |
| Weitere Stoffdaten   |                  | 4   |                 | 5   |
| Phytoplankton  | 50 - 52, 71      | 4   | 70, 71          | 5   |

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

|          |        |
|----------|--------|
| Obersee  | Tab. 3 |
| Untersee | Tab. 6 |

**Anhang**

Bericht der Sachverständigen zur Pestizidbelastung des Bodensees

**Auskünfte**

## EINLEITUNG

Der Bericht zum Seejahr 1994/95 enthält eine kurze Beschreibung des aktuellen Seezustandes, ergänzt durch langfristige Entwicklungskurven der wichtigsten Größen, die von Jahr zu Jahr fortgeschrieben werden.

Die dann folgenden Abbildungen und Tabellen geben eine Übersicht über Örtlichkeiten, Wassertiefe und Zeitpunkt der Probenahme und Messungen sowie über die Klimabedingungen, Thermik, chemische und biologische Verhältnisse im Freiwasser. Für den Bodensee-Obersee beschränken sich diese Darstellungen hauptsächlich auf die zentrale Untersuchungsstation Fischbach-Uttwil. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungsstelle wurden auch die Stoffinhalte des Obersees unter Verwendung der in Tabelle 1 des Berichtes Nr. 9 (grüner Bericht, 1. Aufl. 1985) mitgeteilten Seevolumina berechnet. Quervergleiche zwischen verschiedenen Obersee-Untersuchungsstationen werden nur für einige ausgewählte Parameter durchgeführt.

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

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

Das jeweilige limnologische Zustandsbild des Freiwassers wird stark durch die Witterungserscheinungen geprägt. Zustandsänderungen von Jahr zu Jahr dürfen daher nicht von vornherein als Ausdruck einer Entwicklungstendenz interpretiert werden. Dazu sind längere Zeitreihen in Form von Trendkurven notwendig. Dies ist beim Vergleich der Verhältnisse aufeinanderfolgender Jahre zu beachten.

## ZUSTANDSBESCHREIBUNG FÜR DAS SEEJAHR 1994 / 1995

### **Bodensee - Obersee:**

Die Phosphorkonzentration nahm im Seejahr 1994/95 weiter ab und betrug im Frühjahr 1995 noch  $24 \text{ mg/m}^3$  (1994:  $29 \text{ mg/m}^3$ ). Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - nahm von  $1,00$  auf  $0,97 \text{ g/m}^3$  ab. Die Biomasse des Phytoplanktons lag deutlich unter dem Vorjahreswert. Die Sauerstoffverhältnisse haben sich 1994 von der ungünstigen Entwicklung im Jahre 1993, die von der völlig unzureichenden Zirkulation im Winter 1992/ 93 geprägt war, gut erholt. Insbesondere die Versorgung der grundnahen Wasserserschichten mit Sauerstoff war das ganze Jahr 1994 über deutlich besser als 1993. Das Tiefenwasser wurde im Frühjahr 1995 wegen mangelnder Zirkulation unterhalb  $160 \text{ m}$  Tiefe nur teilweise aufgefrischt und hat sich gegenüber den vorangegangenen Seejahren weiter erwärmt.

Die hydrologische Situation des Sees wurde 1994 durch das seit langem wärmste Jahr geprägt. Perioden mit durchgehend geringem bis mäßigem Frost traten mit drei Tagen Dauer Ende Dezember 1994 und mit je neun Tagen Anfang und Mitte Januar 1995 auf. Im März 1995 herrschten an 16 Tagen Nachtfröste.

Die Oberflächentemperaturen lagen bis Ende Juni 1994 deutlich unter denen des Vorjahres mit der Folge einer entsprechend schwachen Hauptschichtung. Der heiße Sommer mit geringer Windaktivität führte dann ab Ende Juni zu einer zunächst  $3 \text{ m}$  tiefen und bis Ende August auf  $9 \text{ m}$  anwachsenden sehr stabilen Deckschicht. Die höchste Jahrestemperatur wurde mit  $24,4 \text{ }^\circ\text{C}$  in der ersten Augushälfte erreicht. Sie lag um  $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$  höher als die des Vorjahres.

Der weitere Klimaverlauf führte Mitte Dezember 1994 zu einer  $30 \text{ m}$  tiefen Deckschicht, die mit  $8,85 \text{ }^\circ\text{C}$  um fast  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  wärmer war als in der entsprechenden Vorjahreszeit. Nach einer vorübergehenden rapiden konvektiven Vertiefung auf  $65 \text{ m}$  im kälteren Januar 95 ging sie im viel zu warmen Februar wieder auf  $45 \text{ m}$  Mächtigkeit zurück mit einer Temperatur von  $5,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Darunter bestand bis zur größten Seetiefe, in der die Temperatur seit Ende des letzten Seejahres von  $4,47 \text{ }^\circ\text{C}$  monoton bis auf  $4,66 \text{ }^\circ\text{C}$  angestiegen war, eine durchgehende Schichtung. Dies läßt auf eine lediglich teilweise seitliche Erneuerung des Wassers schließen.

Die Vertikalzirkulation drang dann im kühleren März 95 durch Konvektion mit direkter Erneuerung des Wassers bis in maximal  $160 \text{ m}$  Tiefe vor, wobei jedoch diese mächtige Deckschicht nicht kälter als  $5,1 \text{ }^\circ\text{C}$  wurde. Ab Mitte März bildete sich bereits eine neue, bis  $5,9 \text{ }^\circ\text{C}$  warme Deckschicht aus. Im alten Hypolimnion unter  $160 \text{ m}$  Tiefe blieb die bis zum Boden reichende Schichtung bestehen.

Die Erwärmung in der größten Tiefe hat sich stetig fortgesetzt und Ende März 95  $4,71 \text{ }^\circ\text{C}$  erreicht. Damit wurde das Wasser unterhalb  $160 \text{ m}$  Tiefe insgesamt nur teilweise aufgefrischt und gegenüber den vorangegangenen Seejahren beträchtlich erwärmt.

Die Konzentration des **Gesamtphosphors** im Rohwasser betrug im Frühjahr 1995 während der Monate Februar bis April im Mittel  $24 \text{ mg/m}^3$  (Abb. 2A, Konzentration während der Vollzirkulation). Damit hat sich die eher geringe Phosphorabnahme der letzten Jahre nochmals beschleunigt (Frühjahr 1994:  $29 \text{ mg/m}^3$ ; 1993:  $30 \text{ mg/m}^3$ ; 1992:  $32 \text{ mg/m}^3$ ).

Der **Orthophosphat-Phosphor** lag im Sommer 1994 an keinem der Untersuchungstage und in keiner Tiefe unter  $2 \text{ mg/m}^3$ . Im Jahre 1993 war er von Anfang Juni bis Anfang Juli in begrenzten Tiefenbereichen der Produktionszone bis unter  $1 \text{ mg/m}^3$  aufgezehrt worden.

Der **anorganische Stickstoff** (N aus  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) mit Nitrat als Hauptkomponente lag 1994 im Jahresmittel (volumengewichtet) mit  $0,97 \text{ g/m}^3$  leicht unter dem Niveau der beiden Vorjahre (1993:  $1,00 \text{ g/m}^3$ ; 1992:  $0,98 \text{ g/m}^3$ ; Abb. 2C).

**Chlorid** als Indikator vielfältiger Salzbelastungen wies 1994 wie auch 1993 im Jahresmittel (volumengewichtet) eine Konzentration von  $5,3 \text{ g/m}^3$  auf (1992:  $5,7 \text{ g/m}^3$ ; Abb. 2C).

Die **Sauerstoffsituation** des Obersees war 1994 geprägt von der guten Zirkulation im Winter 93/94, in dem das Hypolimnion reichlich Sauerstoff aufnahm. Insbesondere die Sauerstoffinhalte im tiefen Hypolimnion von 200 - 253 m lagen in Seemitte das ganze Jahr über stets höher als im Vorjahr. Der einen Meter über Grund gemessene Minimalwert von  $5,9 \text{ mg/l}$  im November 1994 lag ebenfalls fast  $1 \text{ mg/l}$  über dem geringen Wert von Oktober und November 1993 mit jeweils  $5,0 \text{ mg/l}$  (Abb. 2B)..

Der durchschnittliche Sauerstoffinhalt des Obersees der Monate März und April lag 1995 mit  $522.000 \text{ t}$  etwas höher als in den beiden Vorjahren (1994:  $516.000$  und 1993:  $509.000 \text{ t}$ ). Die teilweise sehr ungünstigen Frühjahrswerte der Jahre 1989 bis 1991 (1991:  $470.000$ , 1990:  $506.000$  und 1989:  $464.000 \text{ t}$ ) wurden damit erneut klar übertroffen.

Insgesamt spiegeln sich in der guten Versorgung der tiefen Wasserschichten mit Sauerstoff 1994 die günstigen Witterungsverhältnisse des Winters 93/94 wider. So profitierte der See bis in den Herbst hinein von diesen guten Startbedingungen im Frühjahr. Im laufenden Jahr 1995 lag der Sauerstoffgehalt im März und April insgesamt leicht über den letztjährigen Gehalten. Dies resultiert aber aus einer weitgehenden Sättigung der 0 - 100 Meterschicht, die eine gegenüber dem Vorjahr schlechtere Versorgung im Bereich von 160 Meter bis zum Grund überkompensiert.

Das **Phytoplankton** erreichte 1994 im Jahresmittel eine Biomasse von  $10,4 \text{ g/m}^2$  (0 - 20 m Tiefe). Sie lag damit deutlich niedriger als im Vorjahr mit  $13,7 \text{ g/m}^2$ . Der kurzzeitige Anstieg 1993 setzte sich also nicht weiter fort, sondern das seit einigen Jahren beobachtete Absinken der Durchschnittsbiomasse ging weiter (1992:  $11,8 \text{ g/m}^2$ ; 1991:  $12,32 \text{ g/m}^2$ ; 1990:  $16,3 \text{ g/m}^2$ ; 1989:  $25,1 \text{ g/m}^2$ ; 1988:  $33,9 \text{ g/m}^2$ , Abb. 3).

Ein starkes Frühjahrsmaximum blieb 1994 aus, was wohl auf die niedrigen Temperaturen im April zurückzuführen ist. Das erste Maximum entwickelte sich erst Ende Juni ( $30 \text{ g/m}^2$ ) und erreichte seinen Höchststand Anfang Juli mit  $35,3 \text{ g/m}^2$ ; es bestand fast vollständig aus pennaten Kieselalgen und aus Cryptophyceen. Nach einem Absinken auf durchschnittlich  $15 \text{ g/m}^2$  in der zweiten Julihälfte und im August folgte eine zweite Blüte Anfang September mit  $29 \text{ g/m}^2$ , die ebenfalls durch pennate Kieselalgen und Cryptophyceen dominiert war. Nach einem Rückgang im Oktober auf durchschnittlich  $5 \text{ g/m}^2$  folgte Ende November ein drittes Maximum mit einer Biomasse von  $16 \text{ g/m}^2$ , das nun aus fädigen Blaualgen, centrischen Kieselalgen und Cryptophyceen bestand. Dieses dritte Maximum sank Anfang Dezember auf  $10,41 \text{ g/m}^2$  ab, um dann gegen Ende Dezember noch einmal auf  $14 \text{ g/m}^2$  anzusteigen. Für diese späte Jahreszeit war das sehr ungewöhnlich, da in derselben Zeit der Vorjahre regelmäßig nur Werte zwischen  $5 \text{ g/m}^2$  und  $2,5 \text{ g/m}^2$  erreicht wurden. Die Ursache dürfte in der gut ausgebildeten thermischen Schichtung im Dezember 1994 liegen (s.o., Abb. 27, 28).

Beim **Crustaceenzooplankton** bewegte sich der Jahresmittelwert der Gesamtanzahl für 1994 mit  $694.000 \text{ Tieren/m}^2$  auf ähnlich niedrigem Niveau wie im Vorjahr. Nach wie vor sind diese niedrigen Werte vor allem auf vergleichsweise geringe Bestandsdichten der Copepoden zurückzuführen.

Allerdings waren 1994 auch die Bestände der Cladoceren geringer als 1993, wobei dieser Rückgang besonders auf eine starke Abnahme der Daphnien zurückzuführen war. Die Bestände der übrigen Cladoceregruppen (Bosmina, Bythotrephes, Leptodora) bewegten sich

dagegen im Bereich der Vorjahre.

Die Bestandsdichten der vorwiegend herbivor lebenden Copepoden, die sich vor allem aus Erwachsenen- und Jugendstadien der Diptomiden sowie aus Jugendstadien der Cyclopiden zusammensetzen, zeigten 1994 einen leichten Aufwärtstrend.

Dagegen zeigten unter den carnivor lebenden Copepodengruppen - hierzu zählen vor allem auch ältere Entwicklungsstadien von *Mesocyclops leuckarti* und *Cyclops vicinus* - vor allem *C.vicinus* eine deutliche Abwärtsentwicklung, während *M.leuckarti* leicht zunahm. Der seit mehreren Jahren beobachtete Trend zu erhöhten Bestandsdichten des omnivor lebenden *Cyclops abyssorum* setzte sich auch 1994 fort (Abb. 29 - 31).

Die **Bakterien** - bestimmt durch Direktzählung - zeigten innerhalb der Produktionszone (0 - 20 m) einen vergleichsweise frühen Anstieg im Frühjahr (Ende März) und erreichten mit  $8,5 \times 10^6$  Bakterien/ml Ende Mai ein kurzes Maximum. Während des Klarwasserstadiums im Juni wurde ein Minimumwert von  $3,9 \times 10^6$  Bakterien/ml gezählt. Wie in den Vorjahren waren die mittleren Sommerdichten im Vergleich zu den in den 80er Jahren beobachteten Werten mit  $3 - 5 \times 10^6$  Bakterien/ml recht niedrig. Dementsprechend wurde auch zum Herbst hin eine nur sehr gradueller Abfall der Bakteriendichten beobachtet. Mit einem Wert von  $0,95 \times 10^6$  Bakterien/ml wurde im Februar 1995 das winterliche Minimum erreicht (Abb. 32).

#### **Bodensee - Untersee:**

Die **Phosphorkonzentration** - bestimmt als Gesamtphosphor im Rohwasser - hat 1994 im Rheinsee im Jahresmittel (volumengewichtet) auf  $22 \text{ mg/m}^3$  abgenommen (1993:  $24 \text{ mg/m}^3$ ; 1992:  $34 \text{ mg/m}^3$ ). Eine leichte Zunahme ergab sich im Zellersee von  $33 \text{ mg/m}^3$  im Vorjahr auf  $34 \text{ mg/m}^3$  in 1994 (1992:  $43 \text{ mg/m}^3$ ).

Der Inhalt an **anorganischem Stickstoff** (N aus  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) mit Nitrat als Hauptkomponente betrug 1994 im Rheinsee wie im Vorjahr  $0,90 \text{ mg/l}$ . Im Zeller See wurde eine Zunahme auf  $1,10 \text{ mg/l}$  beobachtet (1993:  $1,01 \text{ mg/l}$ ).

Die **Sauerstoffsituation** hat sich im Rheinsee und im Zeller See gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Rheinsee lagen die Sauerstoffkonzentrationen in Seebodennähe im Oktober bei  $0,8$  und im September und November bei  $1,8 \text{ mg/l}$ . Im Vorjahr hatten hier die Minimalkonzentrationen von September bis Oktober zwischen  $1$  und  $2 \text{ mg/l}$  gelegen. Im Zeller See, der seit Jahrzehnten regelmäßig einen zeitweiligen totalen Sauerstoffschwund aufwies, wurde 1994 - wie erstmals 1993 - bei allen Messungen ein geringer Sauerstoffrestgehalt festgestellt. Er lag von August bis Oktober 1994 zwischen  $0,8$  und  $1,9 \text{ mg/l}$  und im Vorjahr zwischen  $0,8$  und  $1,5 \text{ mg/l}$ .

Beim **Phytoplankton** setzte sich im Zeller See 1994 der Trend der seit einigen Jahren absinkenden Biomassen nach der Unterbrechung im Jahr 1993 fort. Die Durchschnittsbiomasse lag mit  $10,5 \text{ g/m}^2$  (0 - 20 m Tiefe) deutlich unter der des Jahres 1993 ( $13,8 \text{ g/m}^2$ ) und 1992 ( $13,7 \text{ g/m}^2$ ), während in den Vorjahren die Biomassen wesentlich höher waren (1991:  $18 \text{ g/m}^2$ ; 1990:  $20,2 \text{ g/m}^2$ ; 1989:  $27,6 \text{ g/m}^2$ ; 1988:  $52,1 \text{ g/m}^2$ ).

Während von Januar bis März nur eine geringe Planktondichte (durchschnittlich  $5 \text{ g/m}^2$ ) herrschte, stieg die Biomasse Anfang April schnell an und erreichte mit  $33 \text{ g/m}^2$  den Jahreshöchstwert, um bereits in der zweiten Aprilhälfte wieder auf  $9 \text{ g/m}^2$  abzusinken. Dieses Frühjahrsmaximum war fast vollständig von centrischen Kieselalgen und Cryptophyceen dominiert. Nach einem ausgeprägten Klarwasserstadium Ende Mai stieg dann die Planktondichte allmählich wieder auf Werte um  $10 \text{ g/m}^2$  an. Erst Anfang Juli stellte sich ein

leichtes Maximum (pennate Kieselalgen und Cryptophyceen) von  $15,4 \text{ g/m}^2$  ein, das wieder schnell auf Werte um  $7 \text{ g/m}^2$  absank. Ein dritter Peak mit  $17,2 \text{ g/m}^2$  aus fädigen Blaualgen, centrischen und pennaten Kieselalgen sowie Cryptophyceen baute sich dann Anfang September auf; dieses Maximum blieb bis in den Spätherbst hinein erhalten, wobei die Biomasse um  $13 - 15 \text{ g/m}^2$  schwankte (Abb. 51, 52).

### **Bewertung und Schlußfolgerungen**

Der limnologische Zustand des Bodensees (Obersee) im Freiwasser zeigte im Seejahr 1994/95 im Vergleich zum Vorjahr ein deutlich besseres Bild. Die seit Anfang der 80er Jahre eingetretene stetige Abnahme der Phosphorkonzentration, die in den letzten Jahren nur schleppend voranging, hat sich seit 1993/94 nochmals beschleunigt. Auch die Biomasse des Phytoplanktons hat nach einer 1993/94 beobachteten leichten Erhöhung wieder weiter abgenommen. Die Sauerstoffsituation war 1994 aufgrund der witterungsbedingt guten Zirkulation im Winter 1993/94 zufriedenstellend.

Diese Entwicklung ist insgesamt als großer Erfolg der Abwassersanierung im Einzugsgebiet des Bodensees zu werten. Sie zeigt, daß der mit dem Bau- und Investitionsprogramm verfolgte Weg richtig ist. Allerdings ist das Ziel, eine Phosphorkonzentration von  $20 \text{ mg/m}^3$  im See zu unterschreiten, noch nicht erreicht.

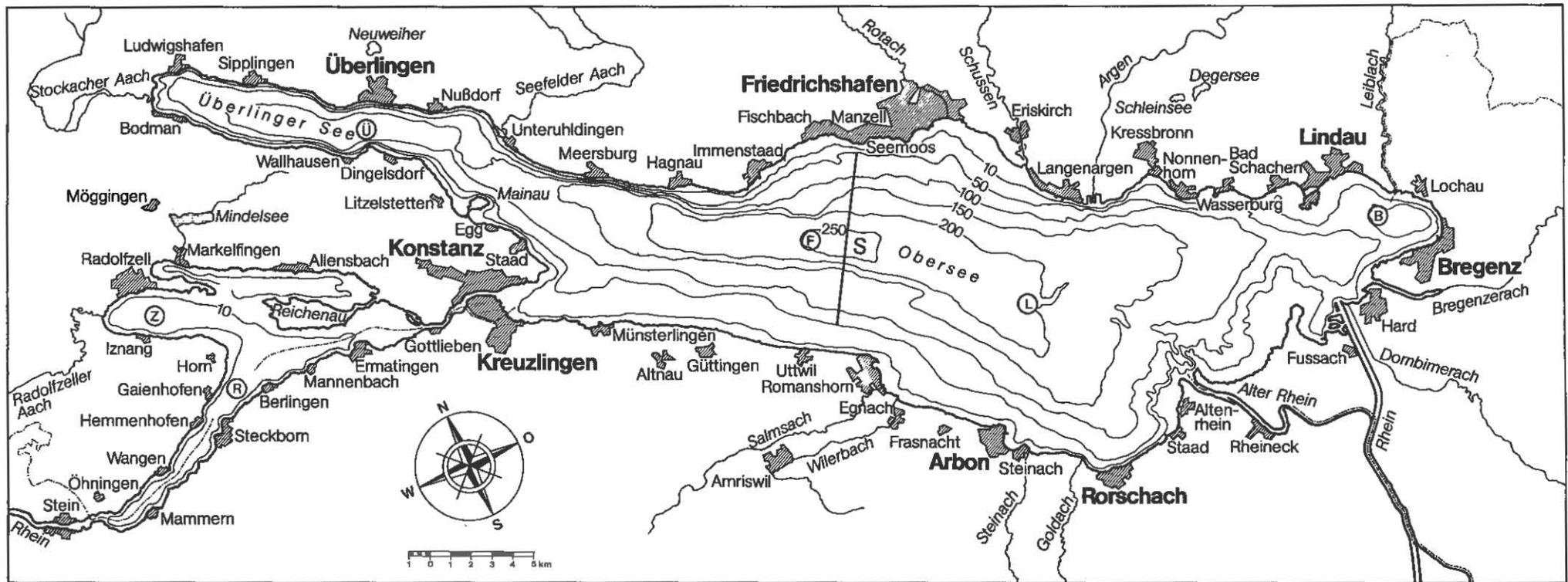
Die infolge der klimatischen Rahmenbedingungen sehr unvollständige Vertikalzirkulation im Winter 1994/95 und die damit wieder schlechtere Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers setzt den seit Mitte der 80er Jahre beobachteten Trend zu kürzeren und unvollständigen Vertikalzirkulationen und damit insgesamt zu klimatisch bedingten schlechteren Sauerstoffverhältnissen im Tiefenwasser fort. Um das damit verbundene Risiko für einen befriedigenden Seezustand zu mindern, ist es nach wie vor unerlässlich, das Ziel einer Absenkung der Phosphorkonzentration unter  $20 \text{ mg/m}^3$  baldmöglichst zu erreichen.

Die durch das Bau- und Investitionsprogramm vorgegebenen Maßnahmen zur weiteren Abwasserreinigung müssen daher konsequent zu Ende geführt und durch die dort vorgeschlagenen weiteren Maßnahmen zur Phosphorreduktion - auch im landwirtschaftlichen Bereich - ergänzt werden.



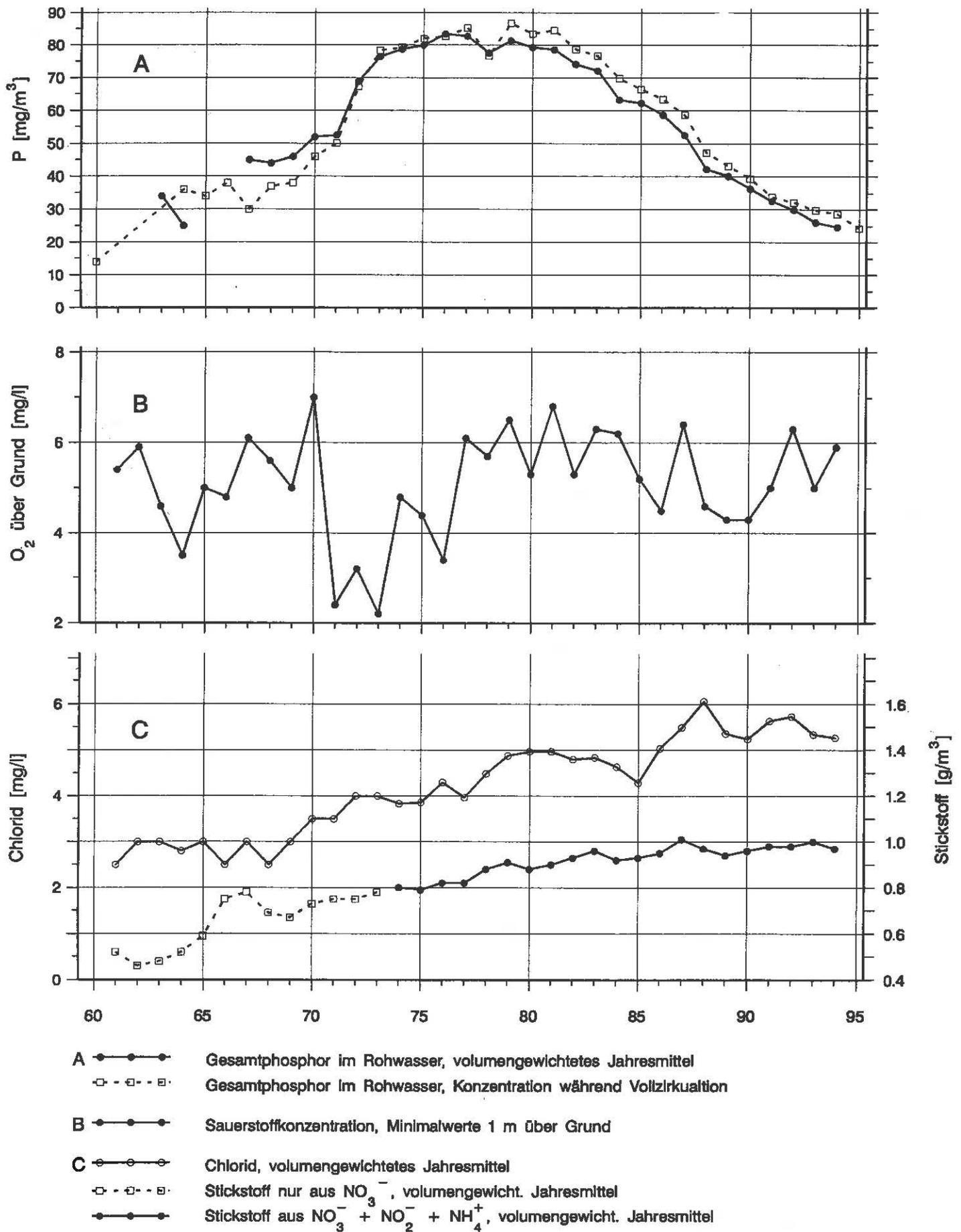
---

## Abbildungen und Tabellen

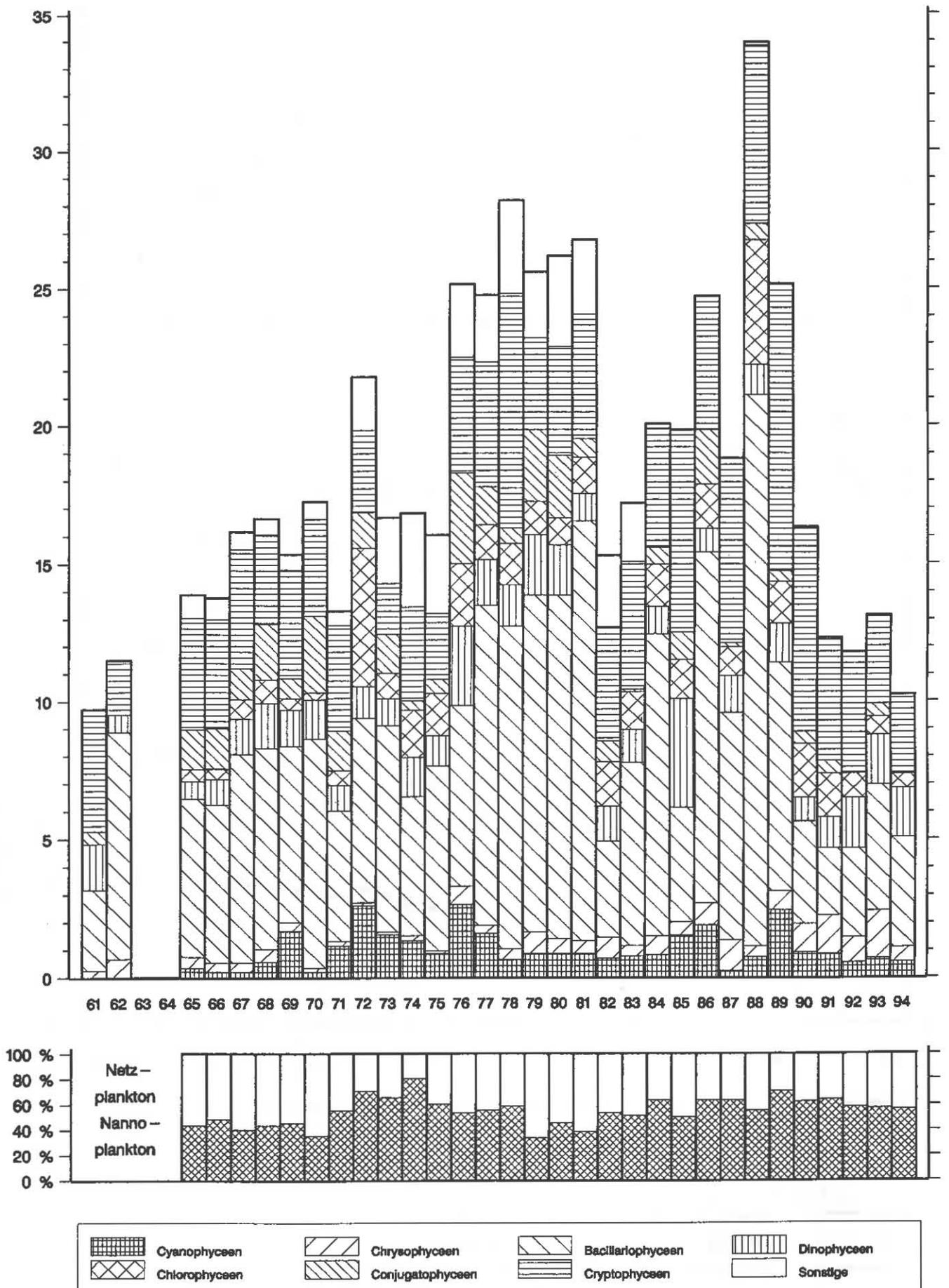


**Abb. 1:** Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

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



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



**Abb. 03: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:**  
 Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomassen in  $g/m^2$  (0–20m Tiefe), Jahresmittel

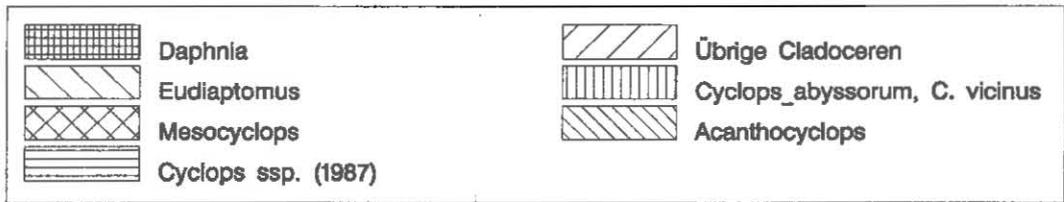
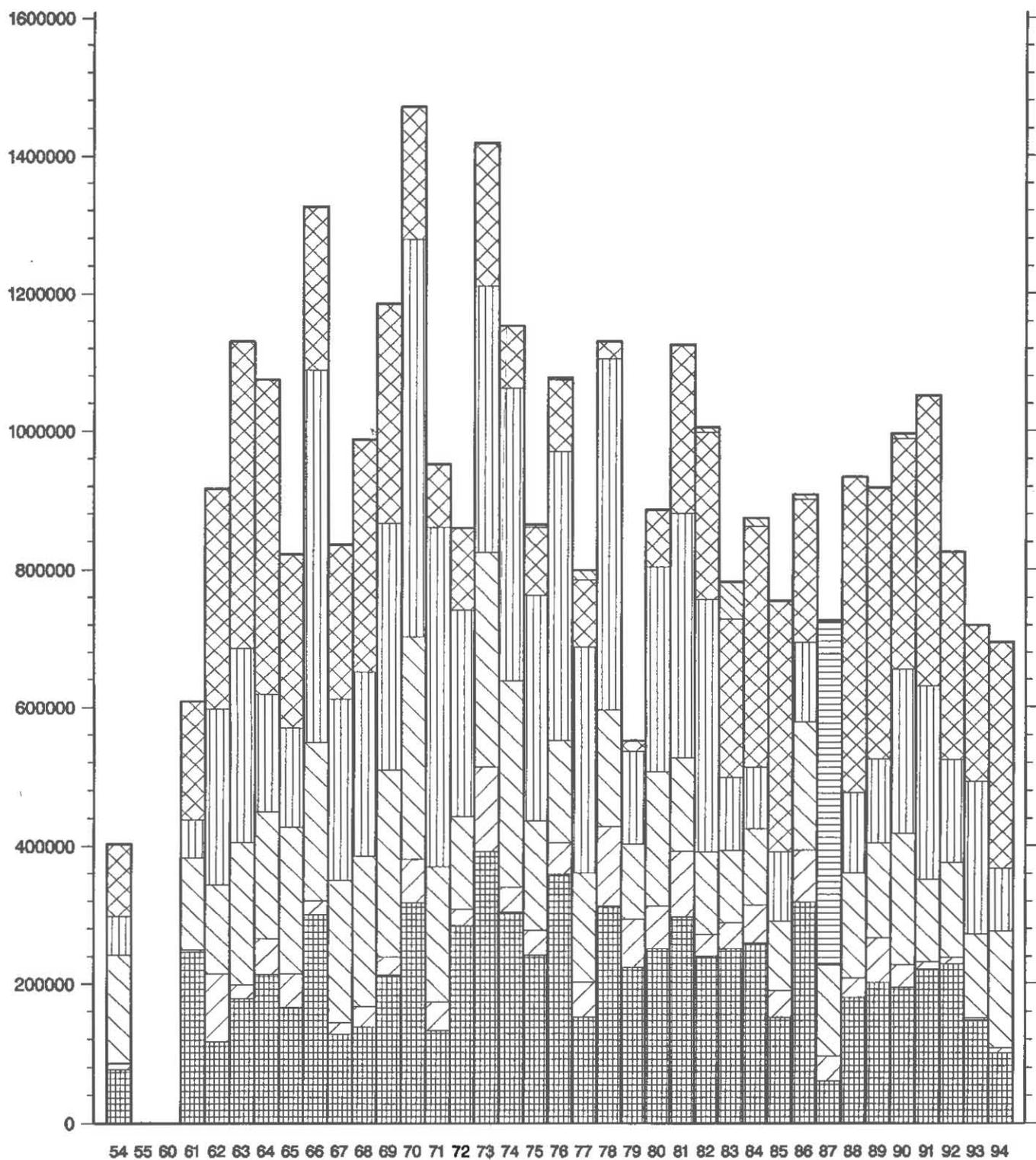
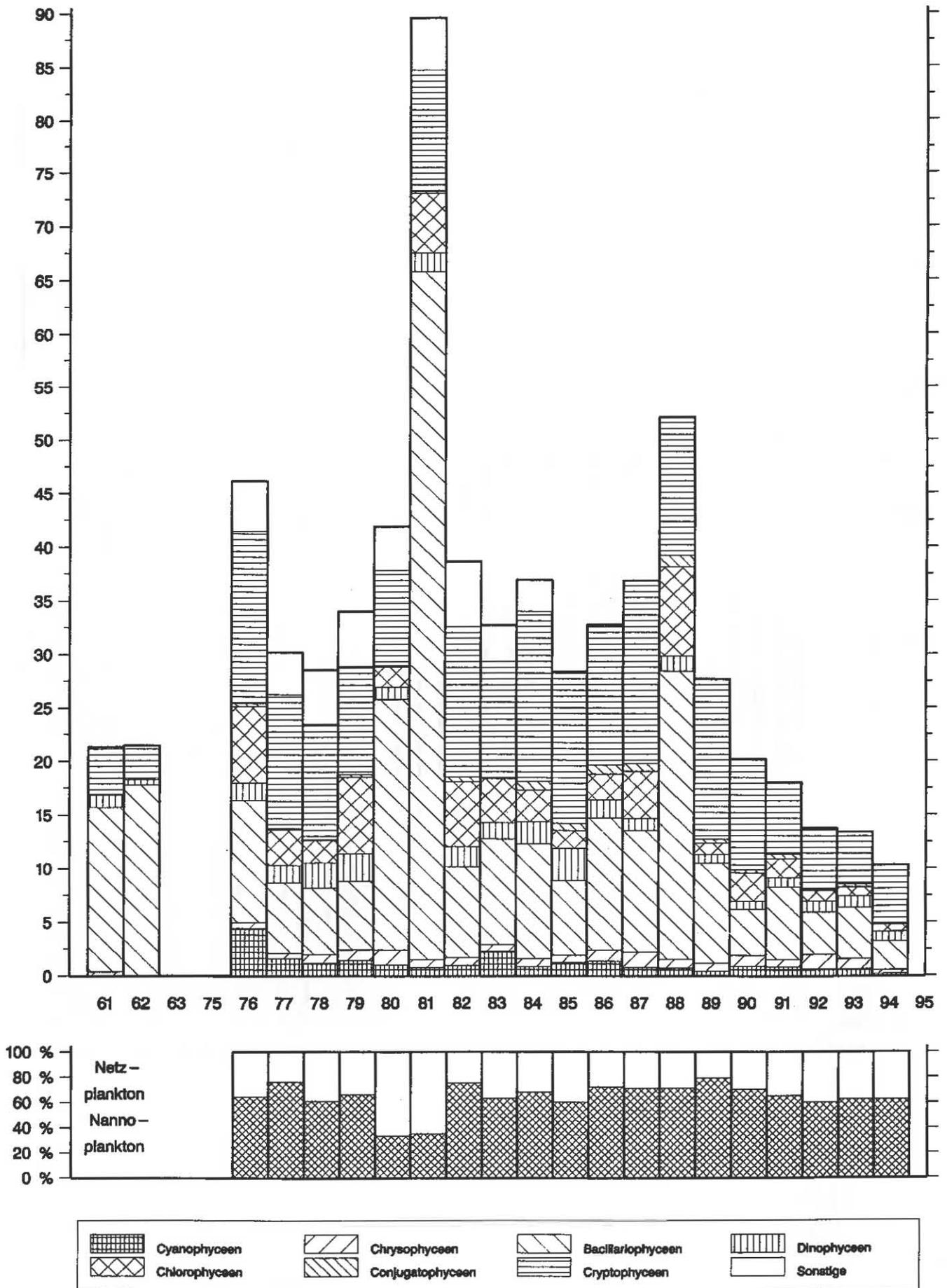
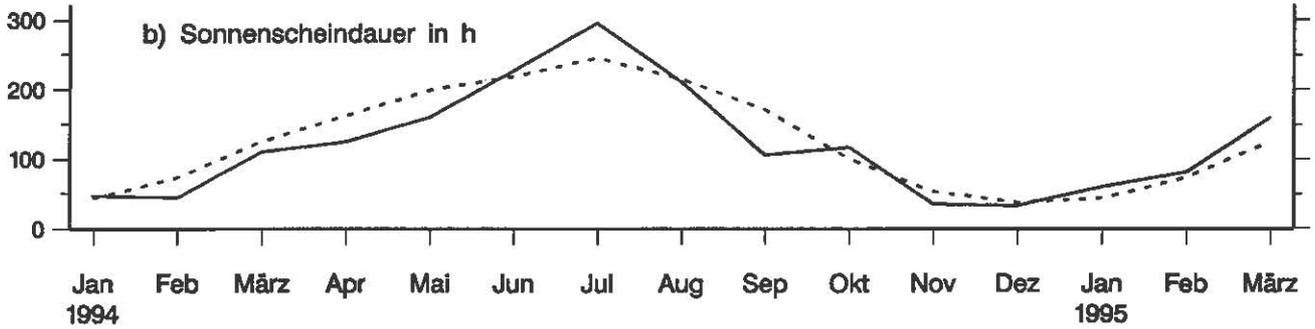
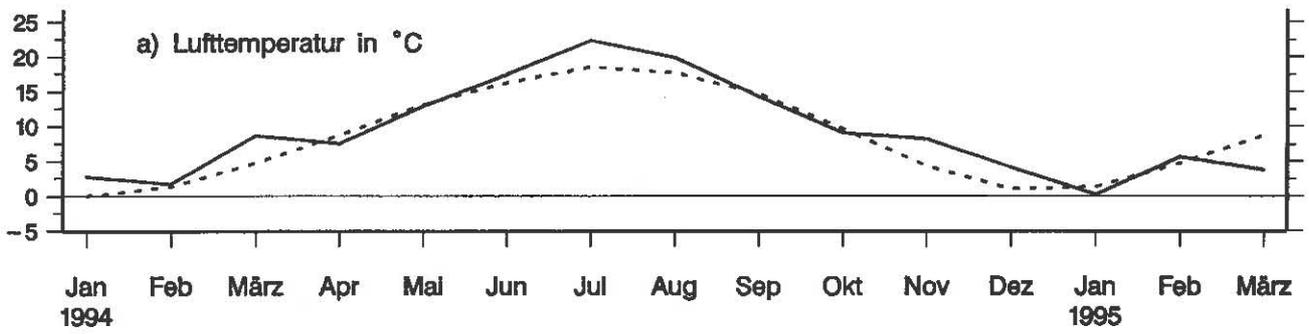


Abb. 04: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
 Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons  
 Tiere/m<sup>2</sup>, Jahresmittelwerte



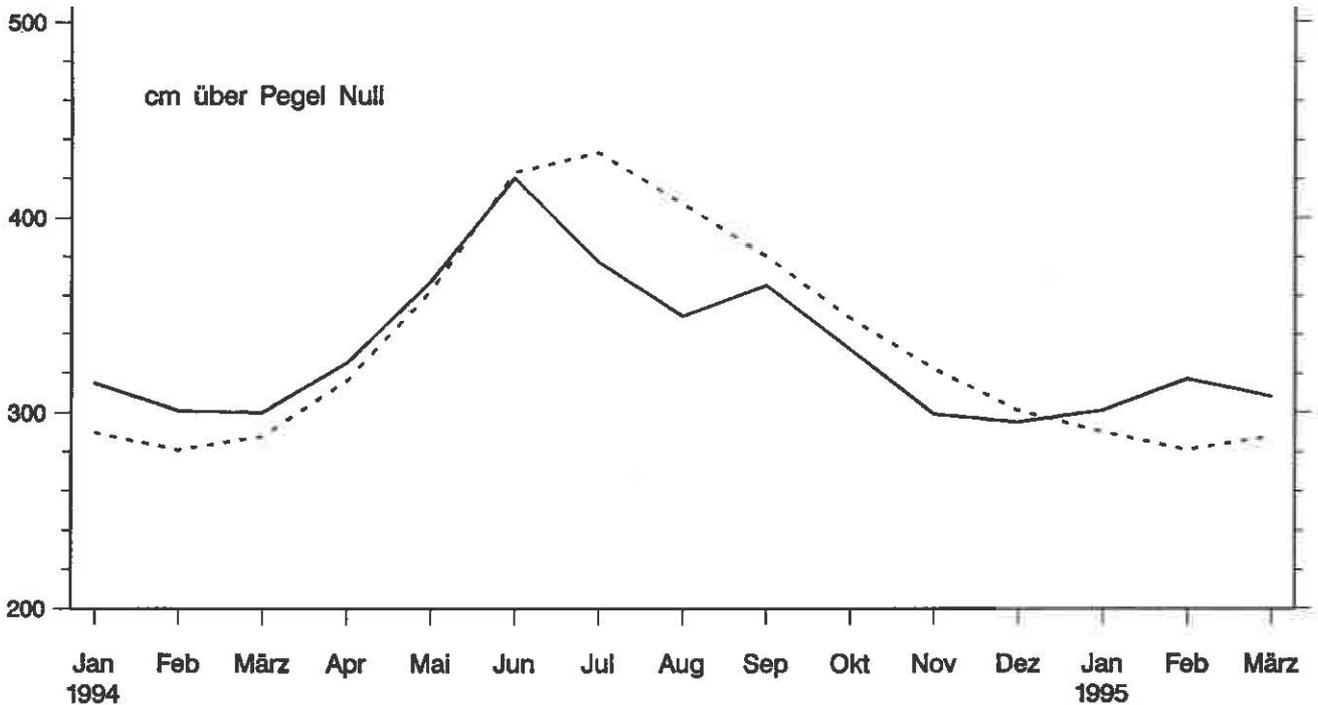
**Abb. 05: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
 Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomassen in g/m<sup>2</sup> (0–20m Tiefe), Jahresmittel



a) — Monatsmitteltemperatur  
 - - - - - langjährige Monatsmitteltemperatur (61-90)

b) — monatliche Sonnenscheindauer in h  
 - - - - - langjährige monatliche Sonnenscheindauer in h (61-90)

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



— mittlerer monatlicher Wasserstand  
 - - - - - langjähriger monatlicher Wasserstand (61-90)

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

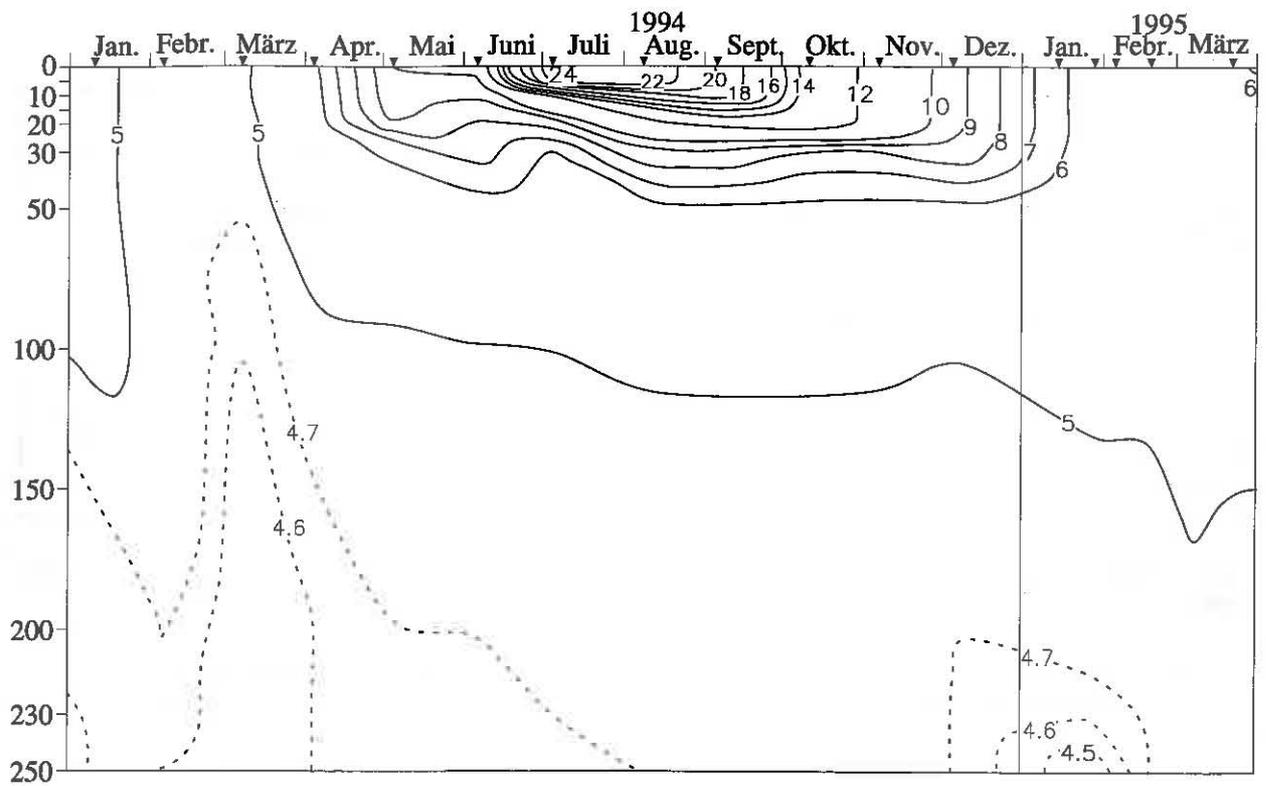


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Temperatur °C

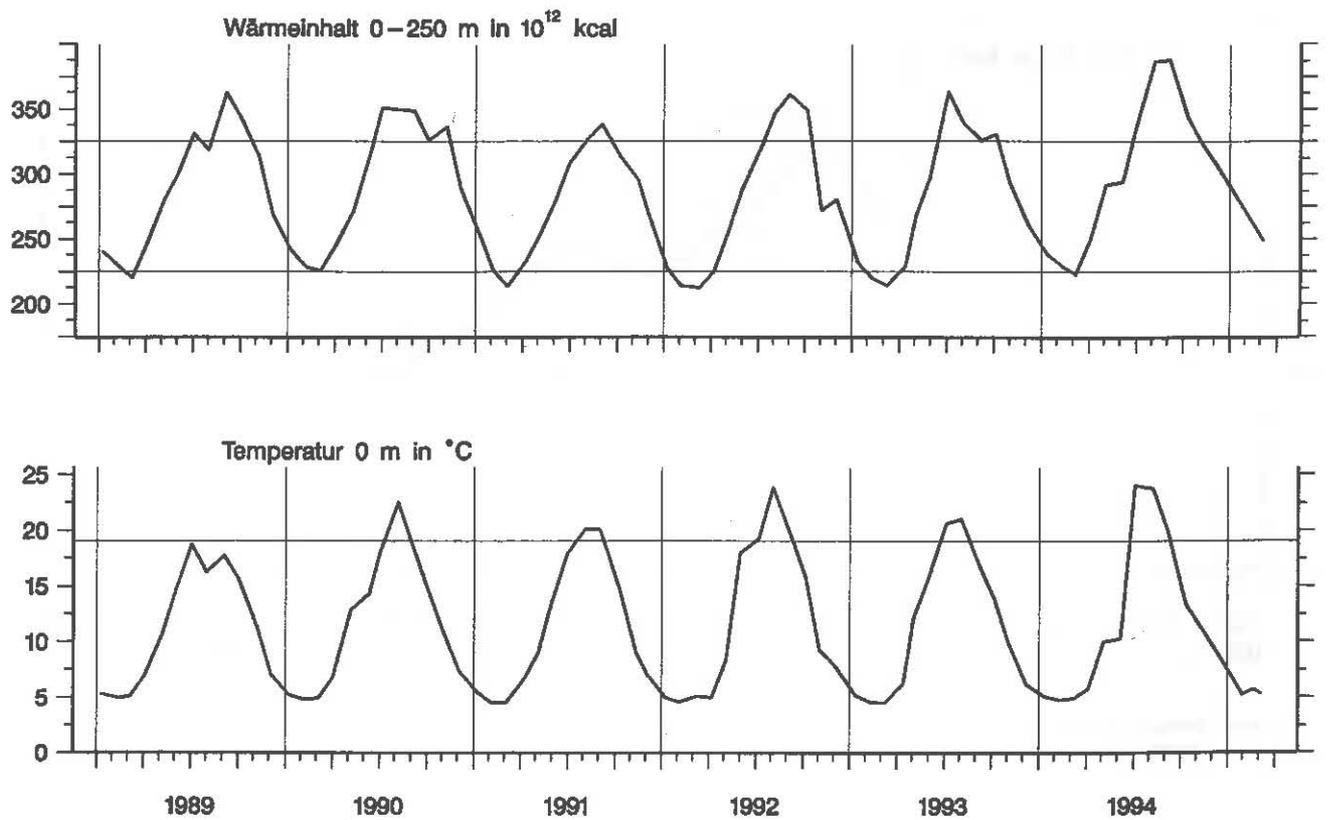
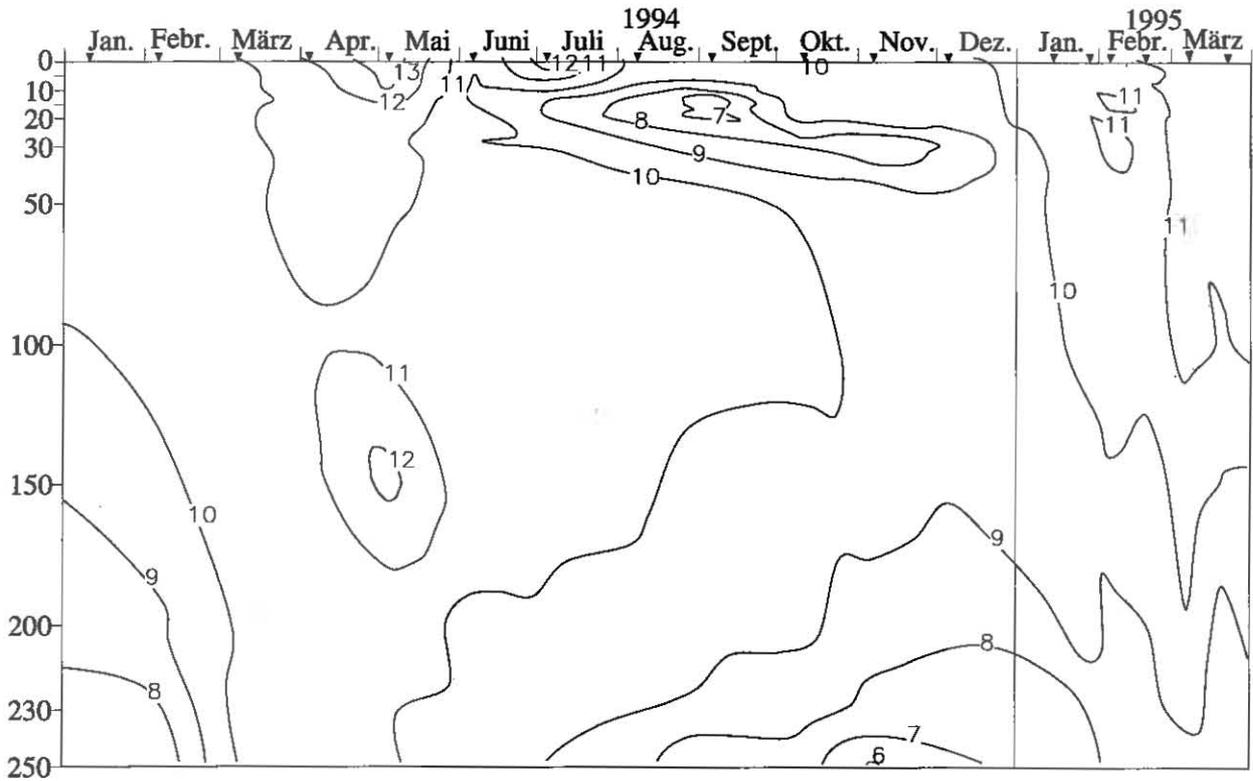
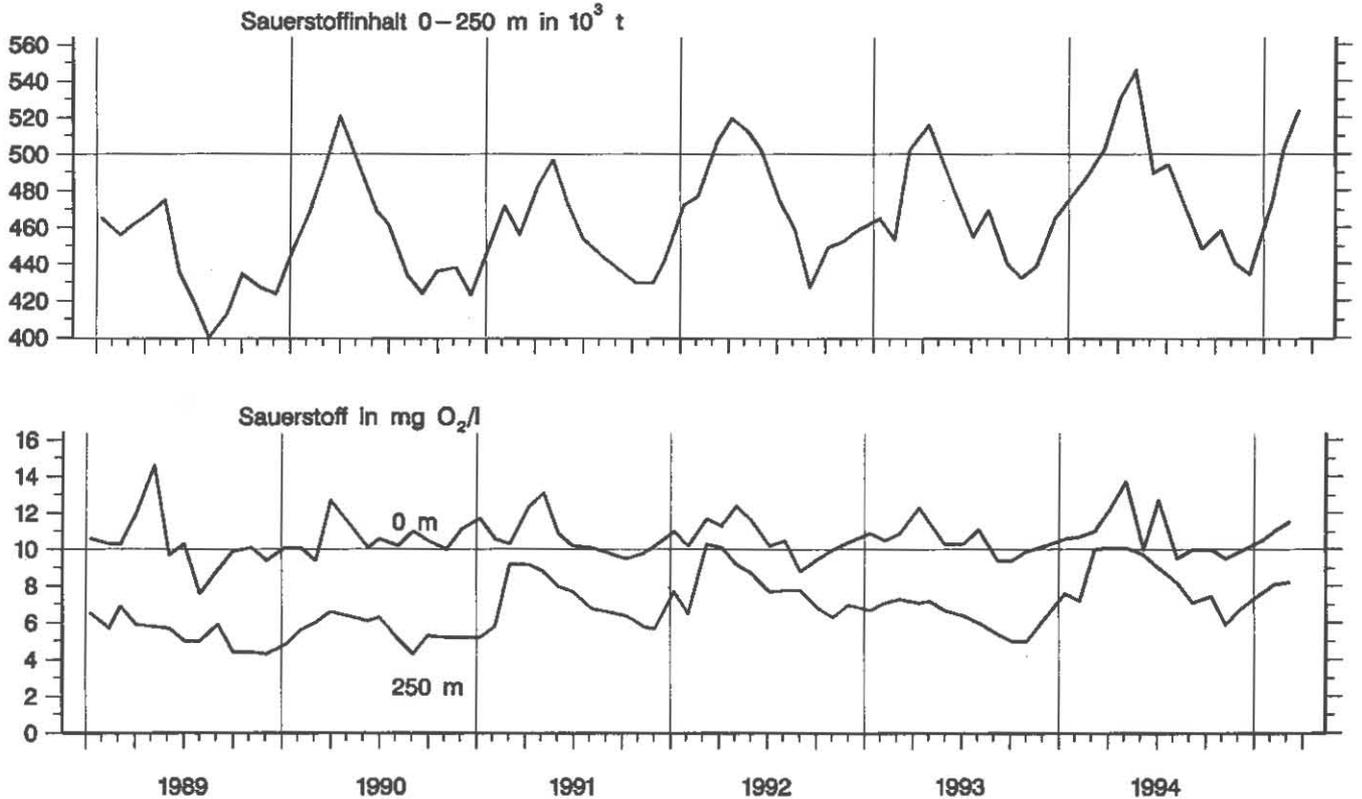


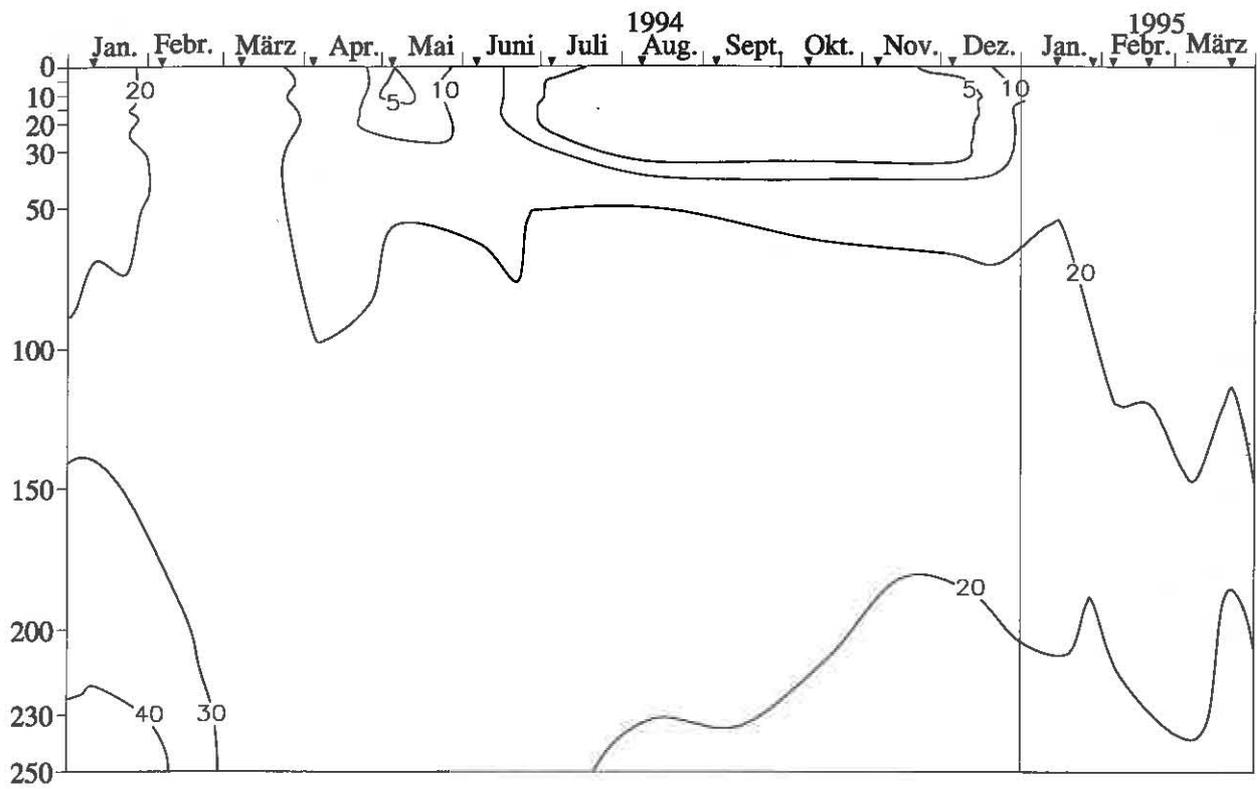
Abb. 9: Bodensee – Obersee:  
Thermik



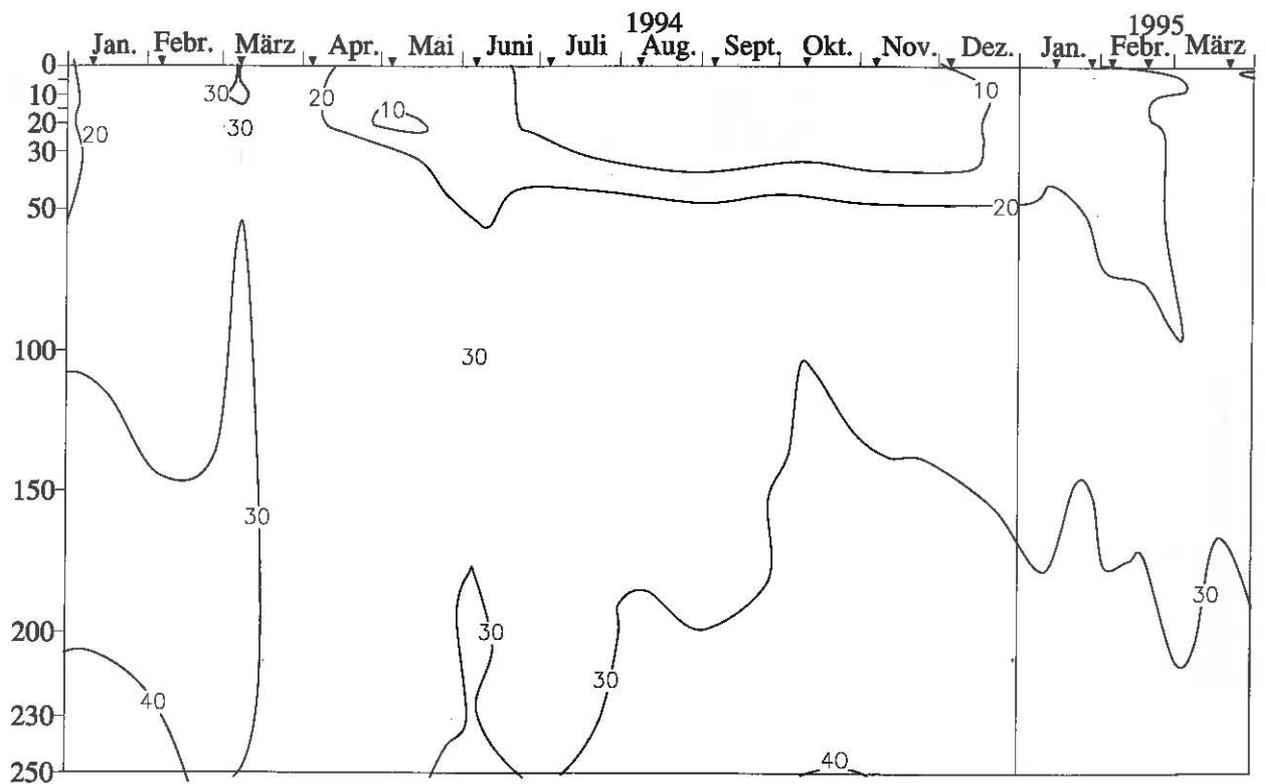
**Abb. 10:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Sauerstoff (mg/l)



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



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



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

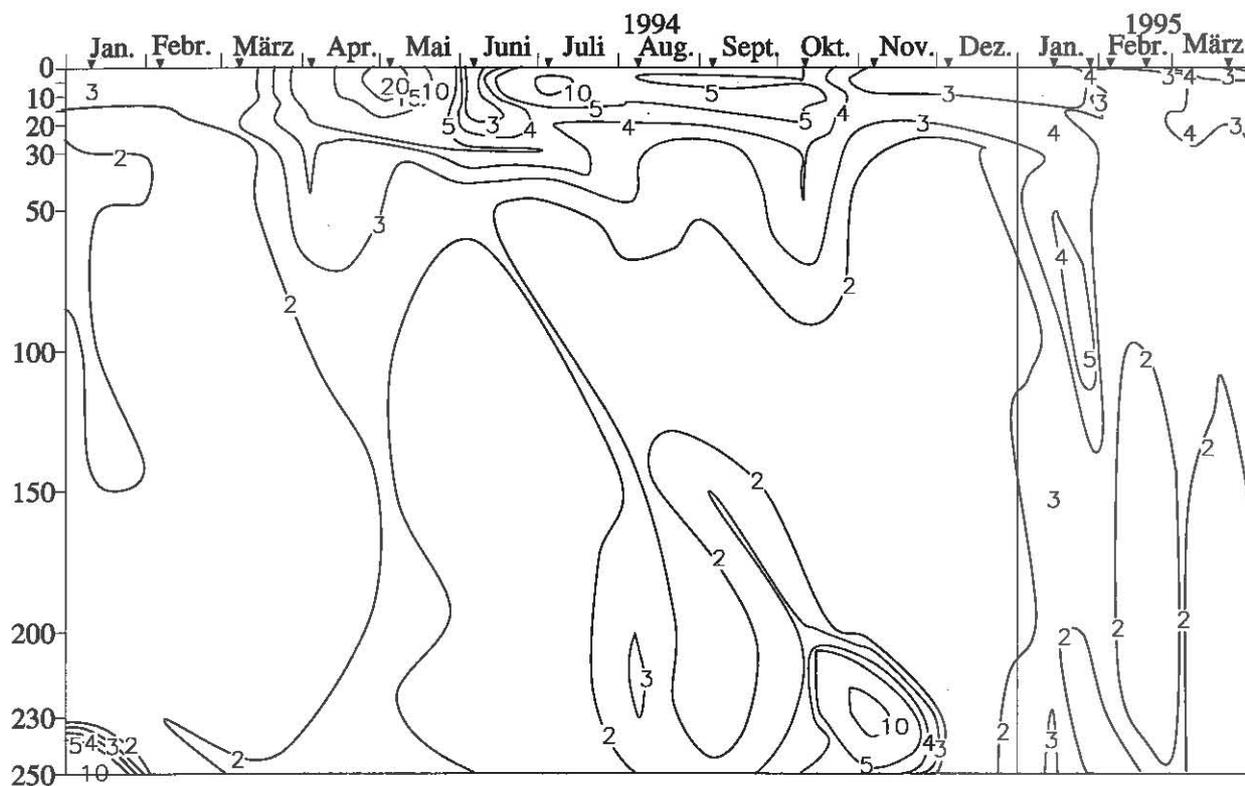


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach – Utwil:  
partikulärer Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

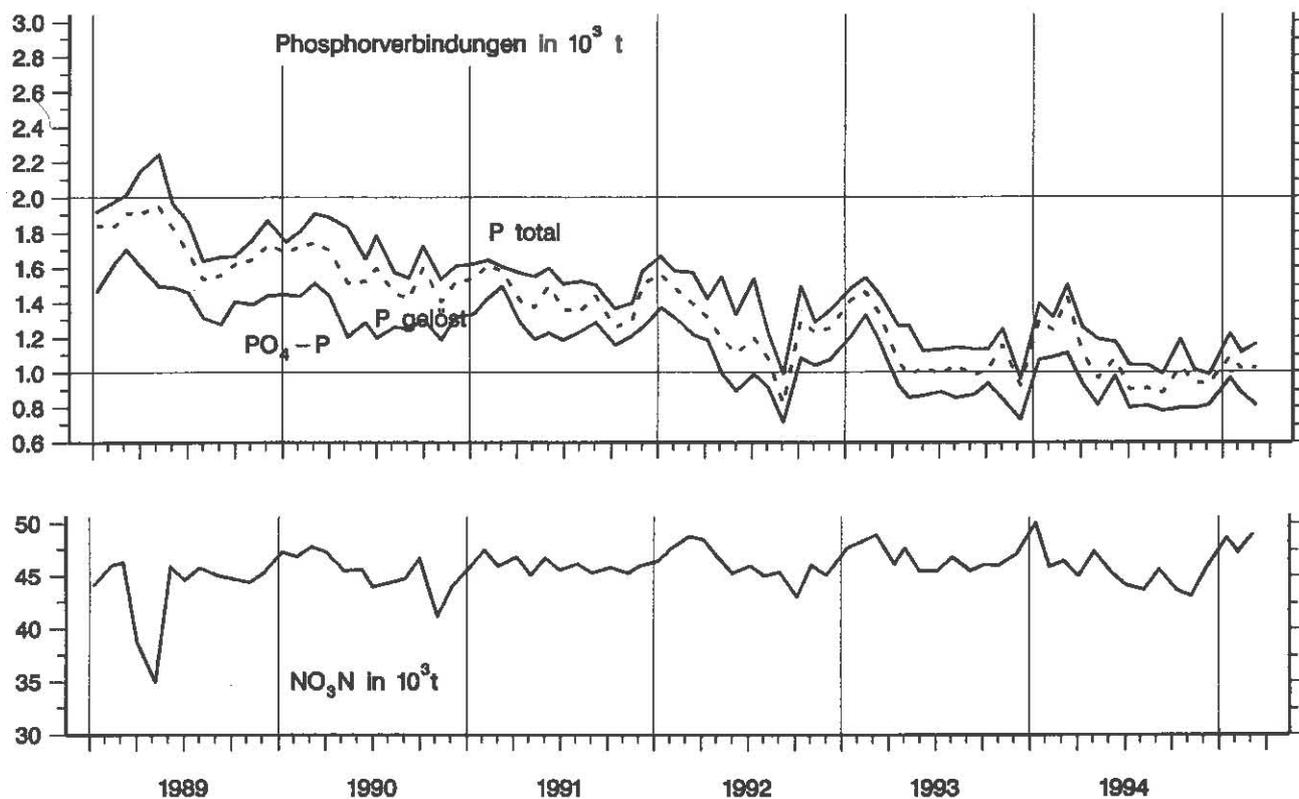
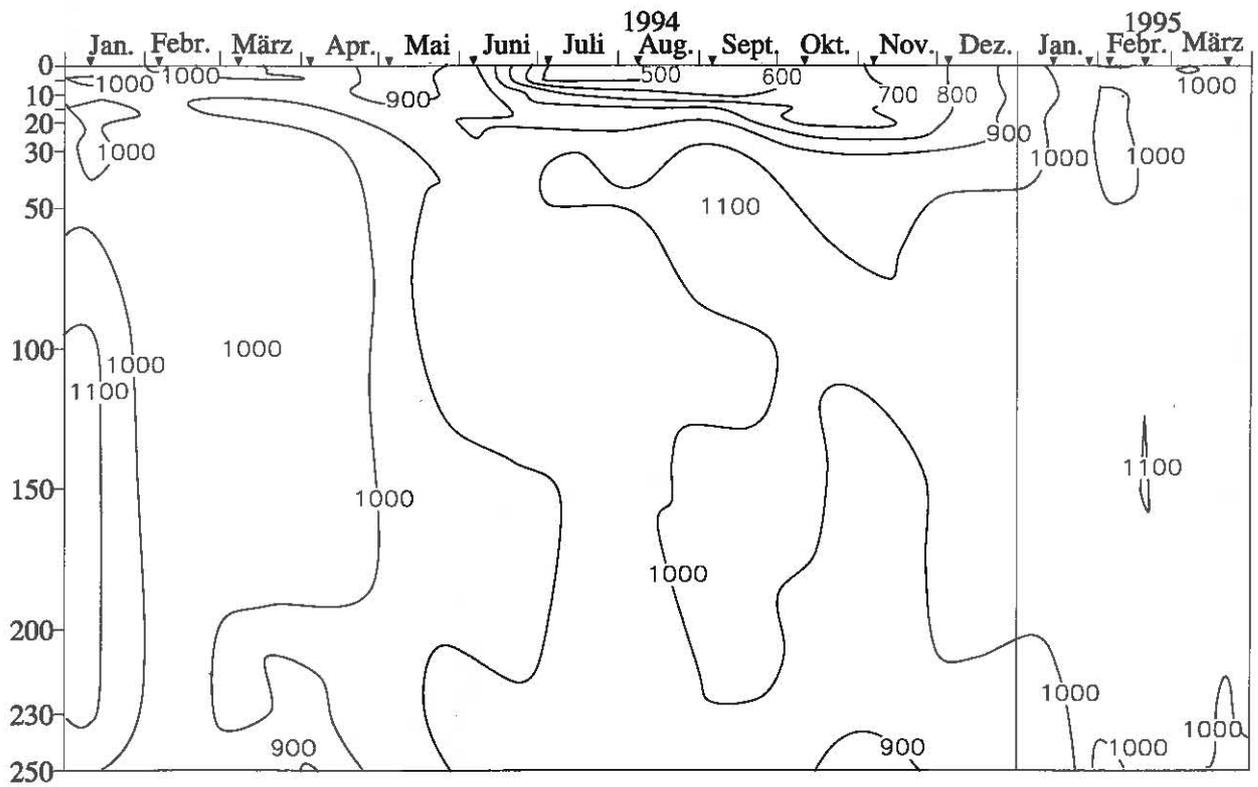
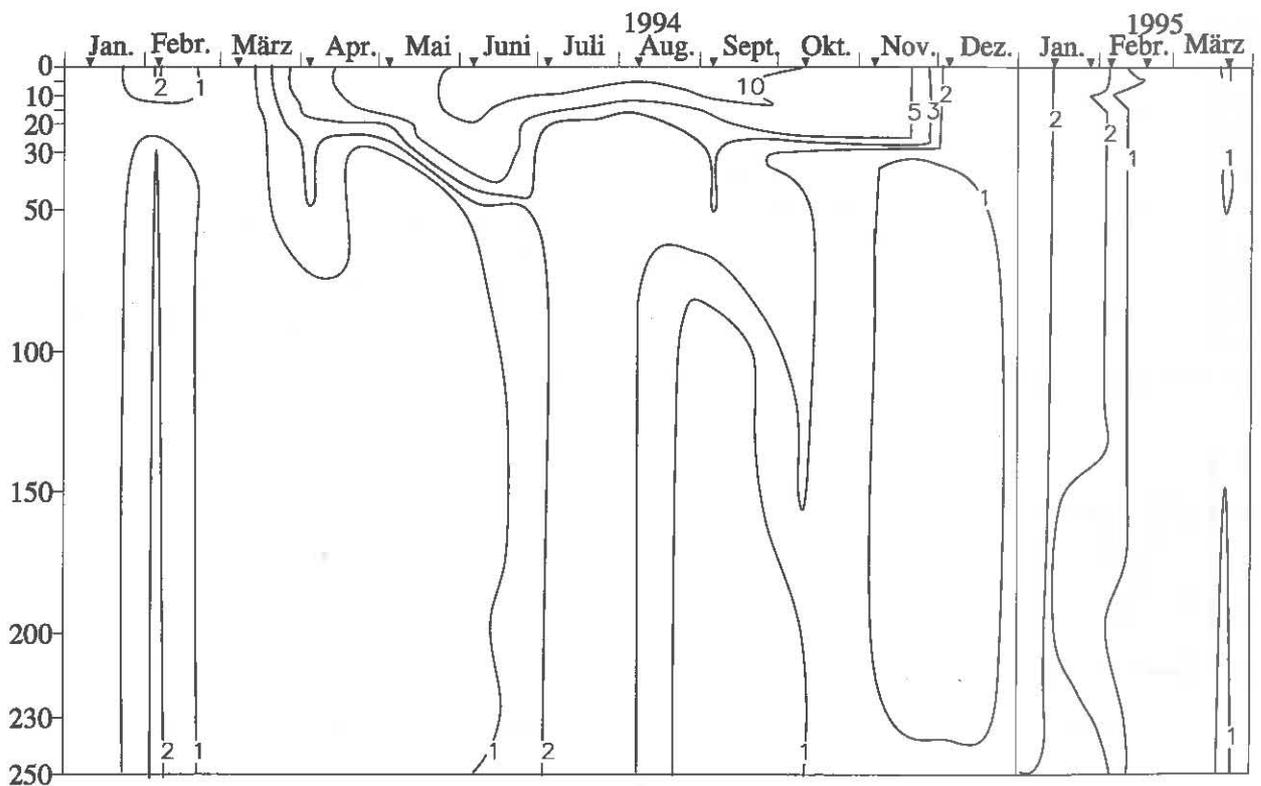


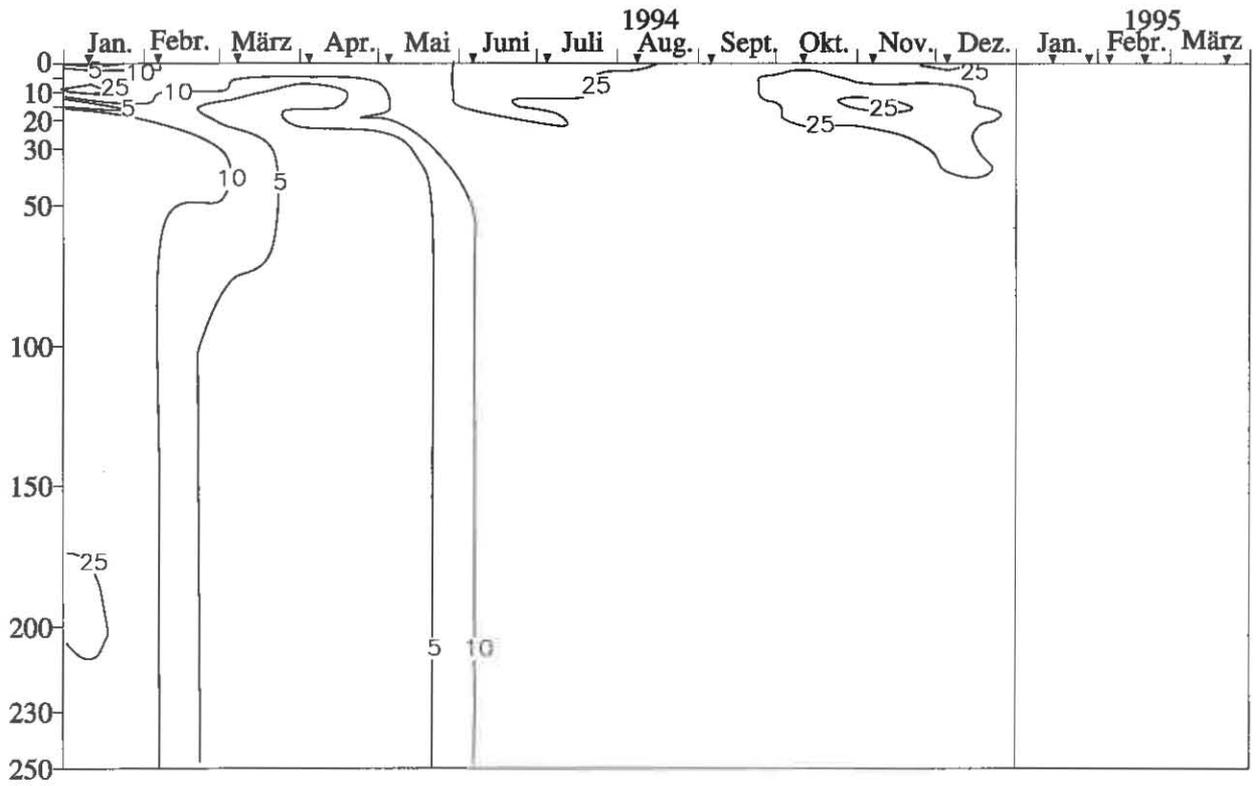
Abb. 15: Bodensee – Obersee:  
Nährstoffinhalt (P,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) 0–250 m Tiefe



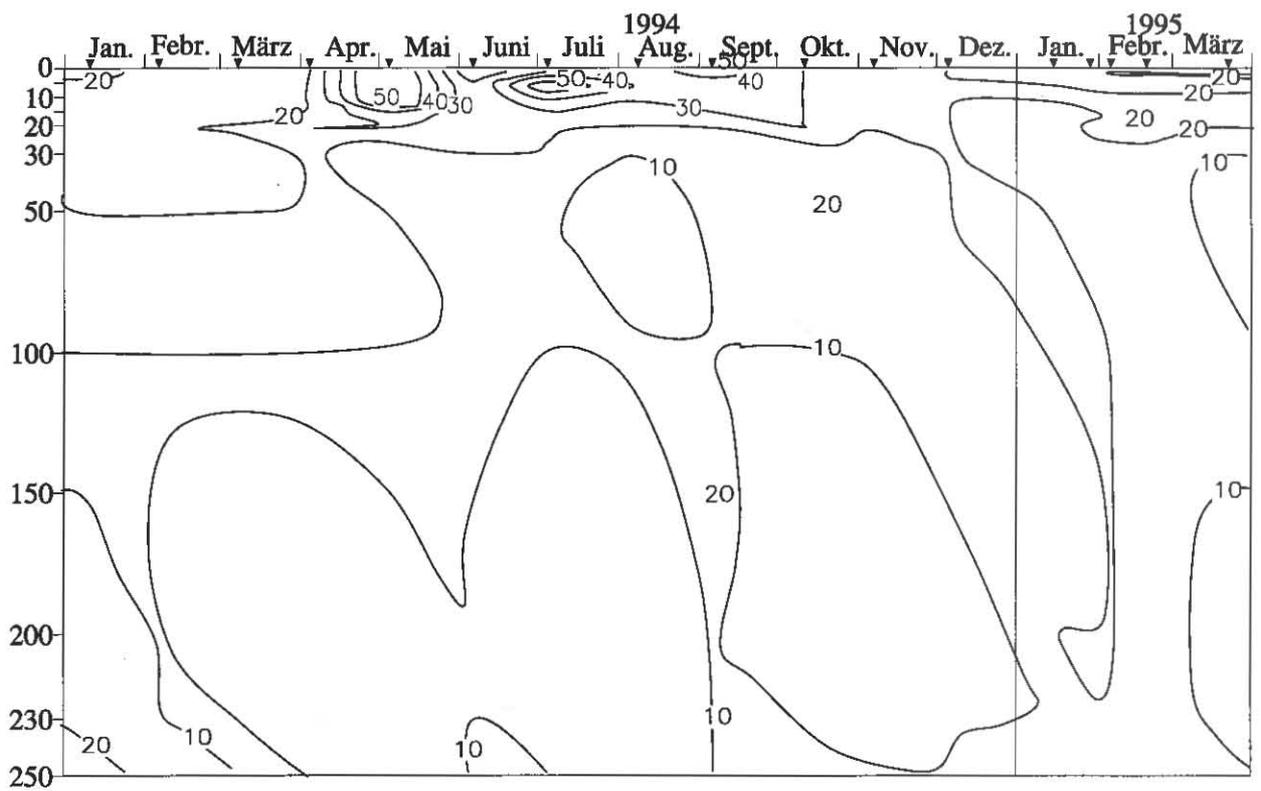
**Abb. 16:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Nitrat – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



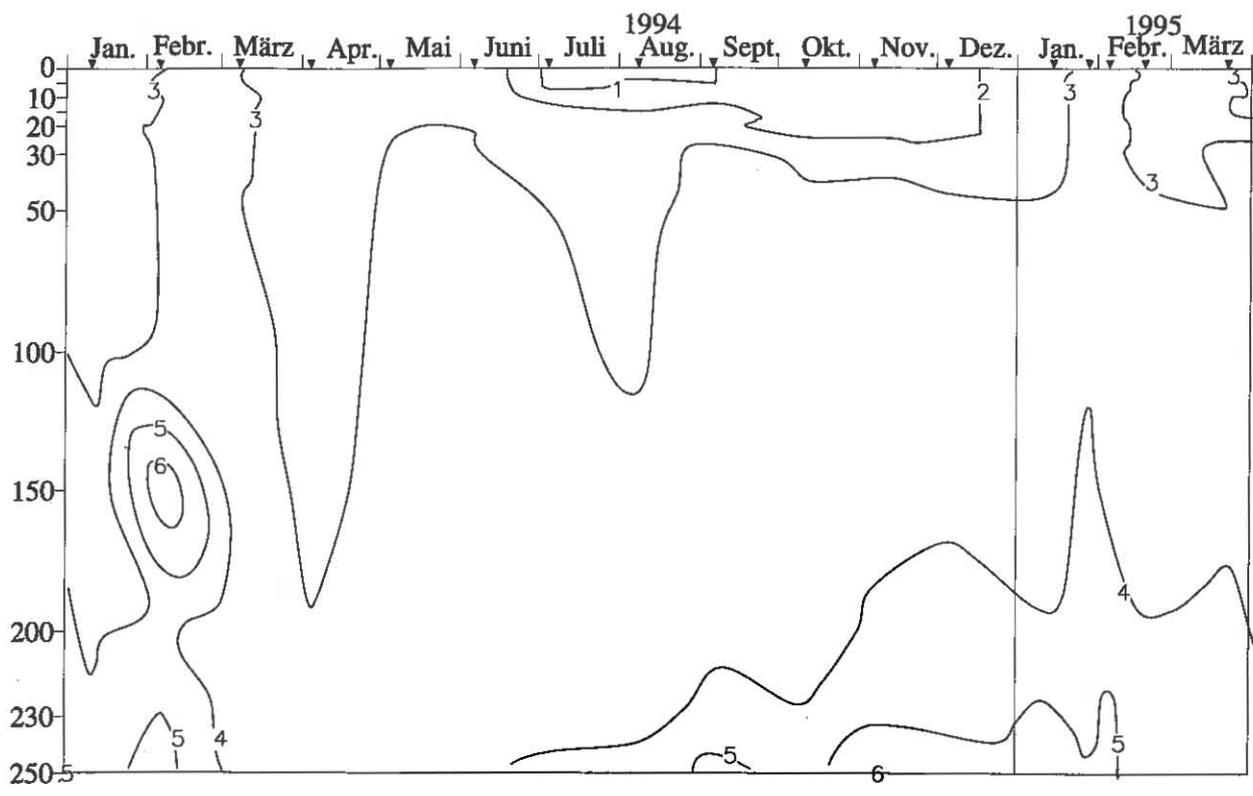
**Abb. 17:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Nitrit – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



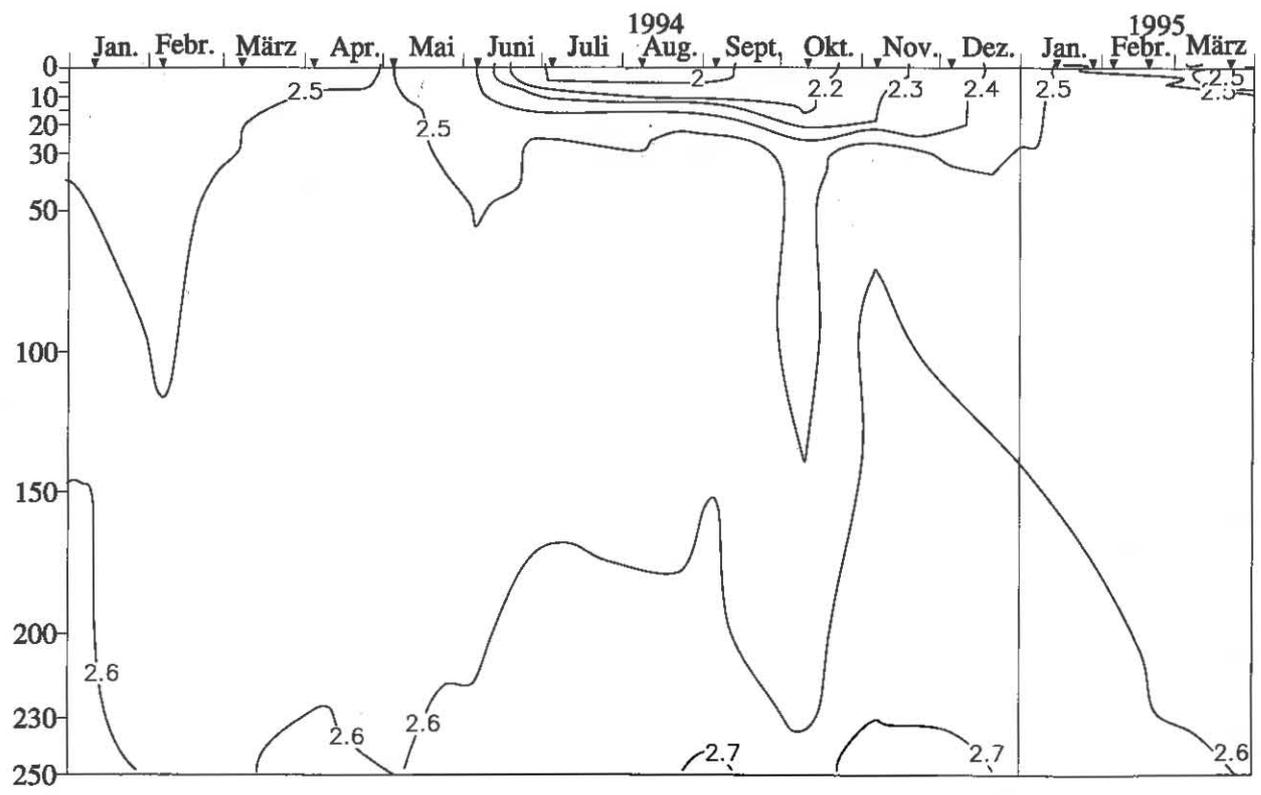
**Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:**  
Ammonium – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



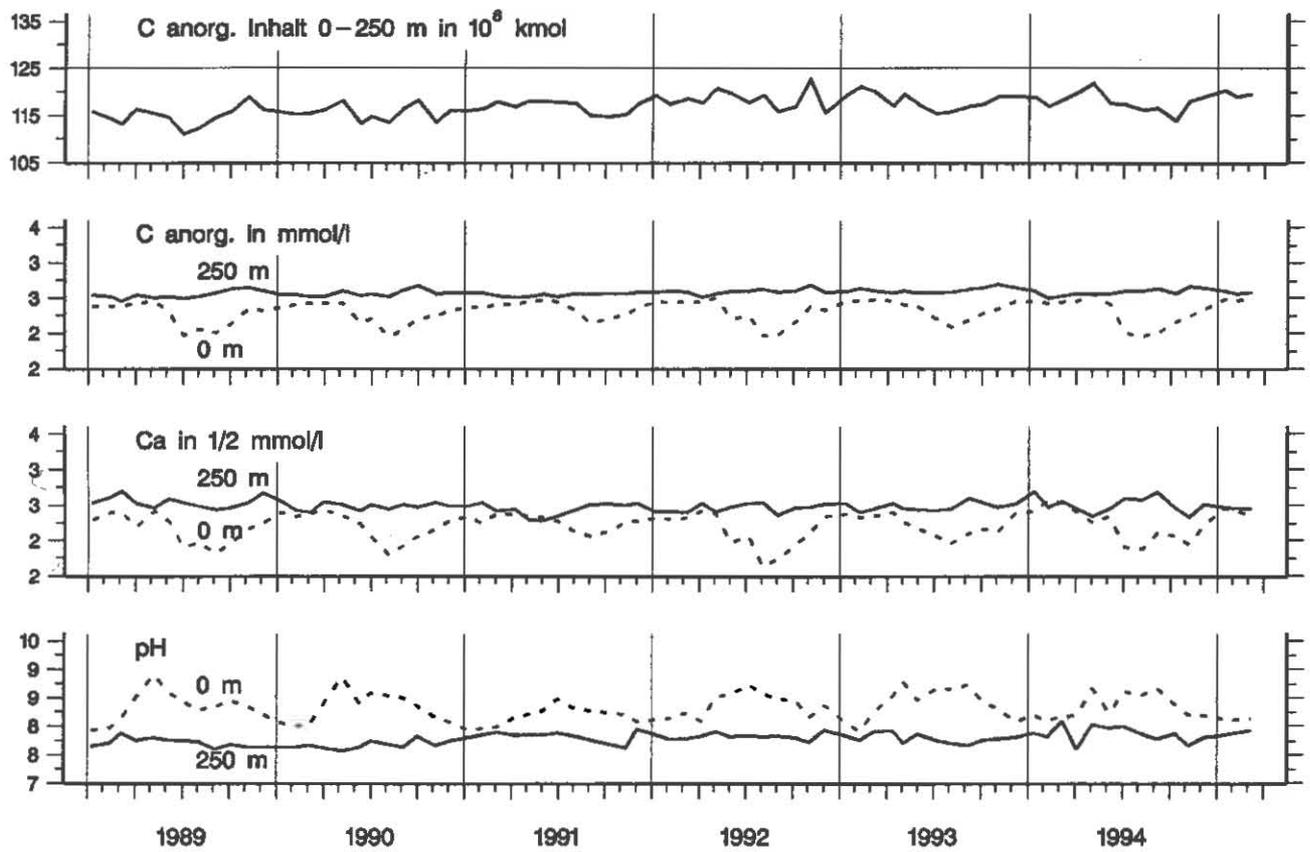
**Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:**  
Partikulärer Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



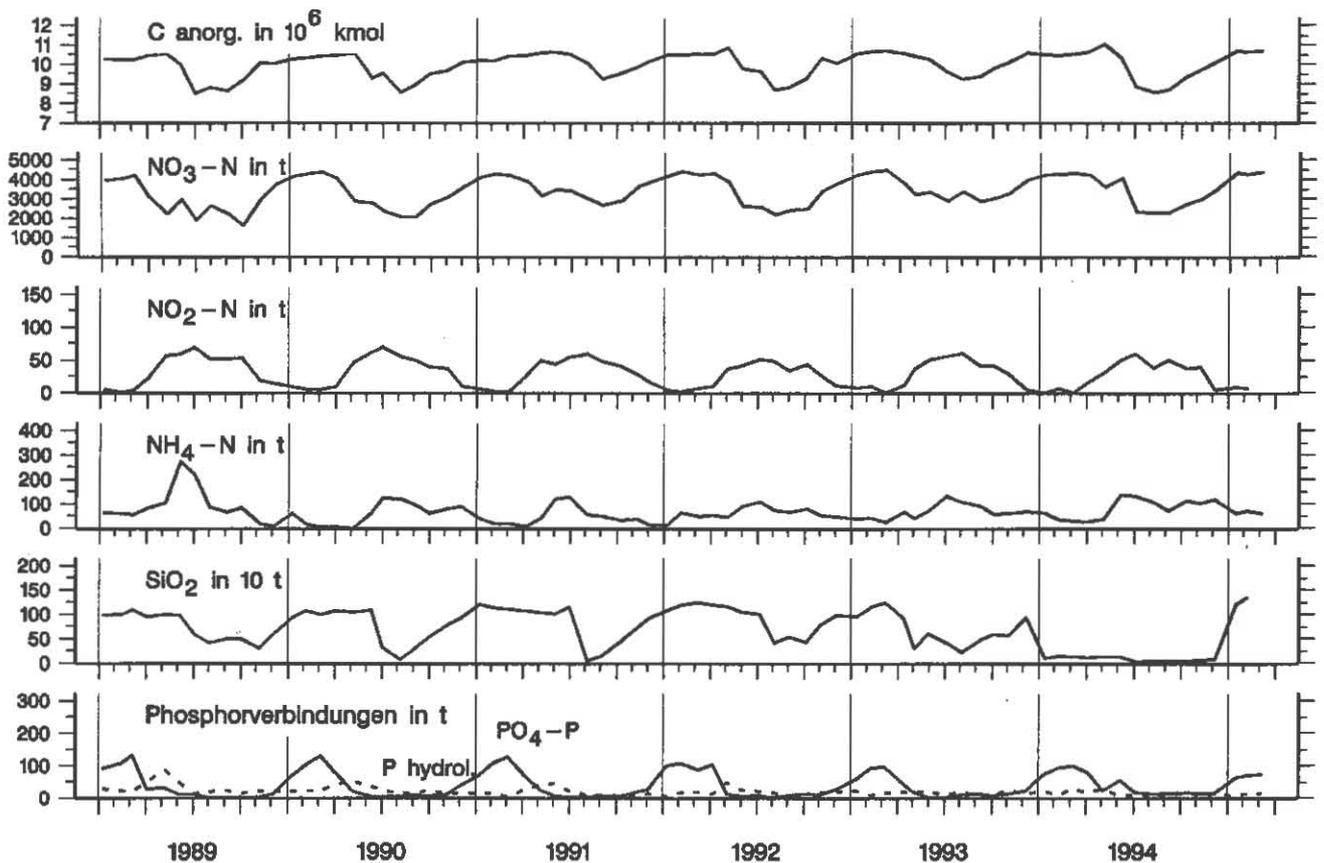
**Abb. 20:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Silikat (mg/l)



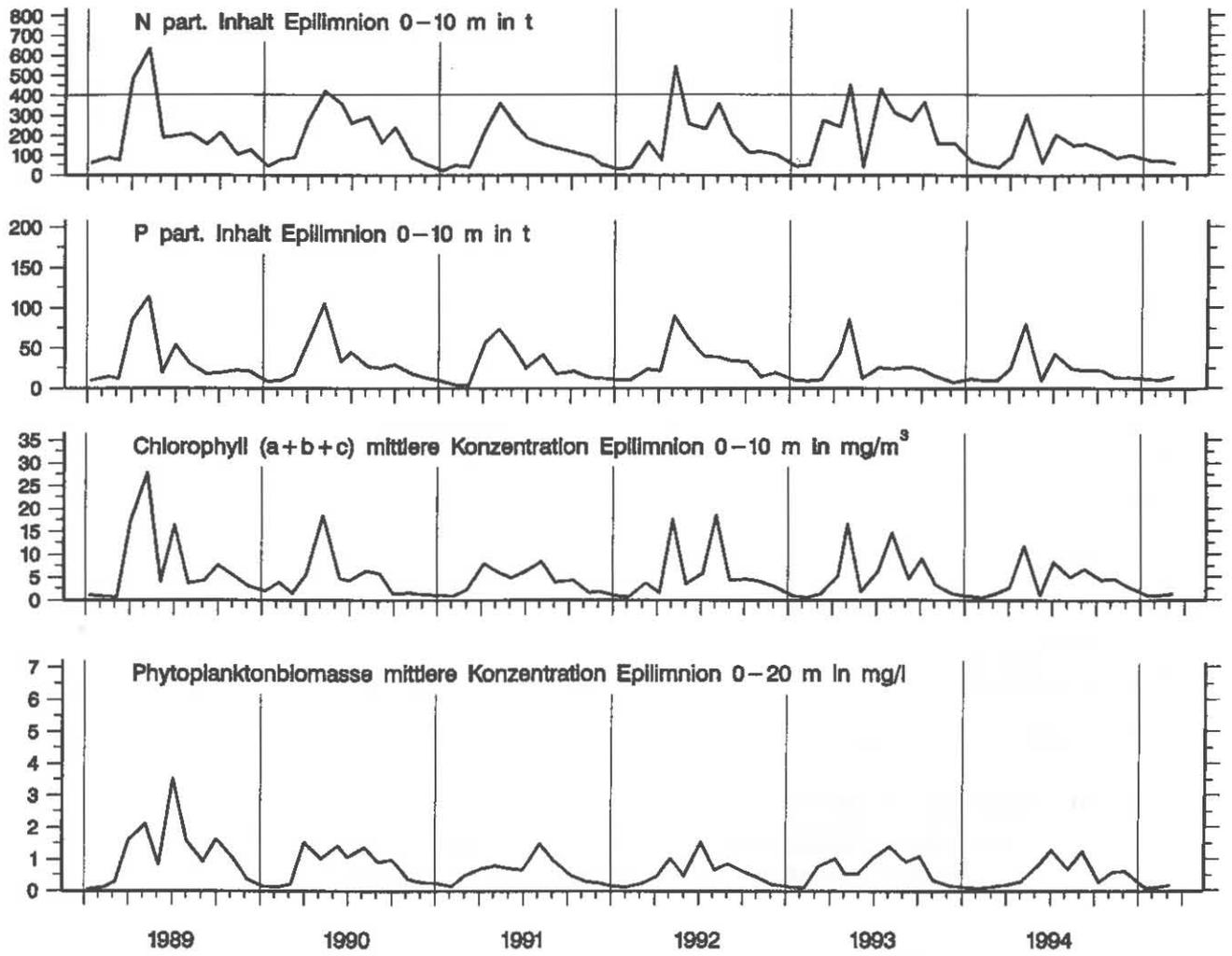
**Abb. 21:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)



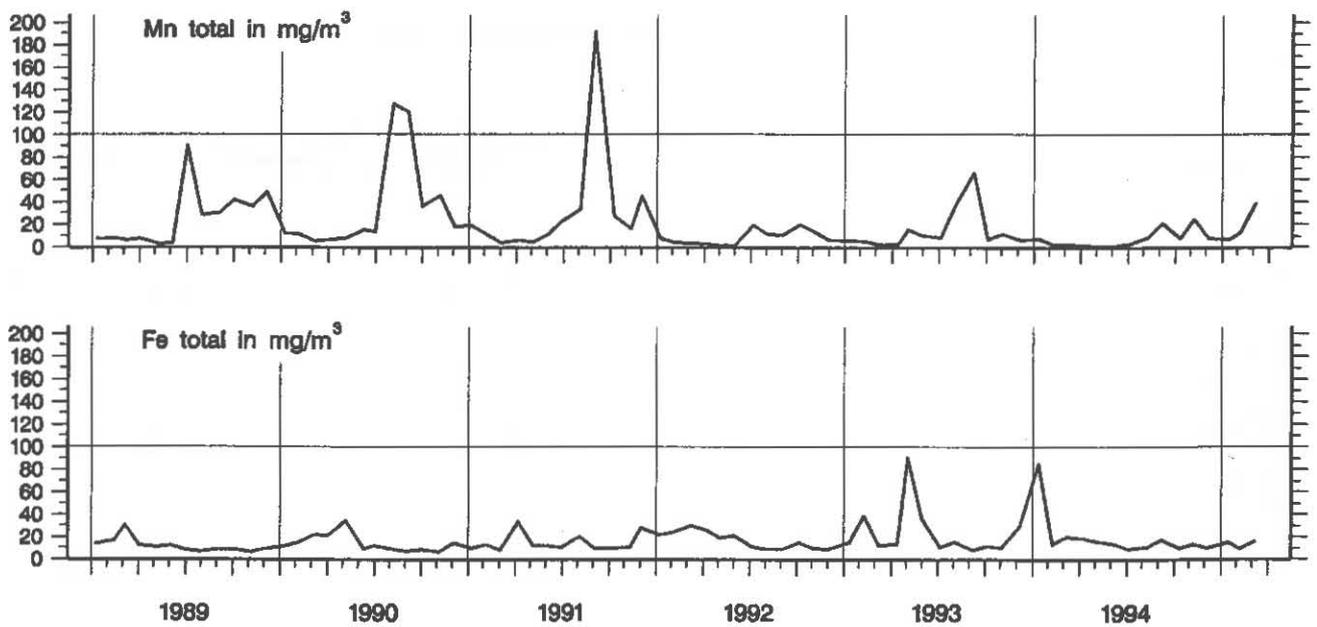
**Abb. 22: Bodensee – Obersee:**  
 Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe  
 Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert



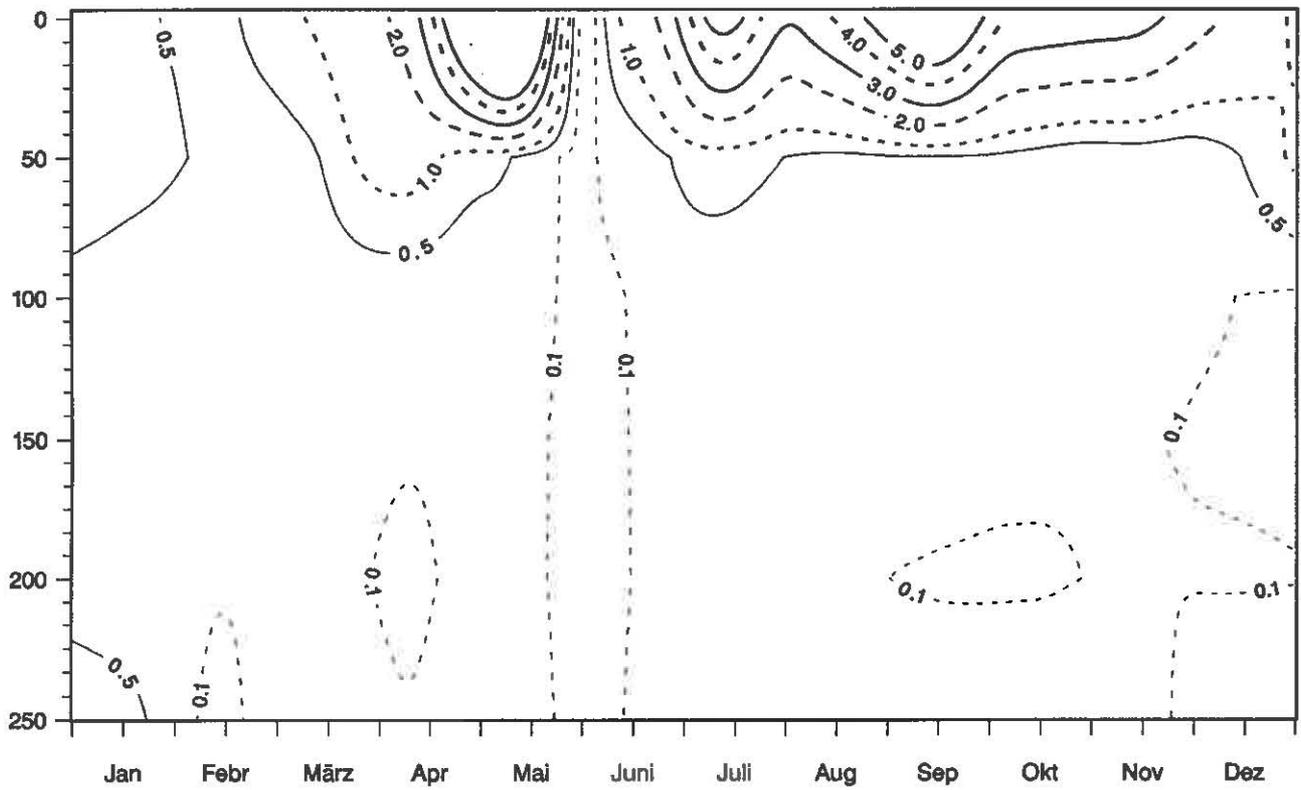
**Abb. 23: Bodensee – Obersee:**  
 Nährstoffinhalt (Phosphor, Stickstoff, Silikat,  
 anorg. Kohlenstoff) im Epilimnion 0–10 m Tiefe



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



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



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

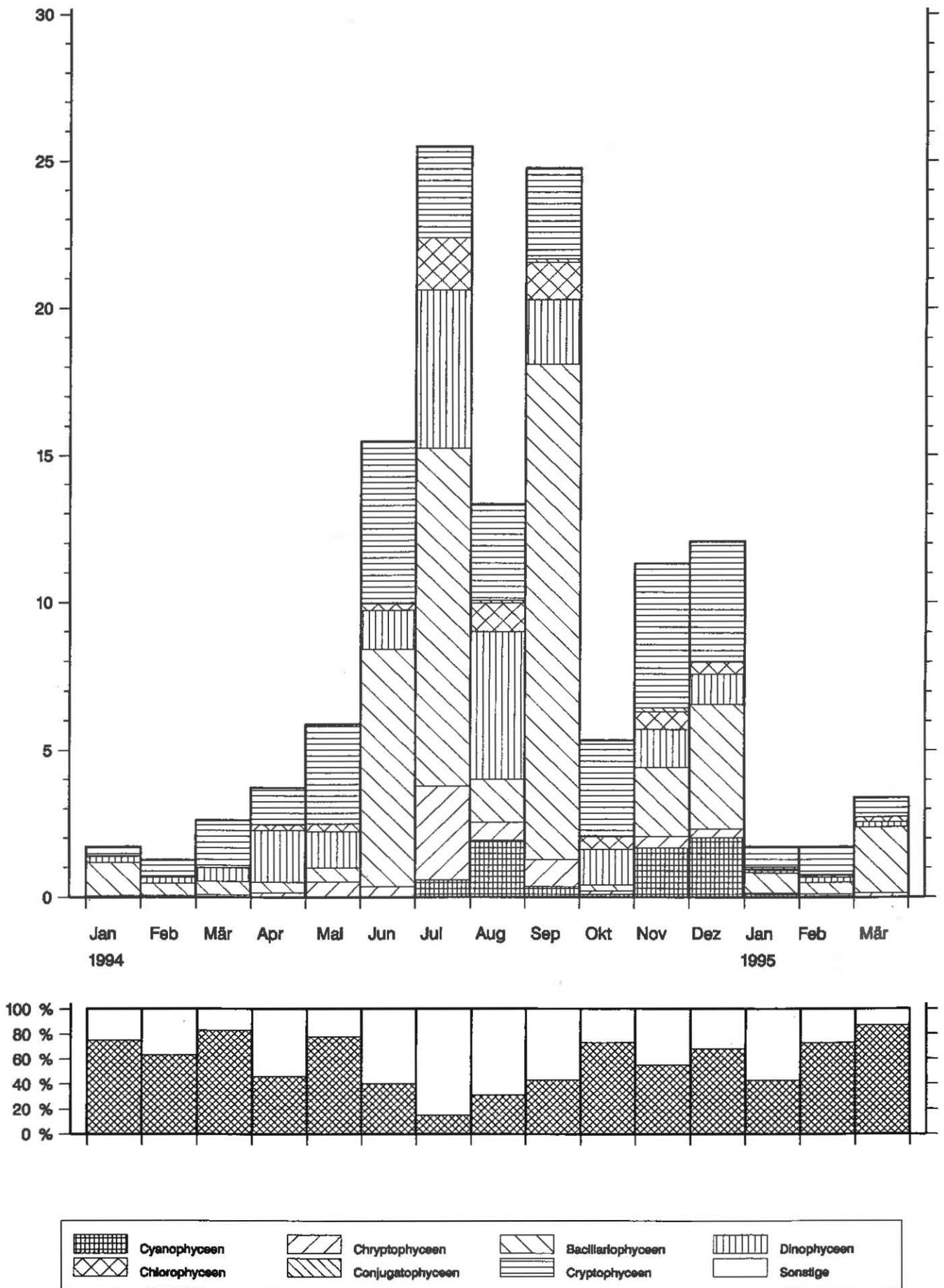
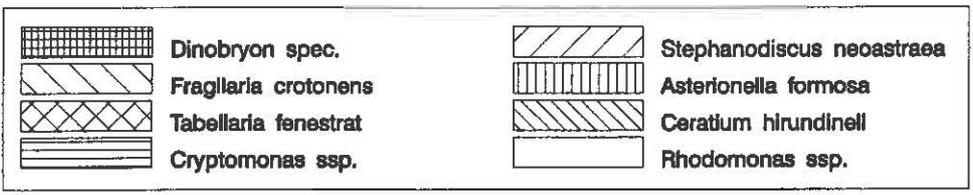
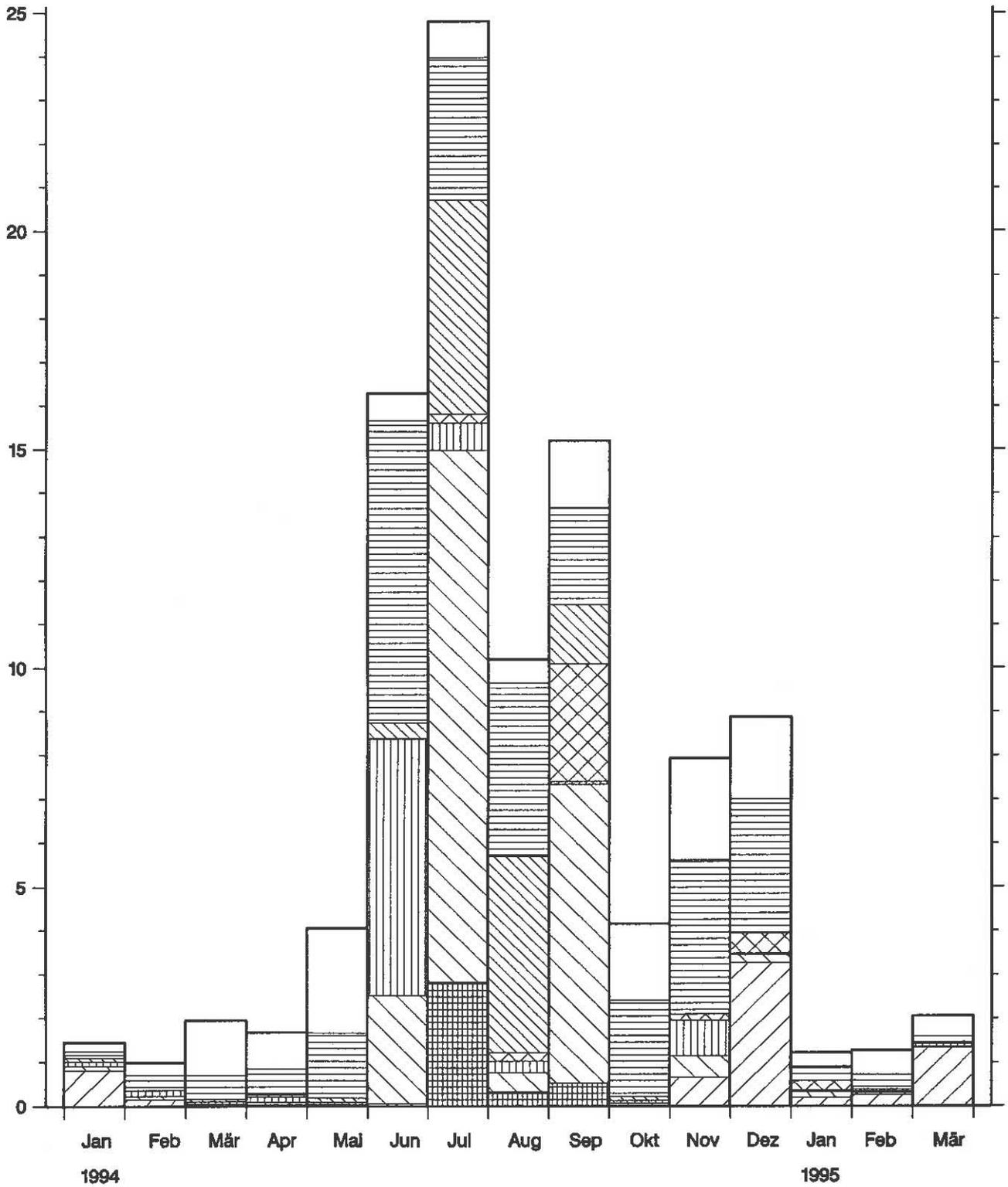
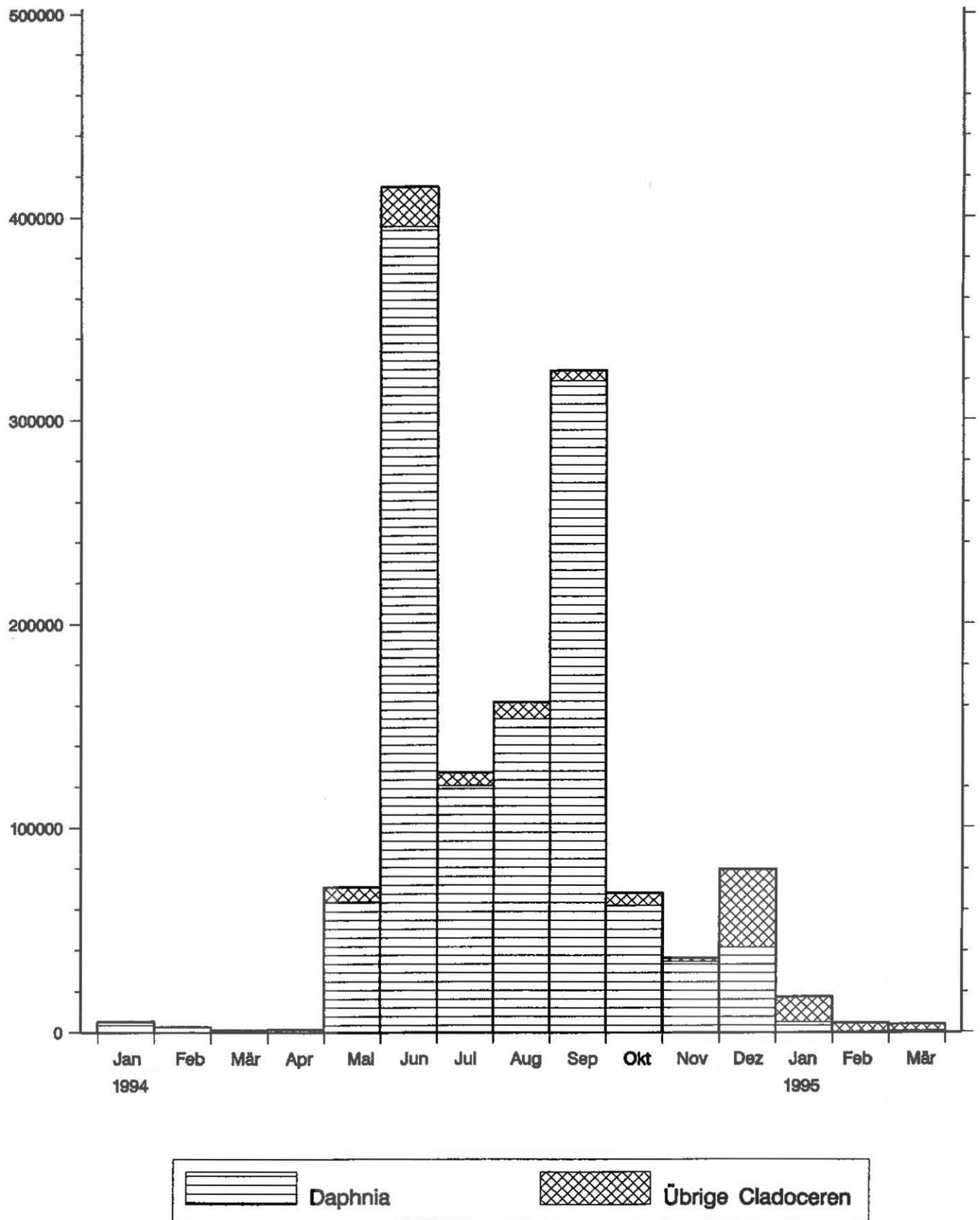


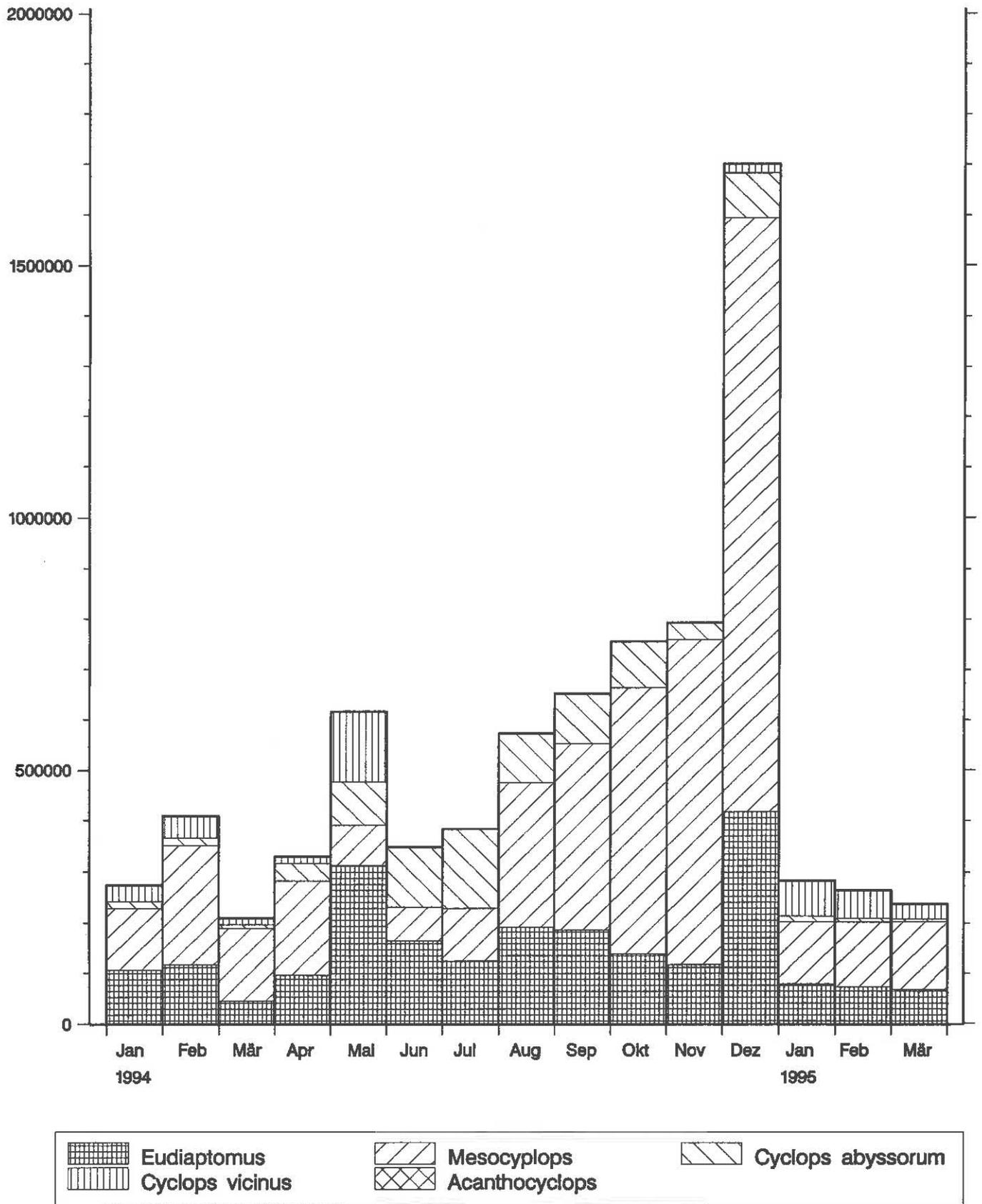
Abb. 27: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
 Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomasse in g/m<sup>2</sup> (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1994/95



**Abb. 28:** Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:  
 Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomasse der Hauptarten in g/m<sup>2</sup> (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1994/95



**Abb. 29:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
 Entwicklung der Cladoceren  
 Tiere/m<sup>2</sup>, Monatsmittel 1994/95



**Abb. 30:** Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
 Entwicklung der Copepoden, adulte Tiere und Copepodite,  
 Tiere/m<sup>2</sup>, Monatsmittel 1994/95

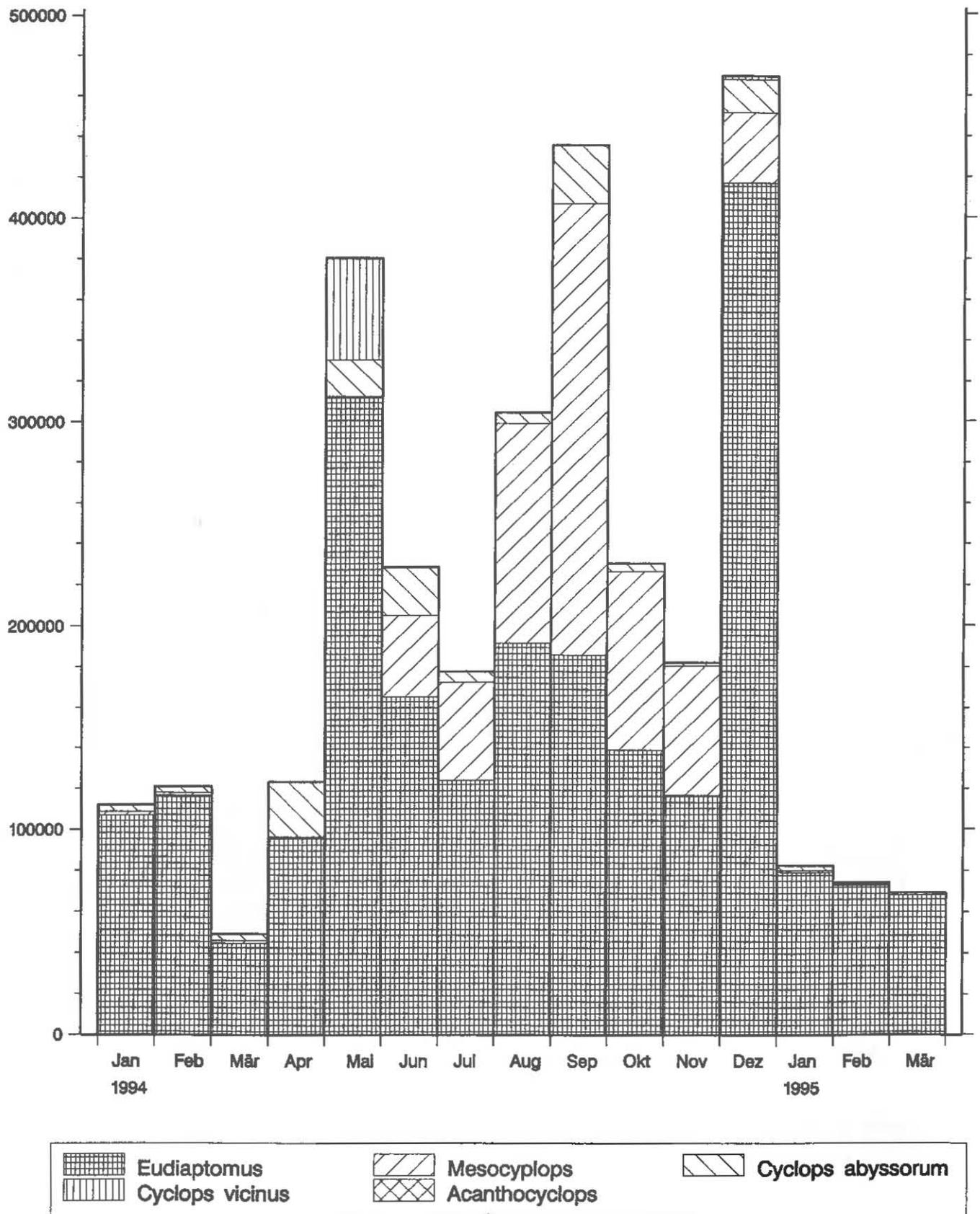
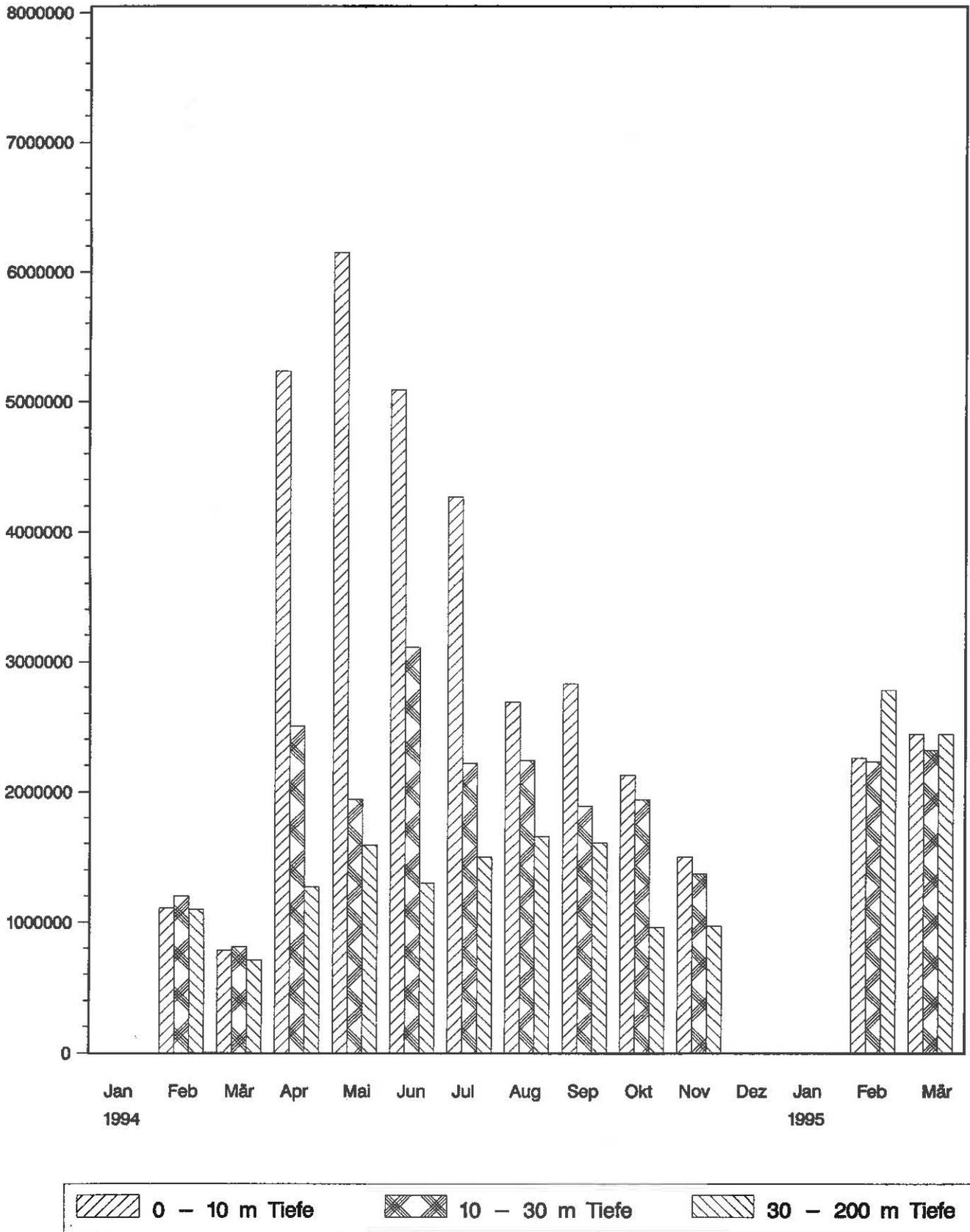
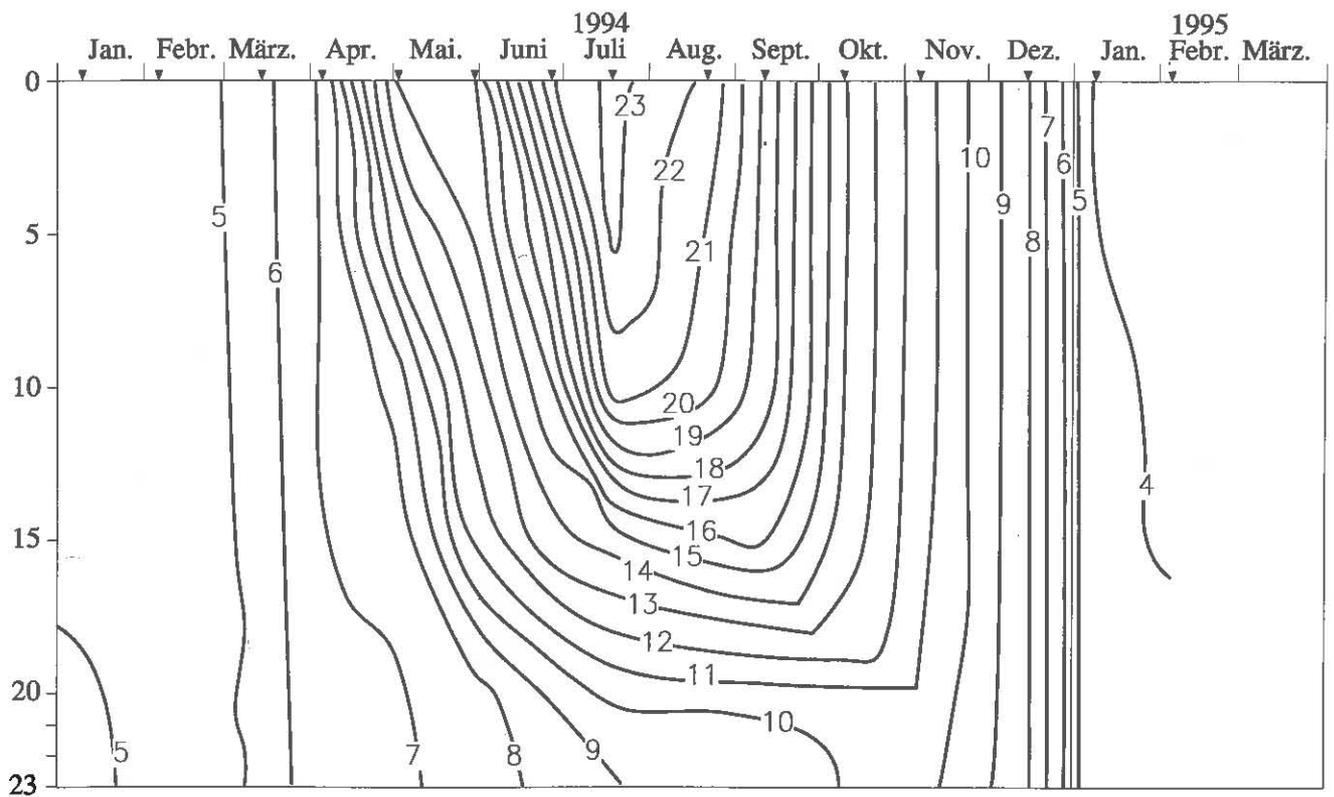


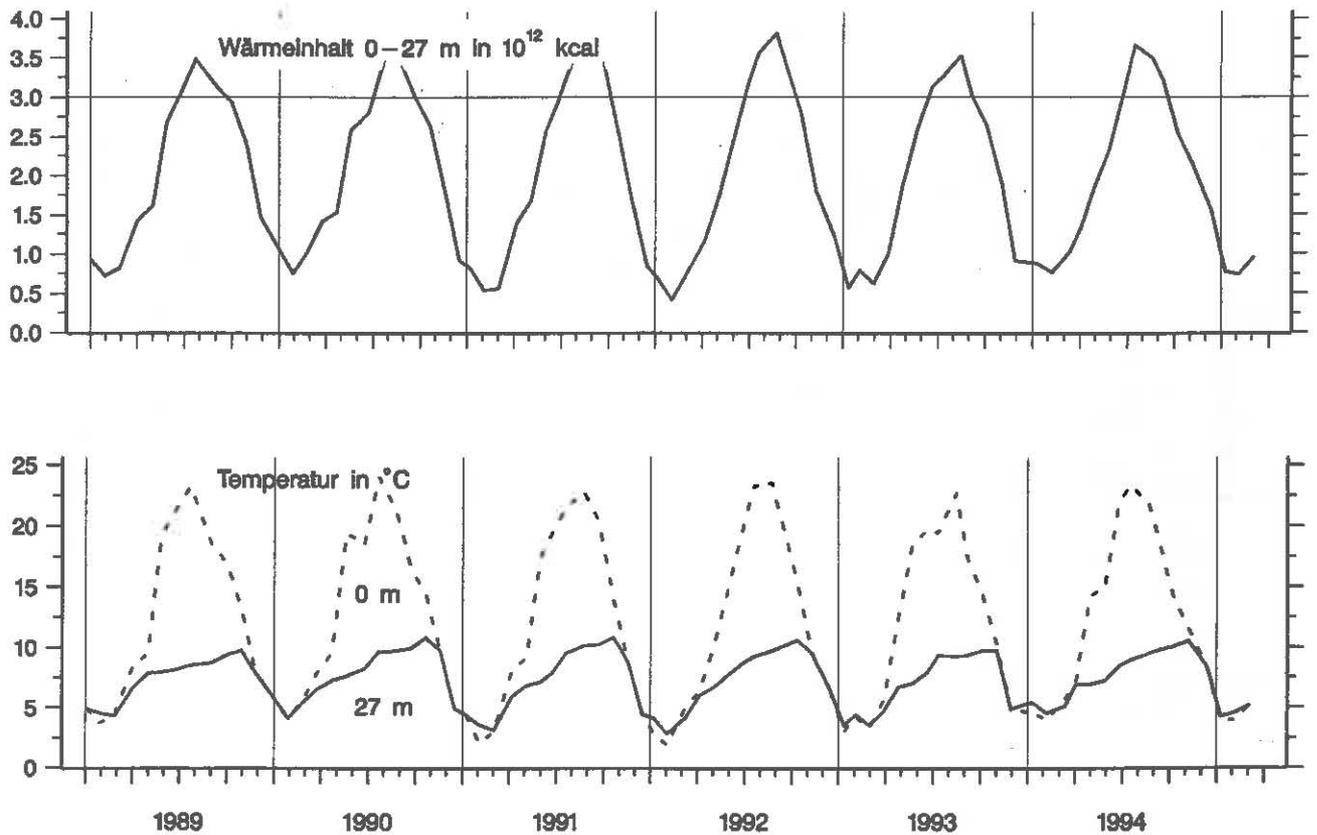
Abb. 31: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:  
 Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen,  
 Tiere/m<sup>2</sup>, Monatsmittel 1994/95



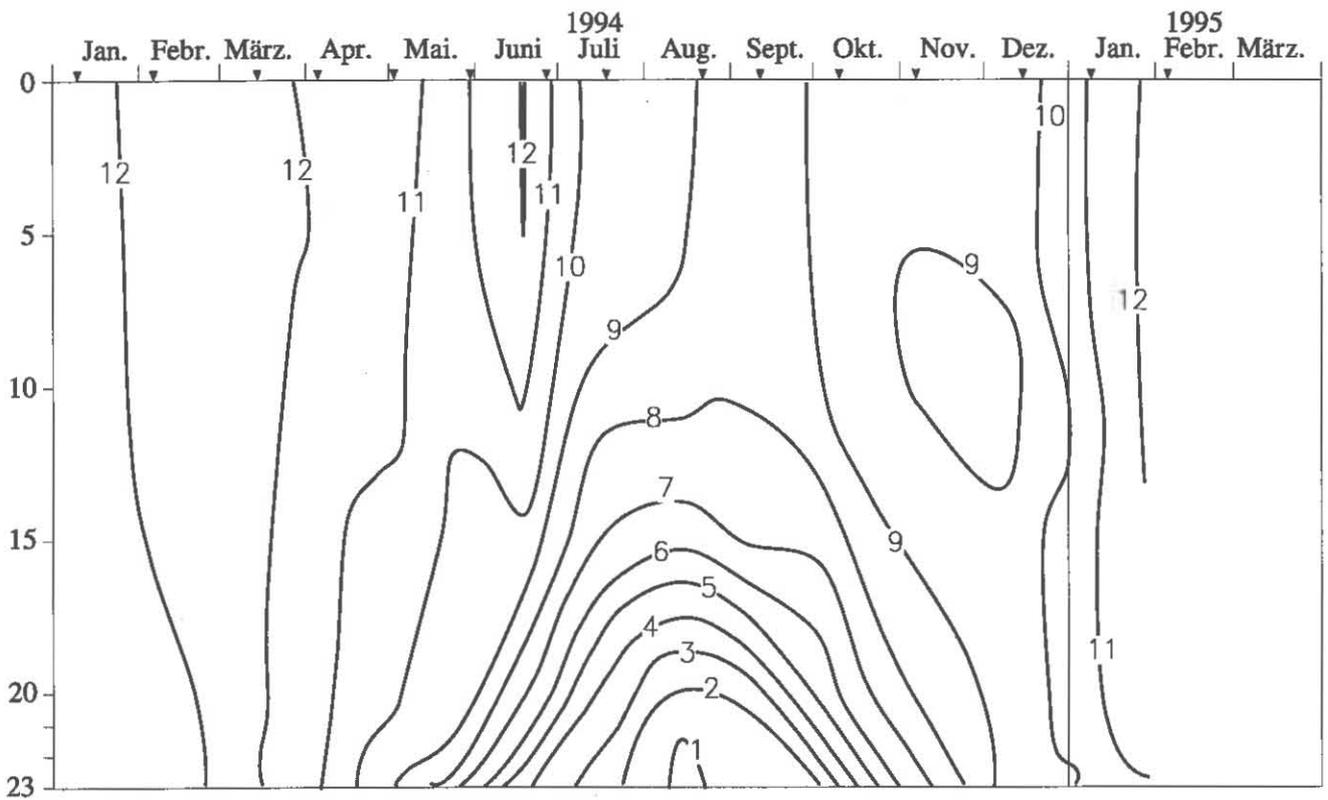
**Abb. 32:** Bodensee – Obersee, Langenargen – Arbon:  
 Entwicklung des Bakterienplanktons,  
 Gesamtkeimzahlen (Millionen Zellen/ml), Monatsmittel 1994/95



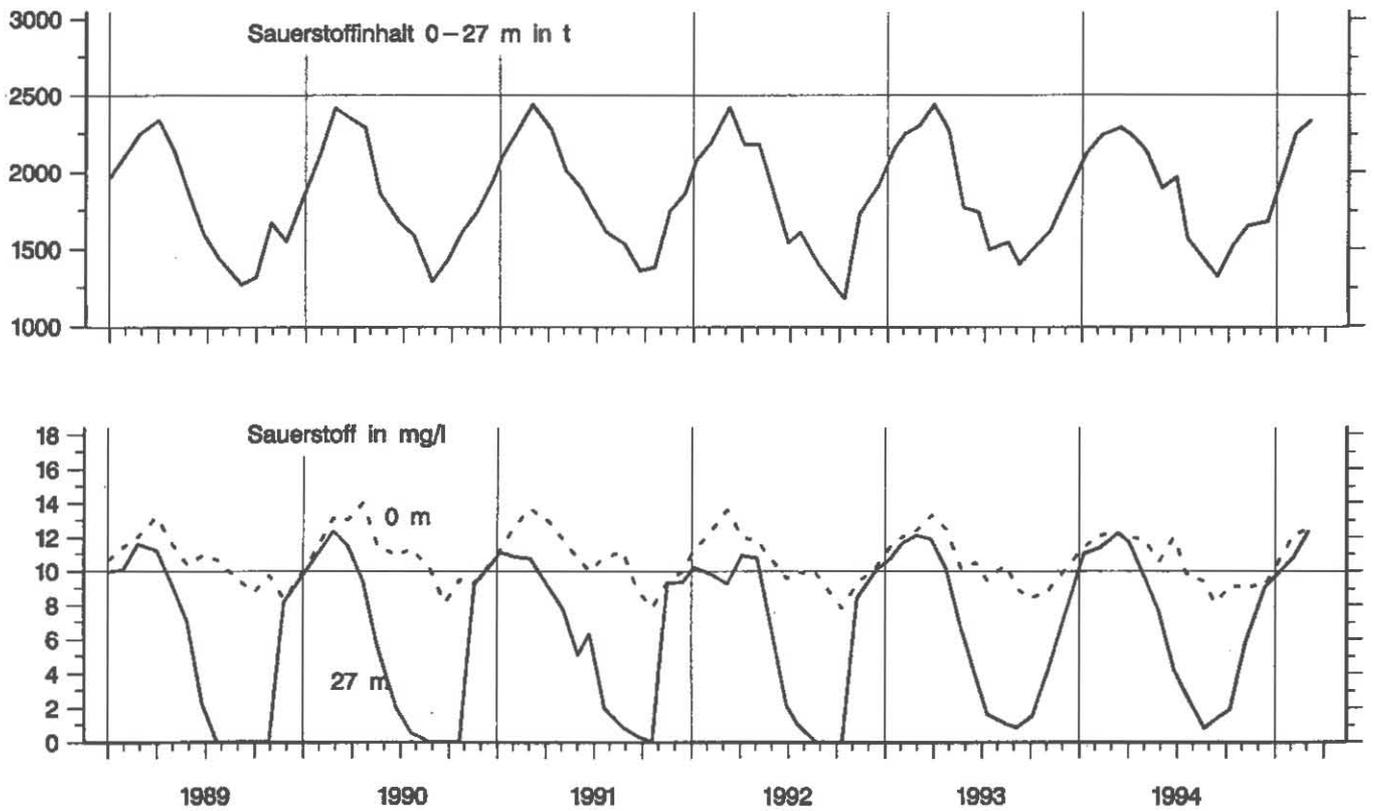
**Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Temperatur °C



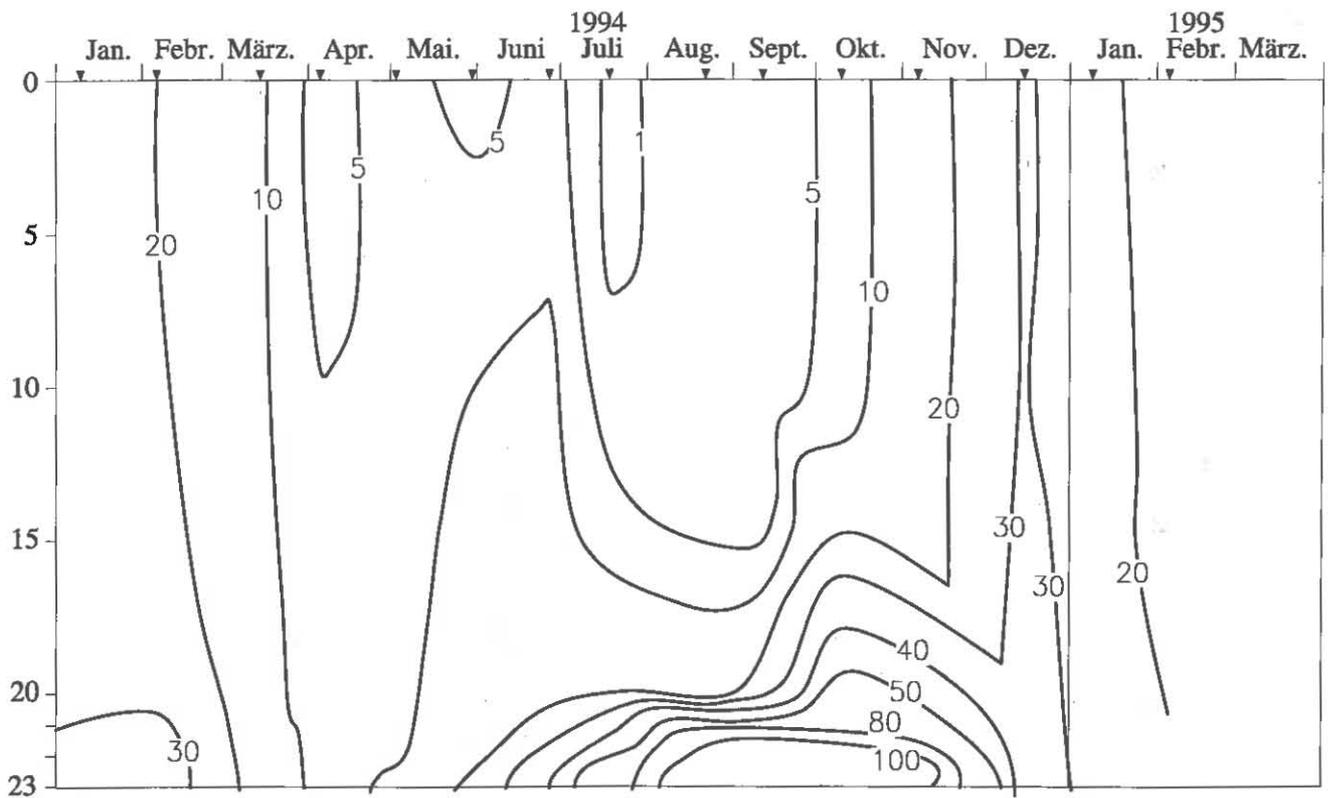
**Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Thermik



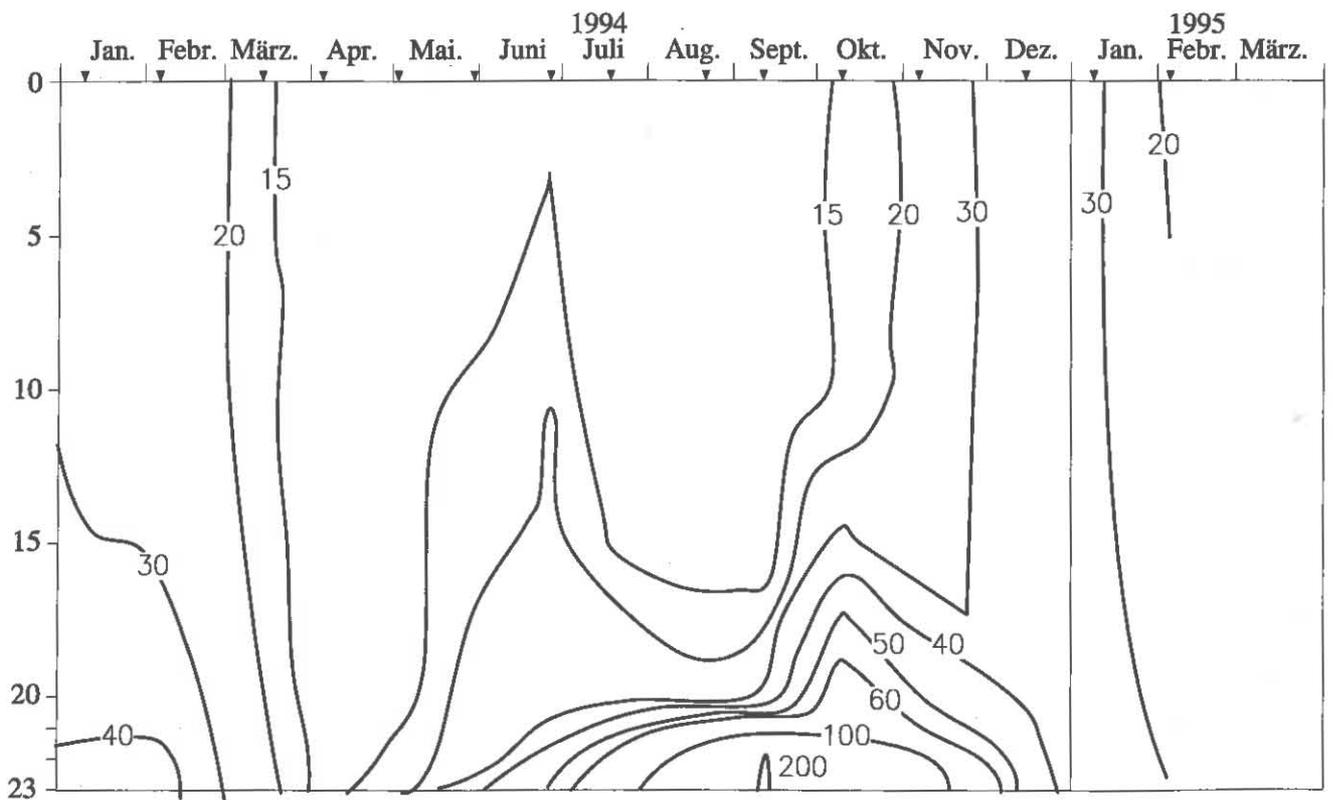
**Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Sauerstoff (mg/l)



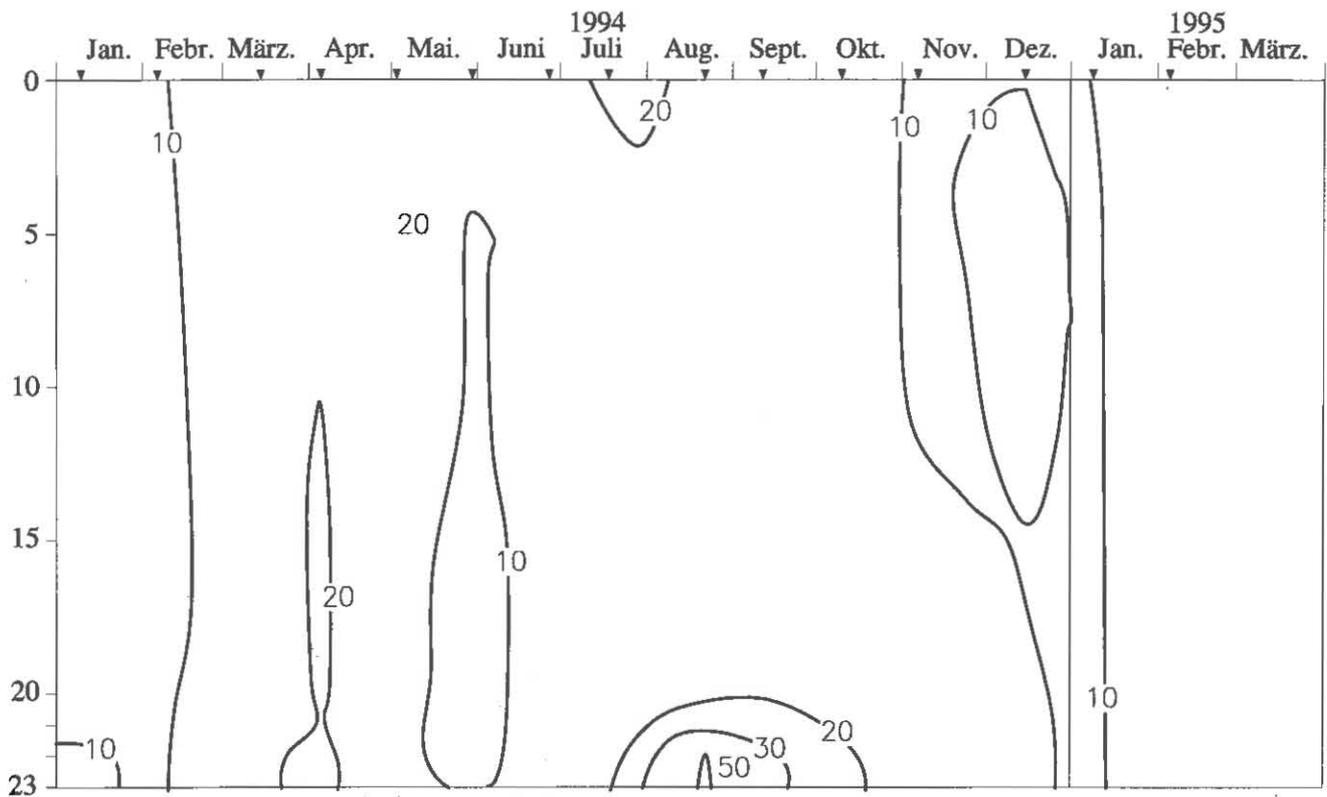
**Abb. 36: Bodensee – Untersee, Zellersee**  
Sauerstoffinhalt 0–27 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 27 m Tiefe



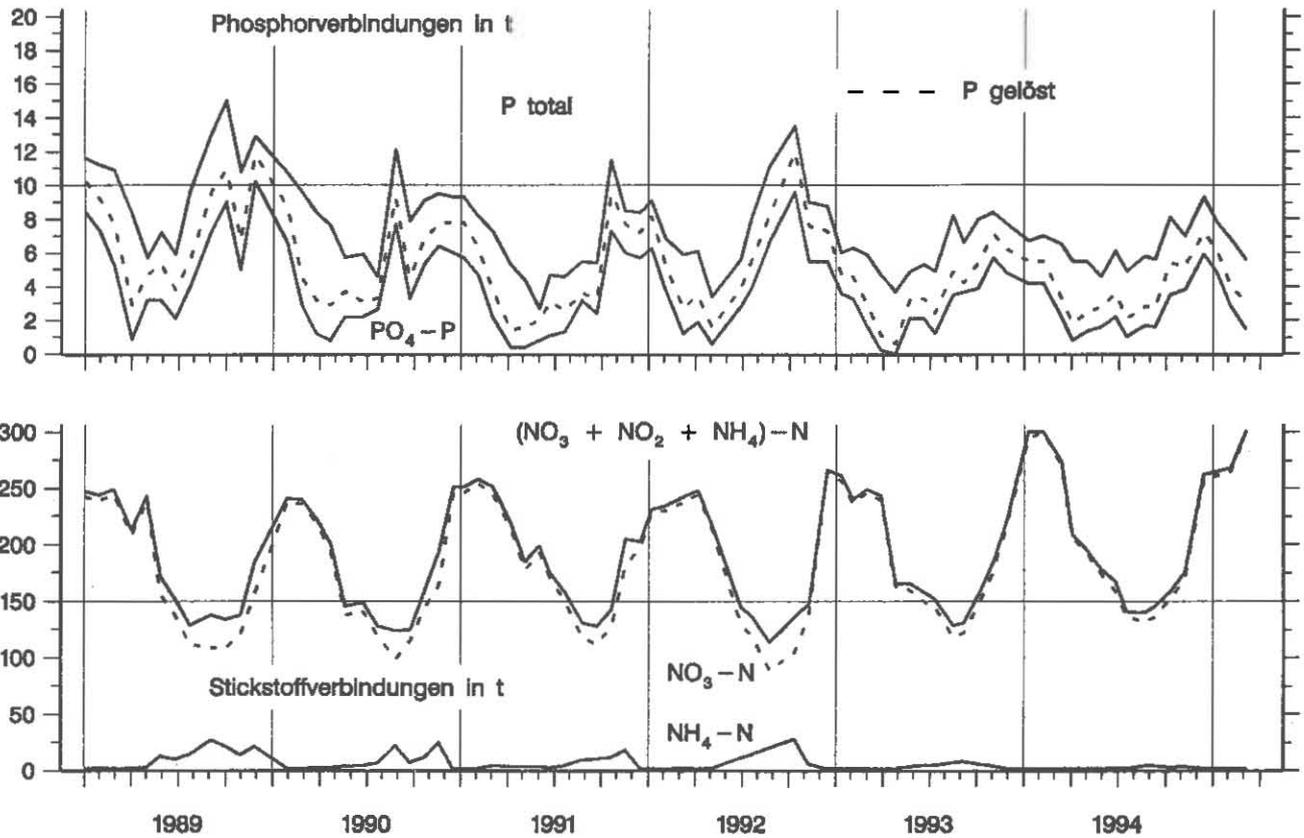
**Abb. 37: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Orthophosphat – Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)



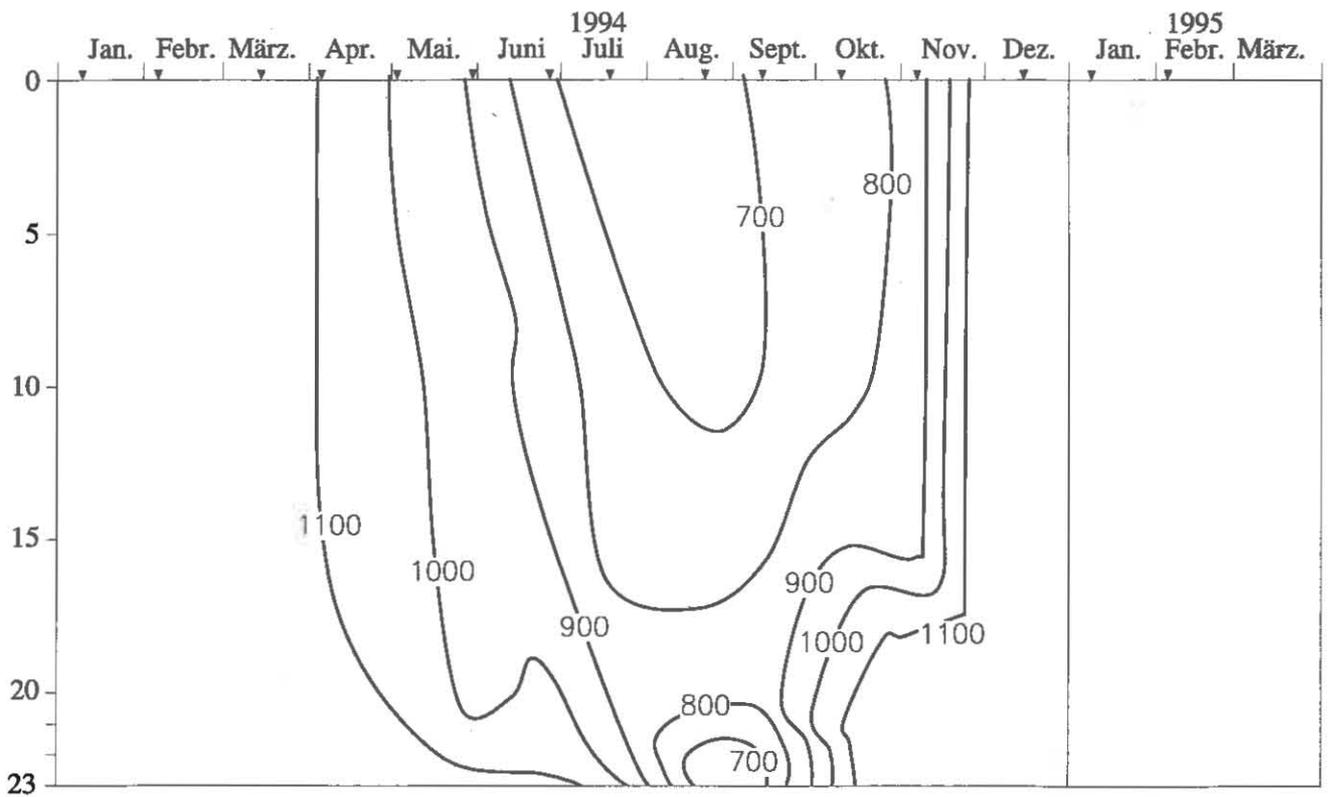
**Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m<sup>3</sup>)



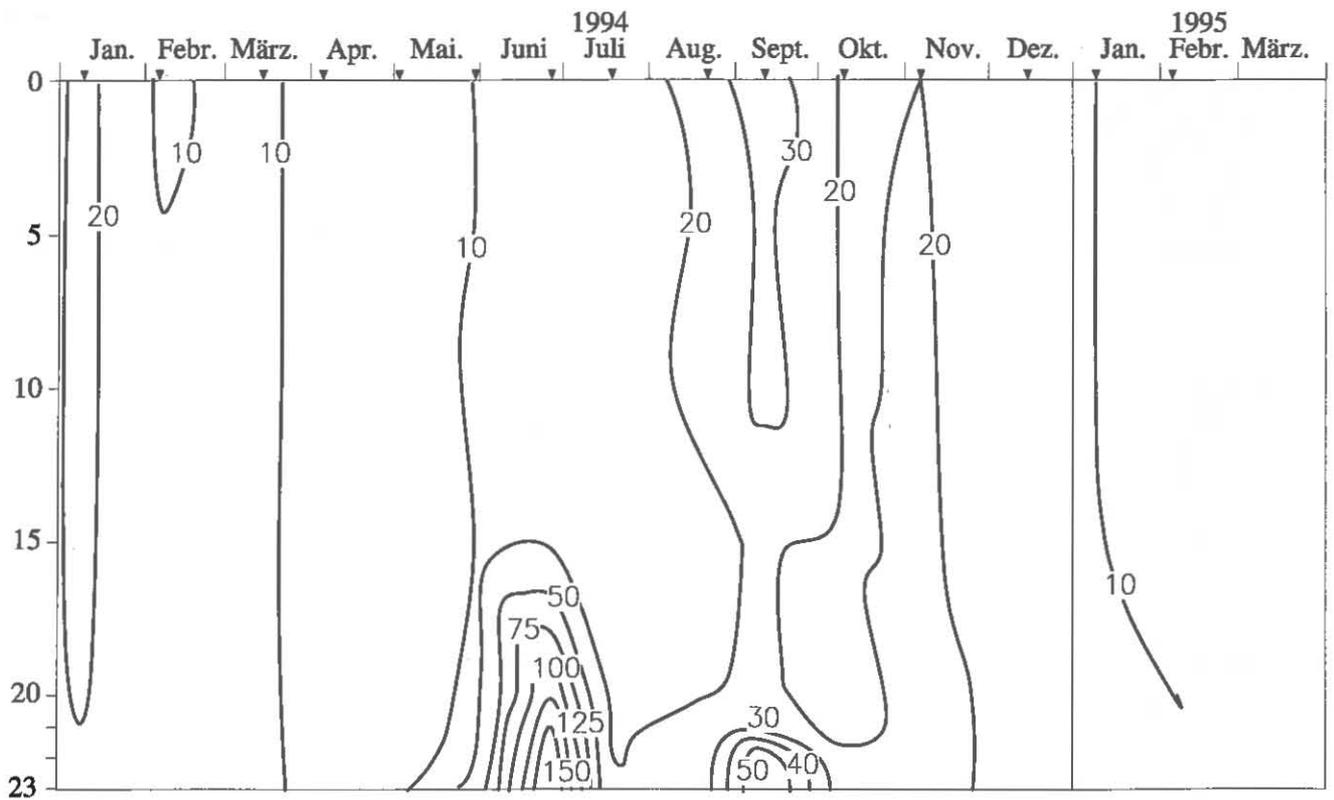
**Abb. 39:** Bodensee – Untersee, Zellersee:  
partikulärer Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



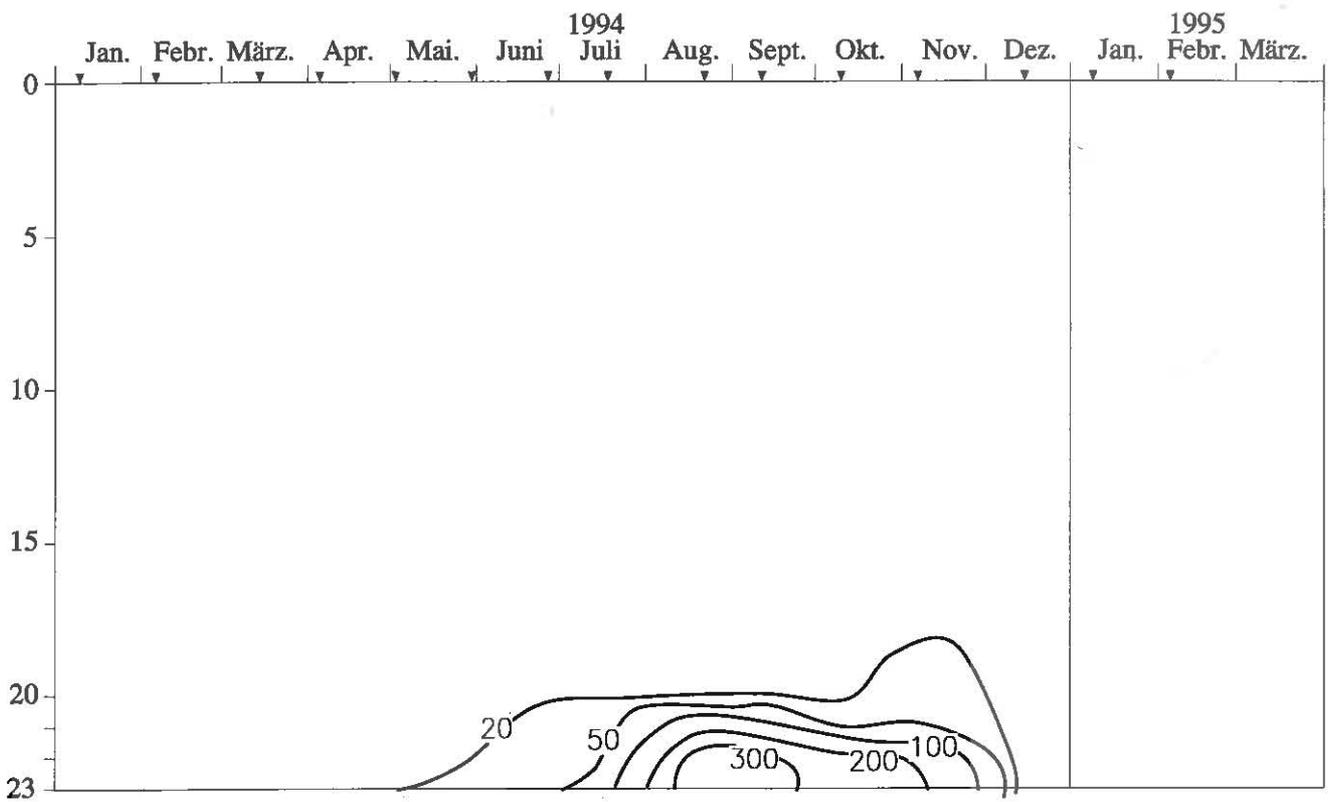
**Abb. 40:** Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nährstoffinhalt 0–27 m Tiefe



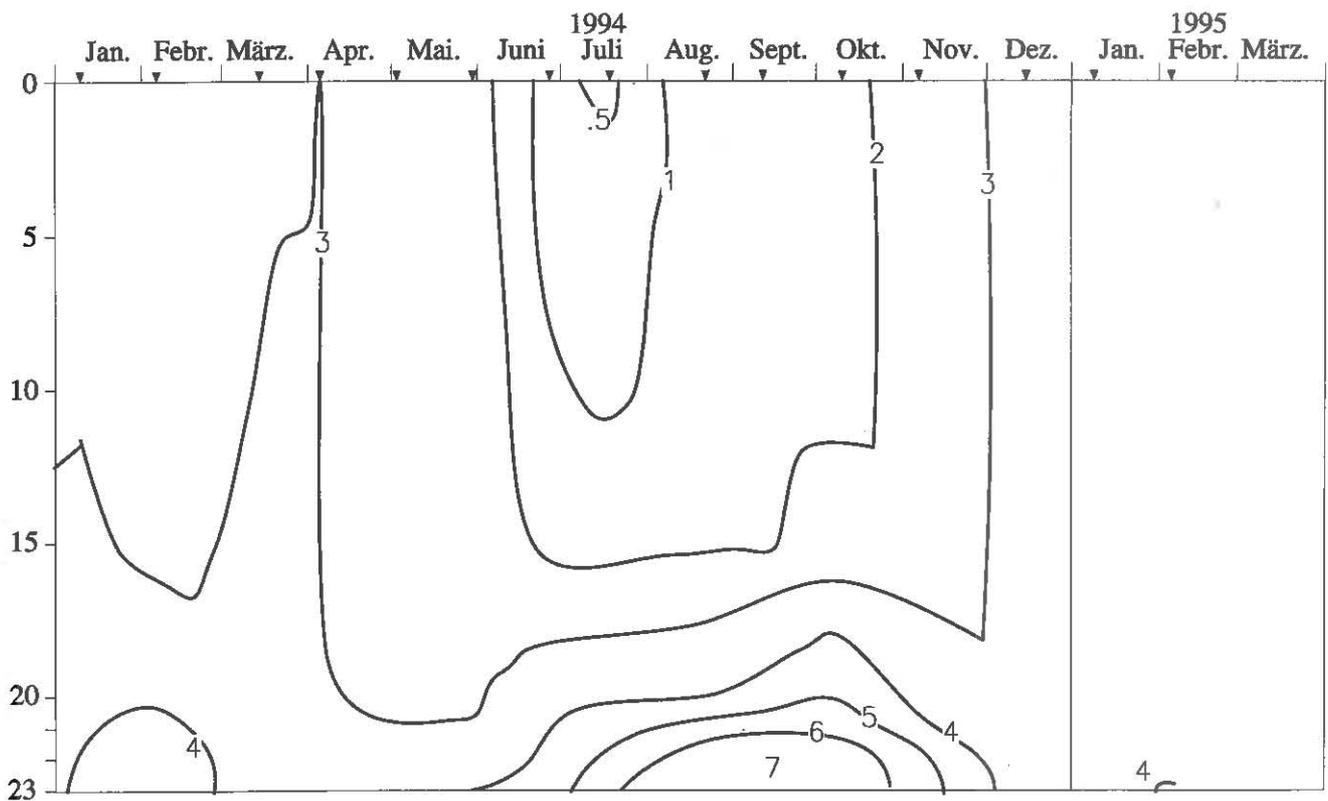
**Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
 Nitrat – Stickstoff ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



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



**Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
Ammonium – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)



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

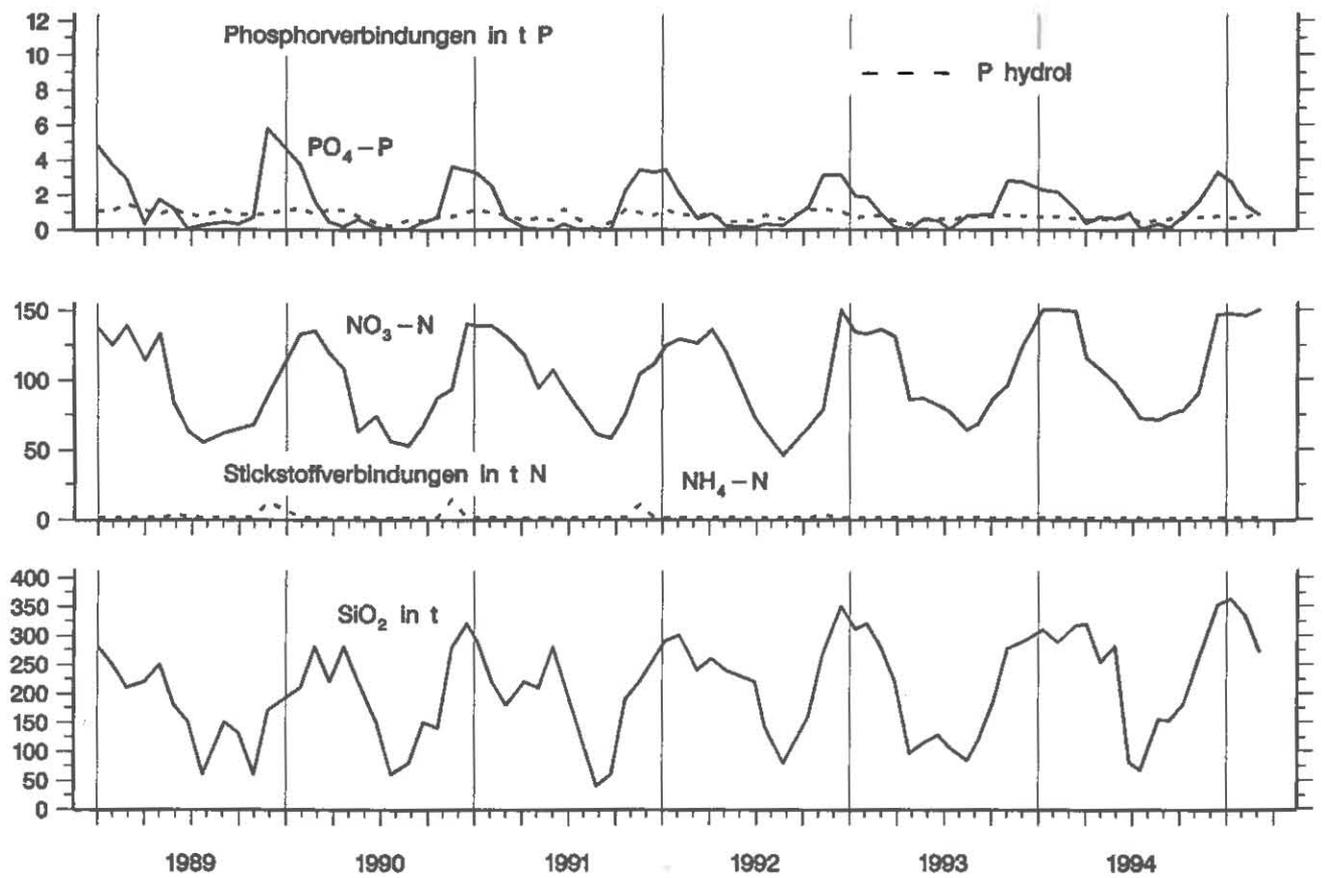


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

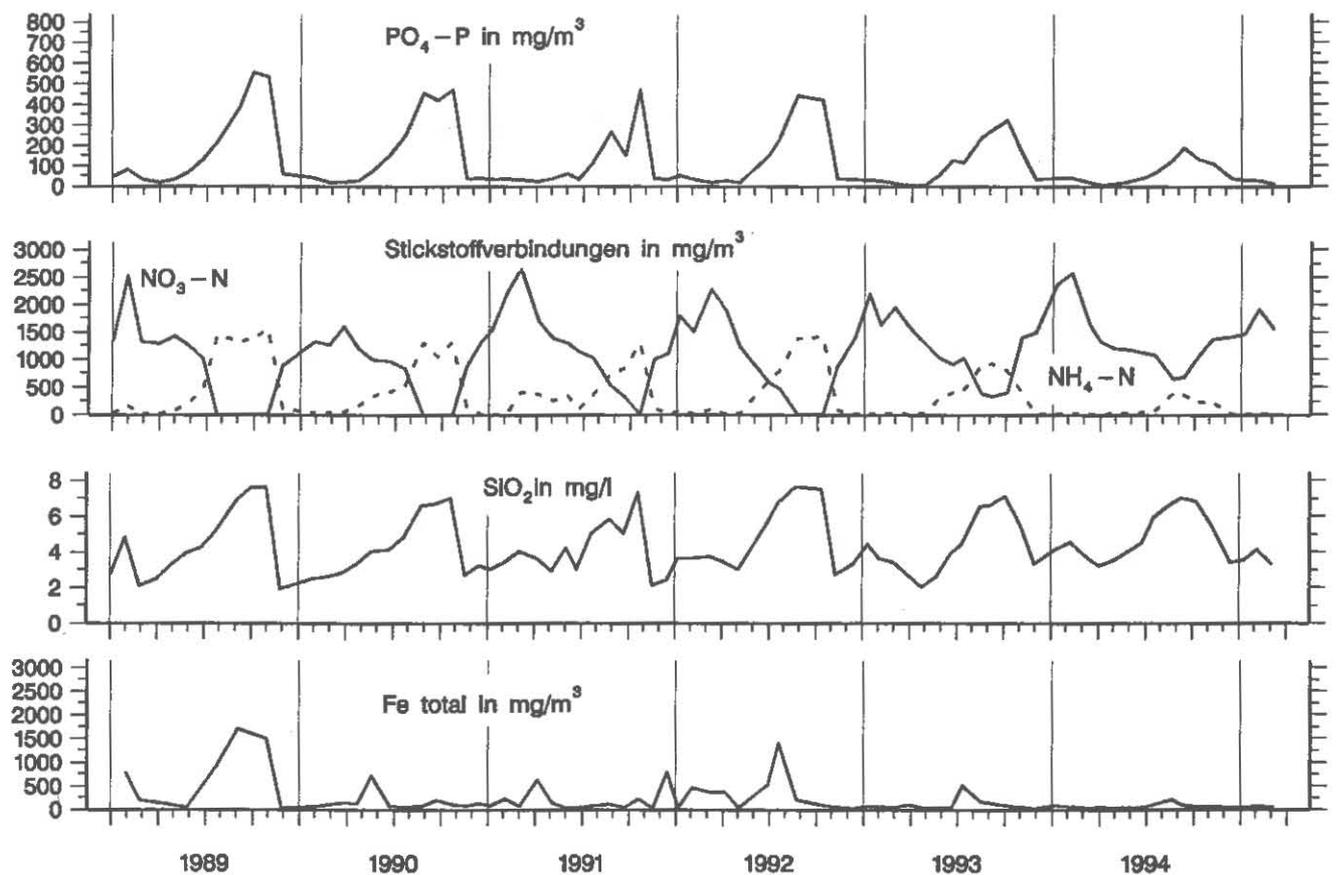


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Nährstoffkonzentration in 24 m Tiefe

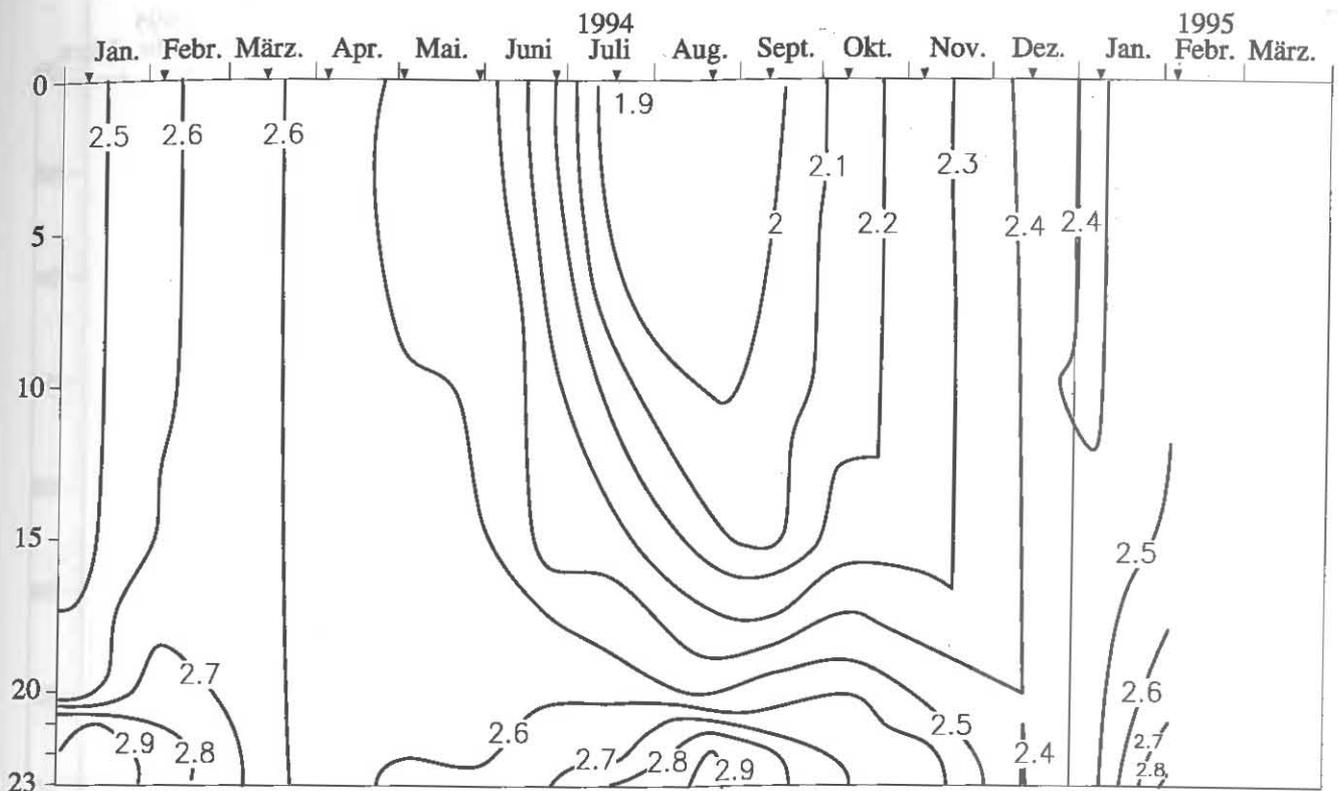


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

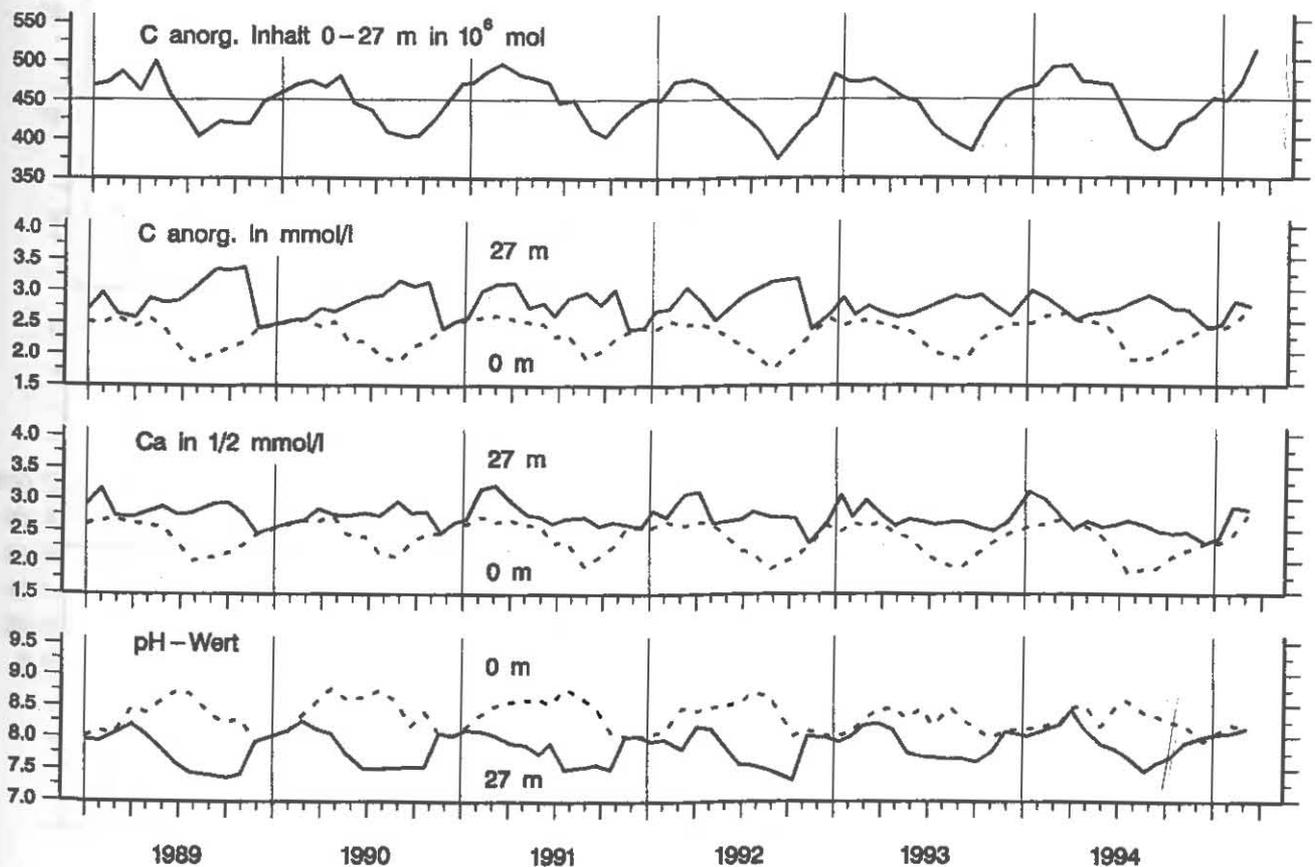
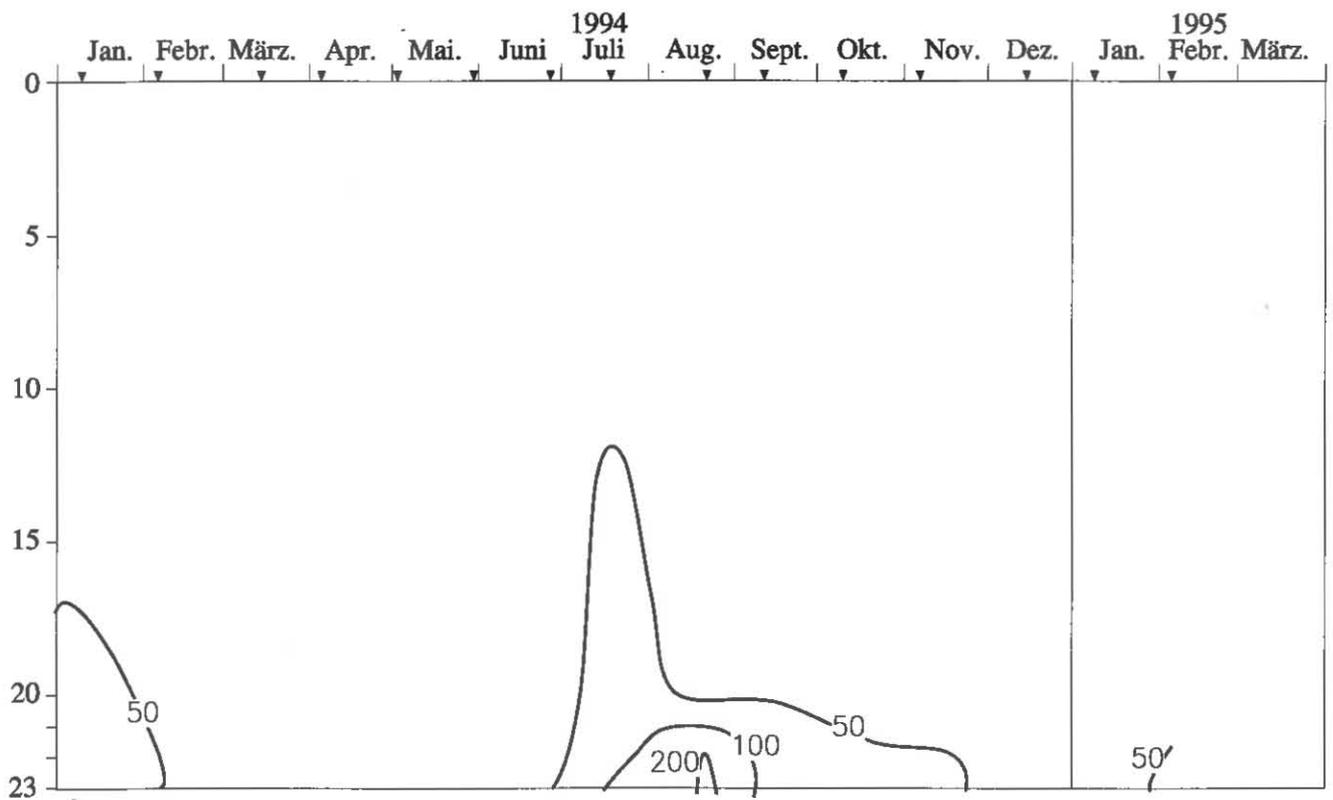
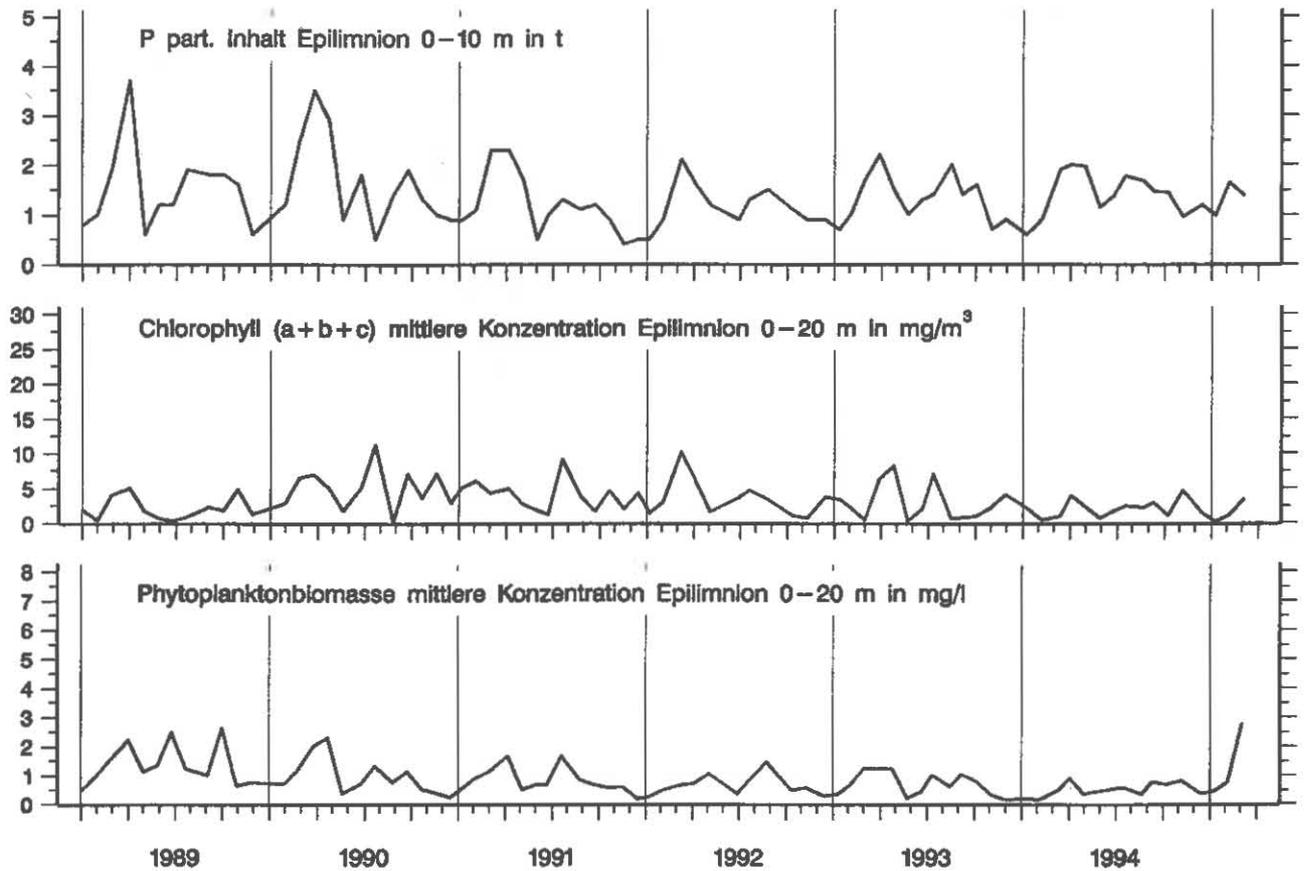


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0-27 m Tiefe  
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert



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



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

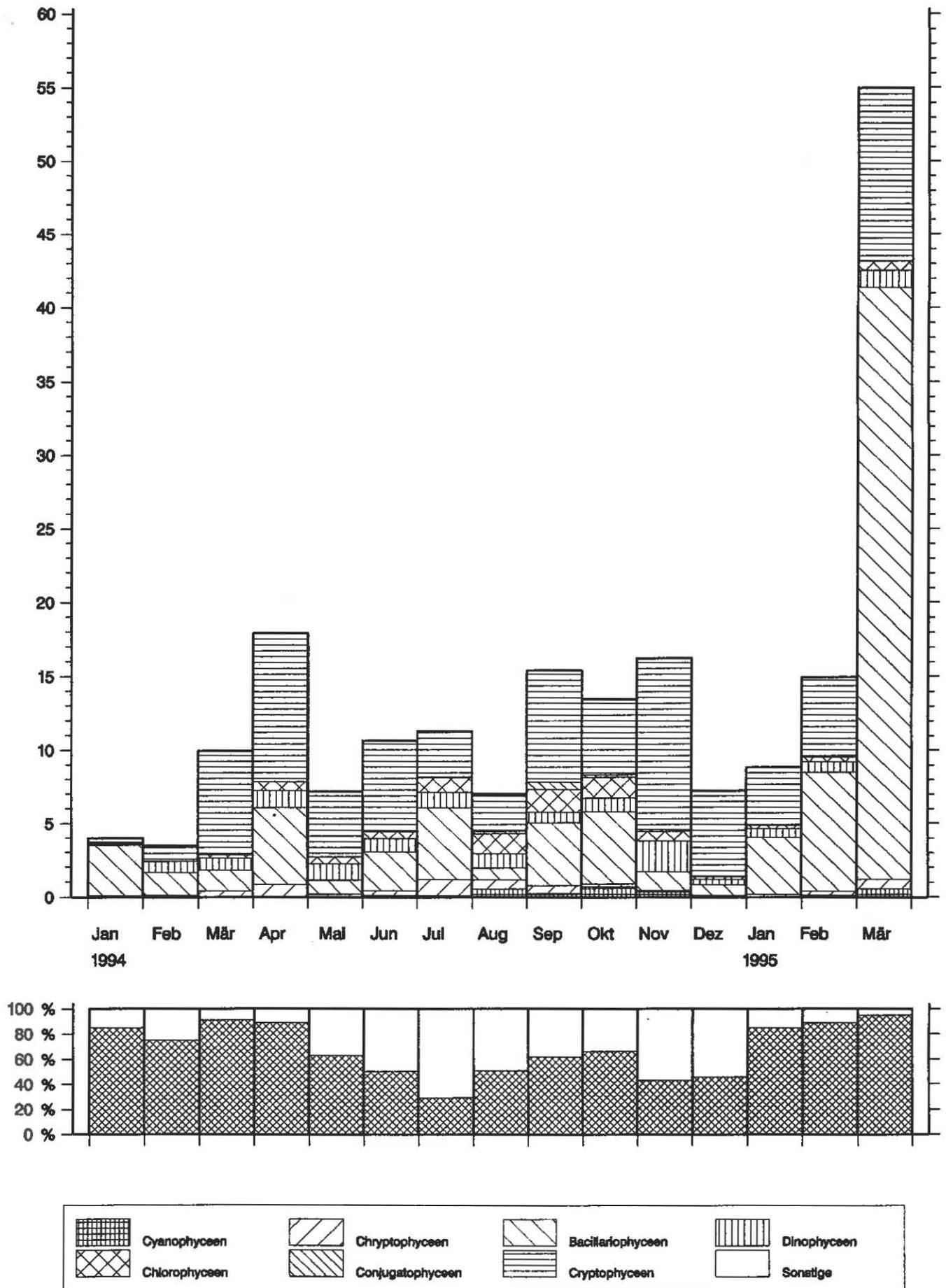
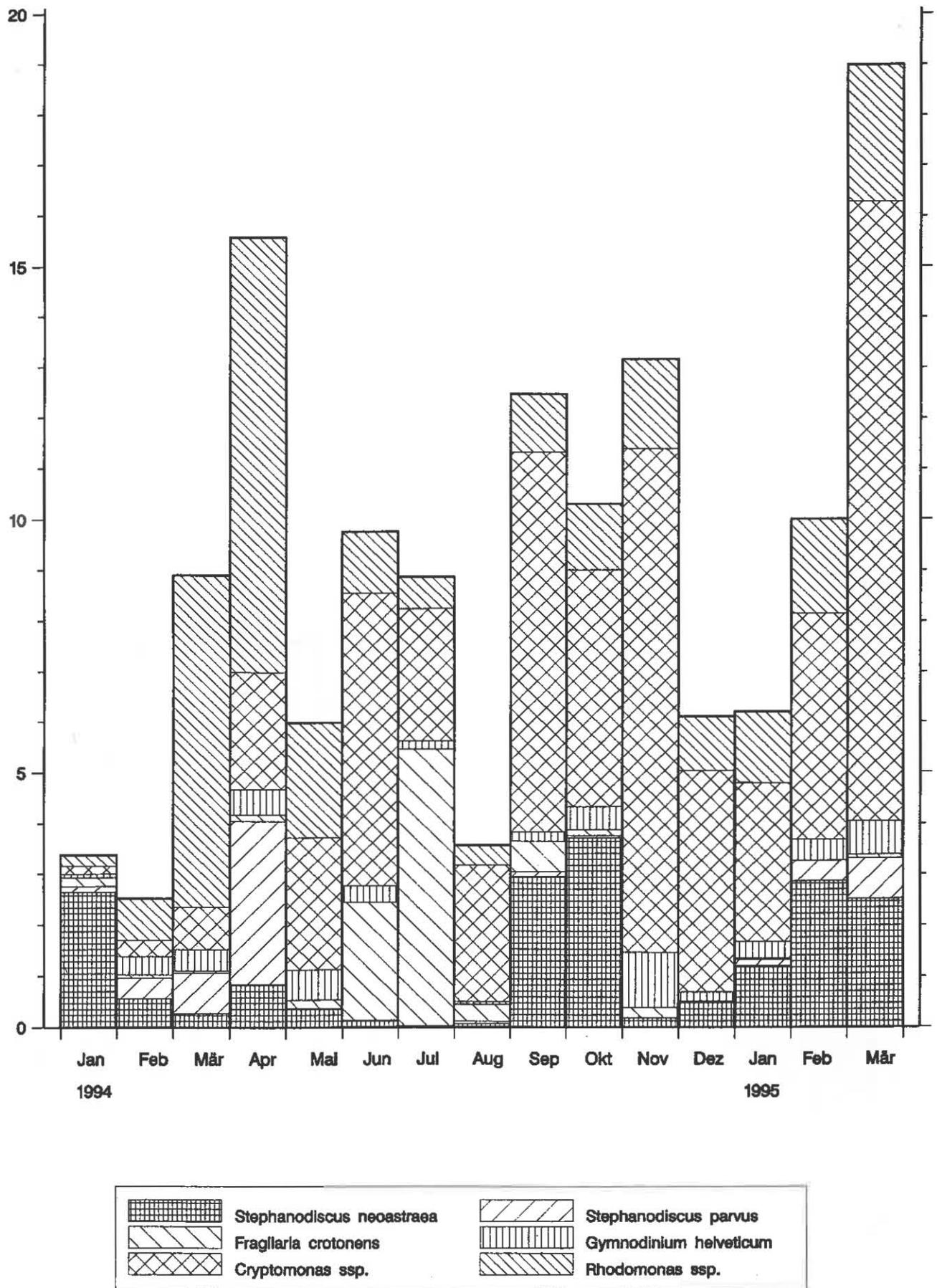


Abb. 51: Bodensee – Untersee, Zellersee:  
 Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomasse in  $g/m^2$  (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1994/95



**Abb. 52: Bodensee – Untersee, Zellersee:**  
 Entwicklung des Phytoplanktons  
 Biomasse der Hauptarten in g/m<sup>2</sup> (0–20m Tiefe), Monatsmittel 1994/95

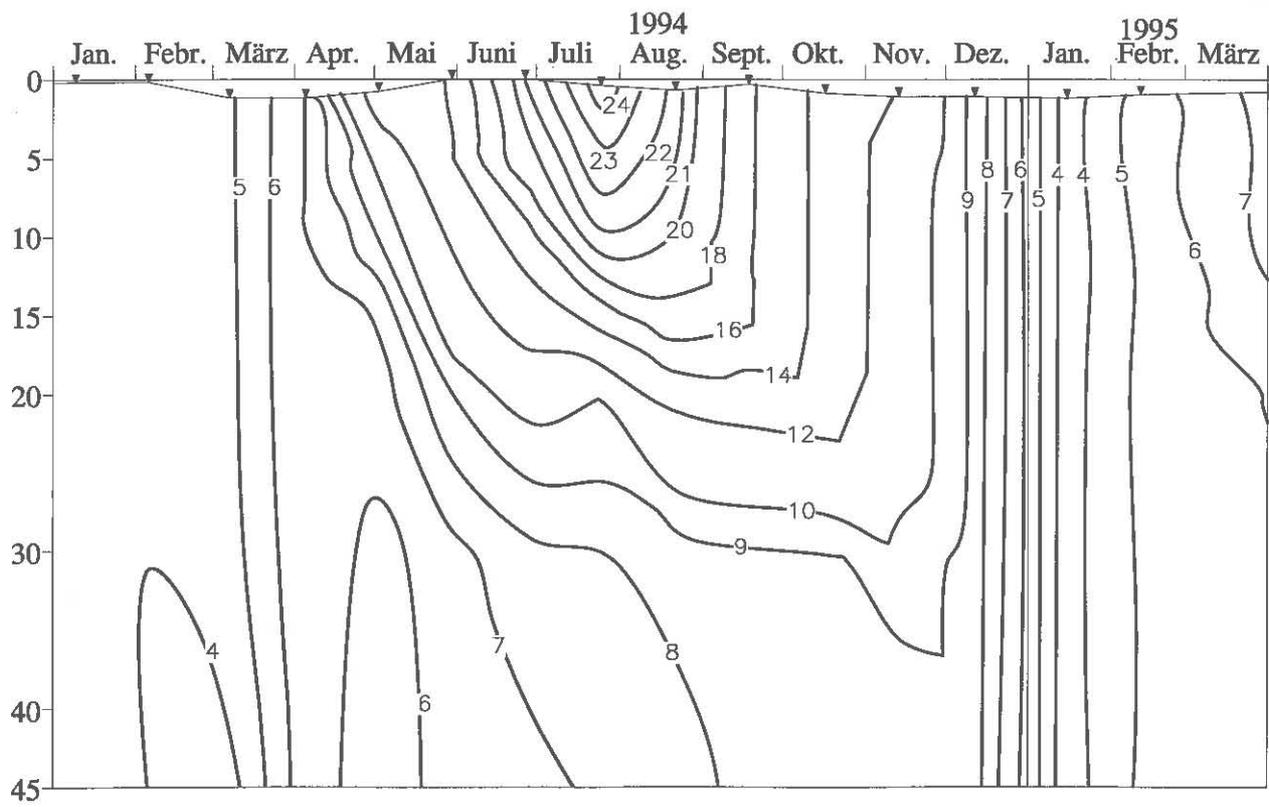


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Temperatur °C

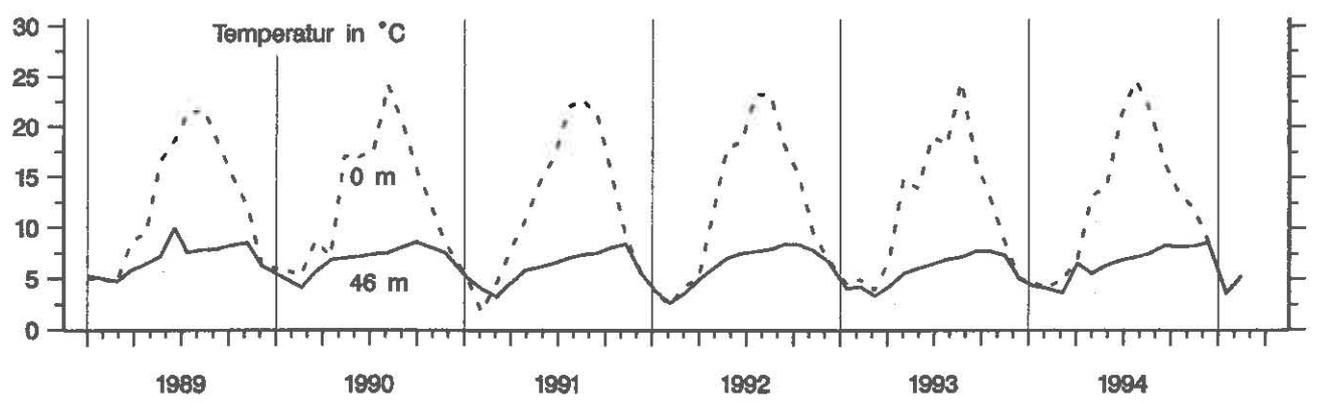
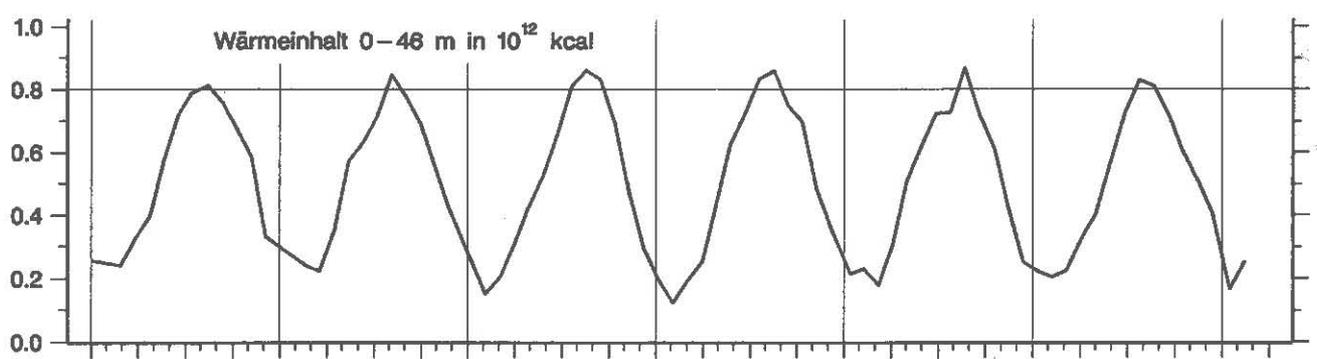
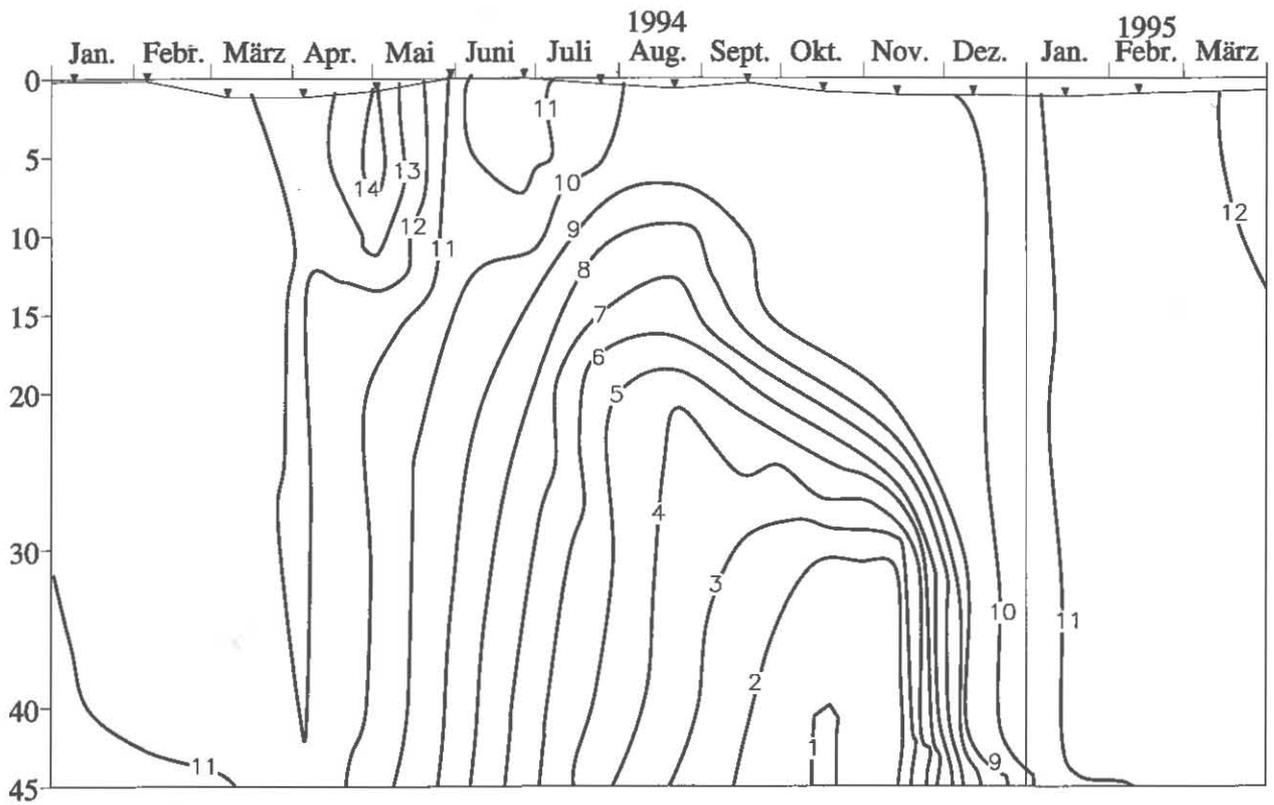
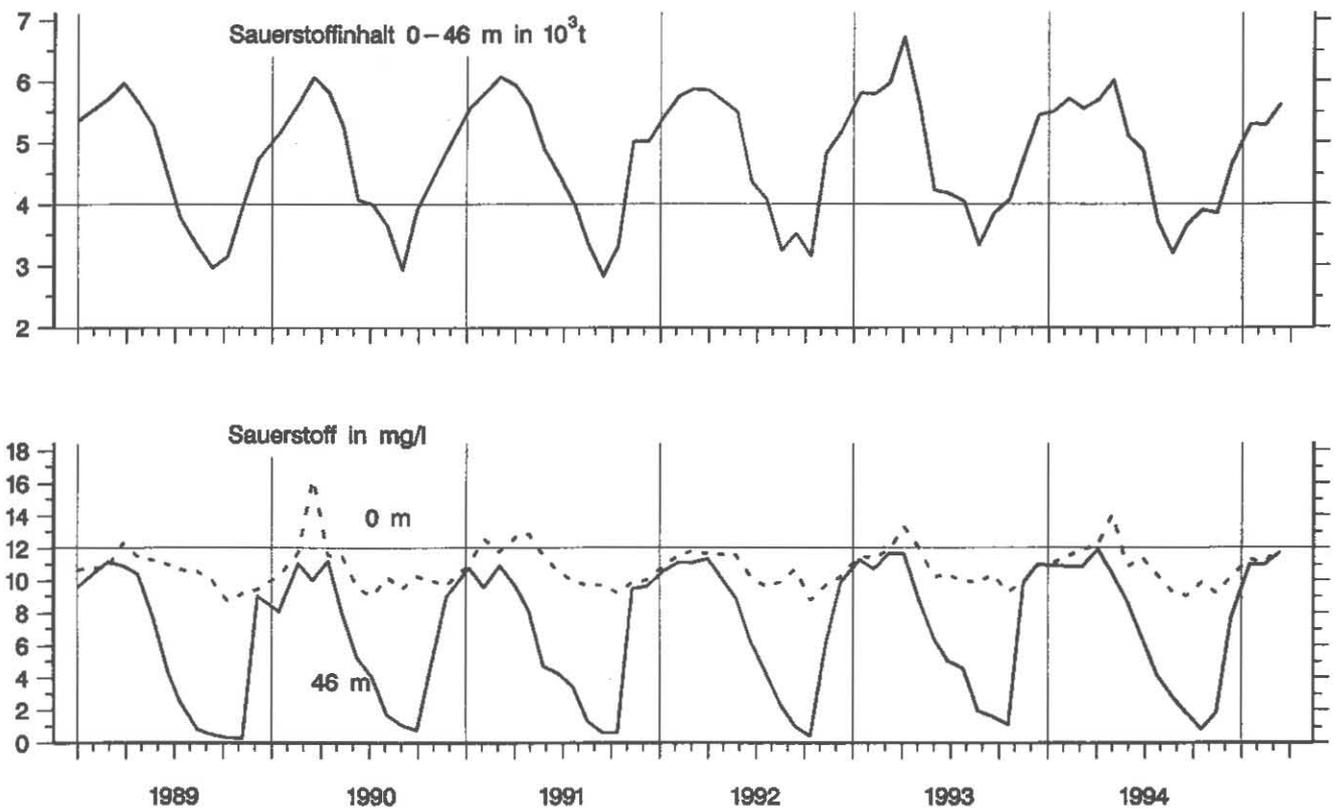


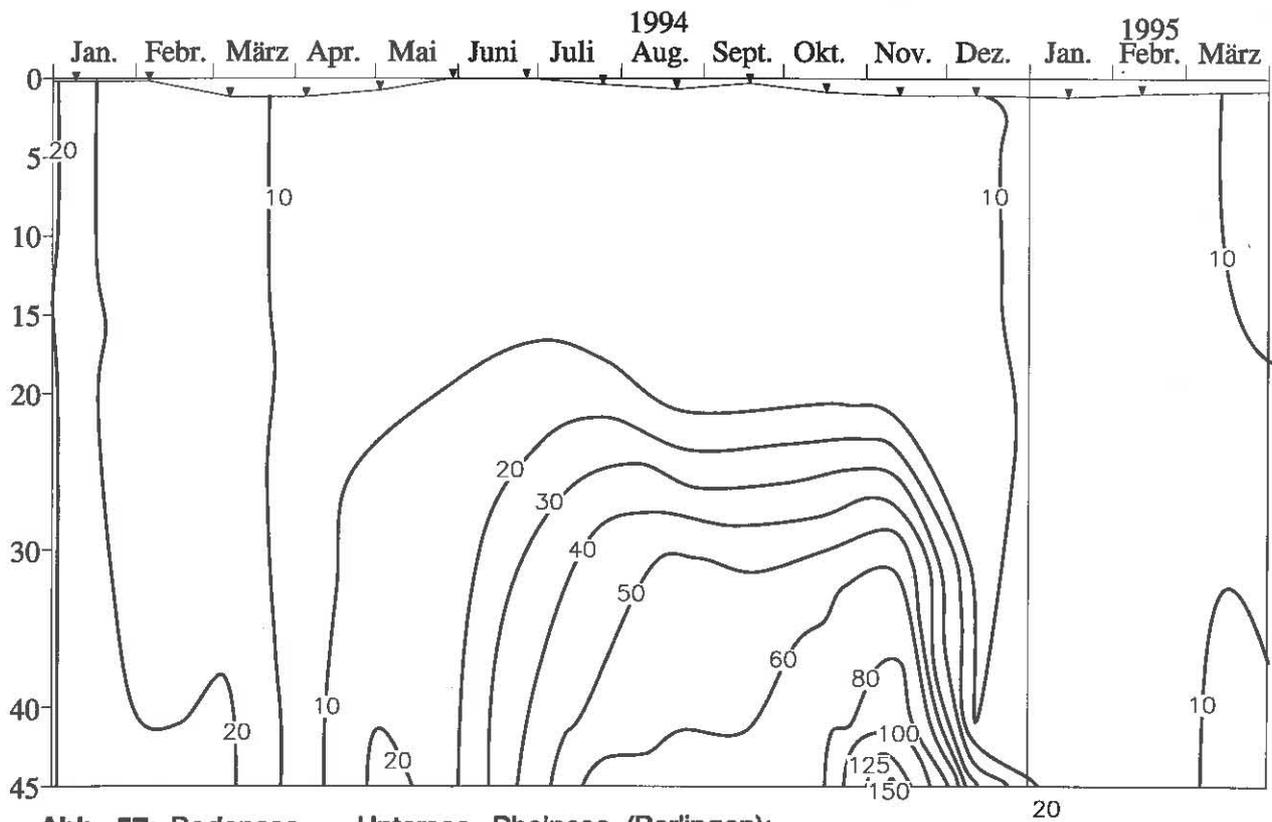
Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Thermik



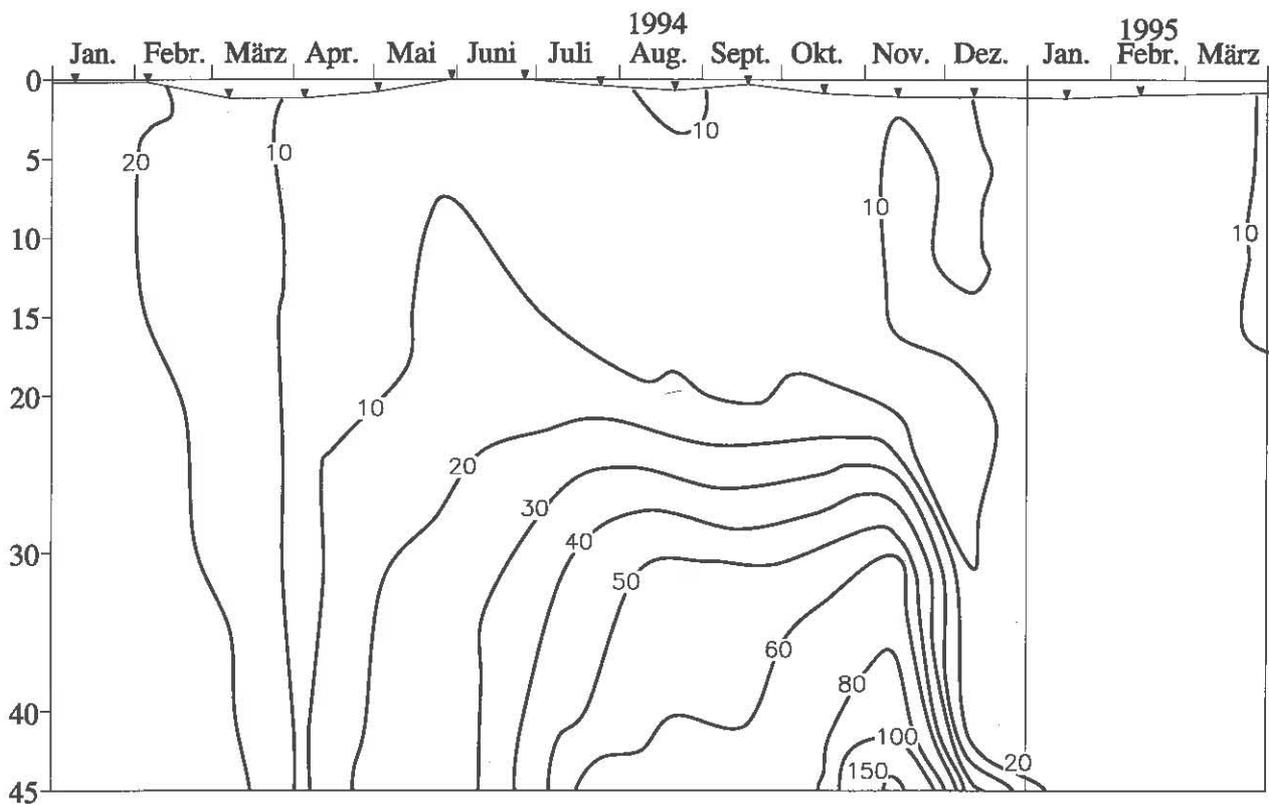
**Abb. 55:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Sauerstoff (mg/l)



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



**Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Orthophosphat – Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



**Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Gesamt gelöster Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

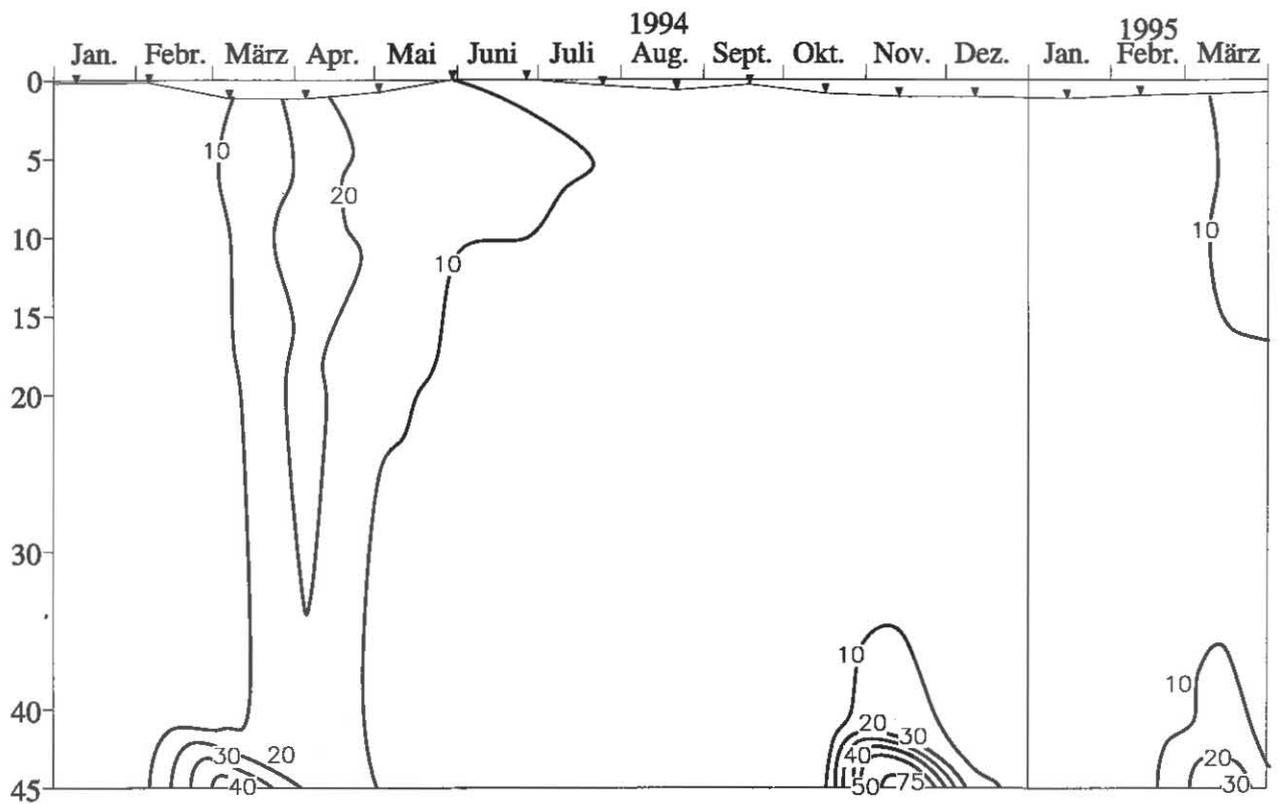


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Partikulärer Phosphor ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

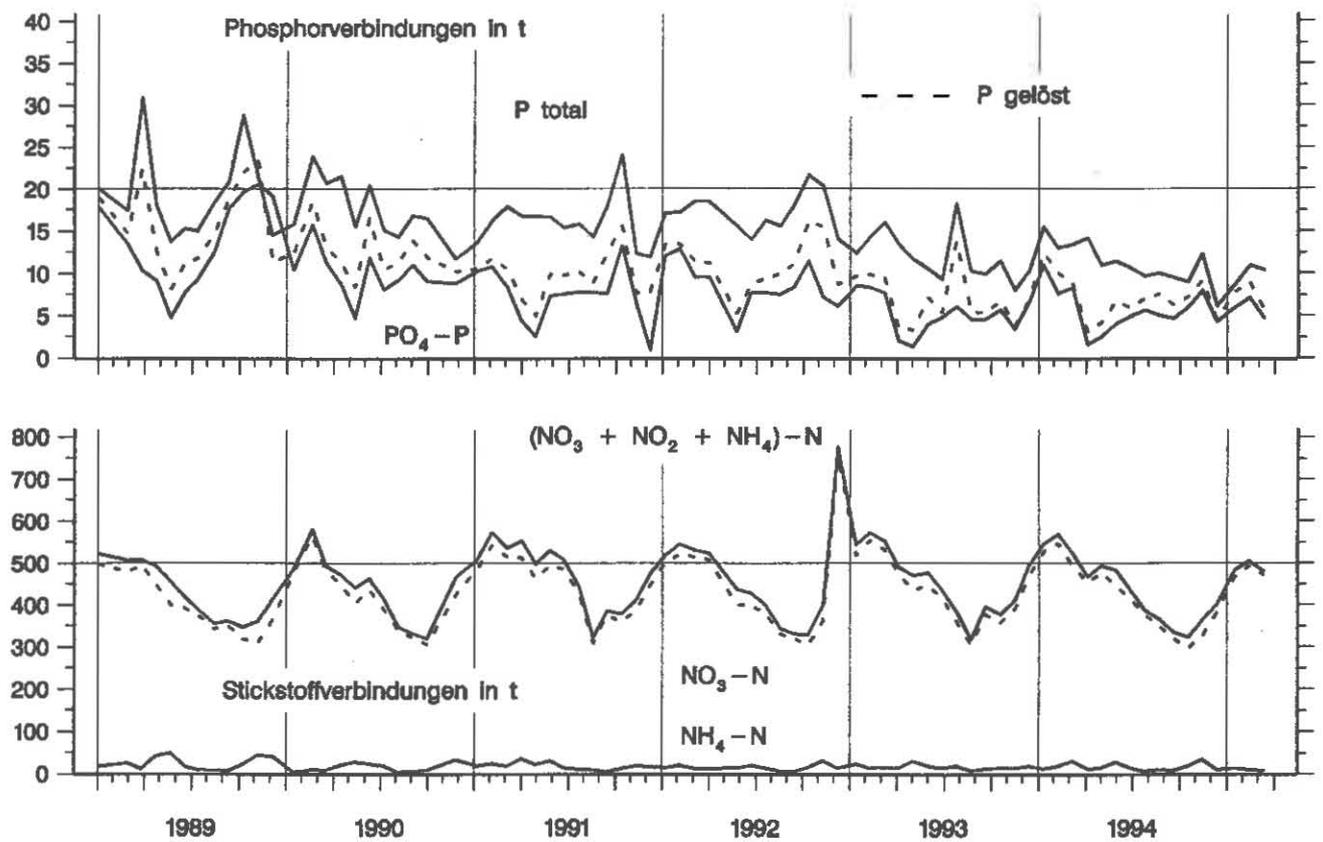
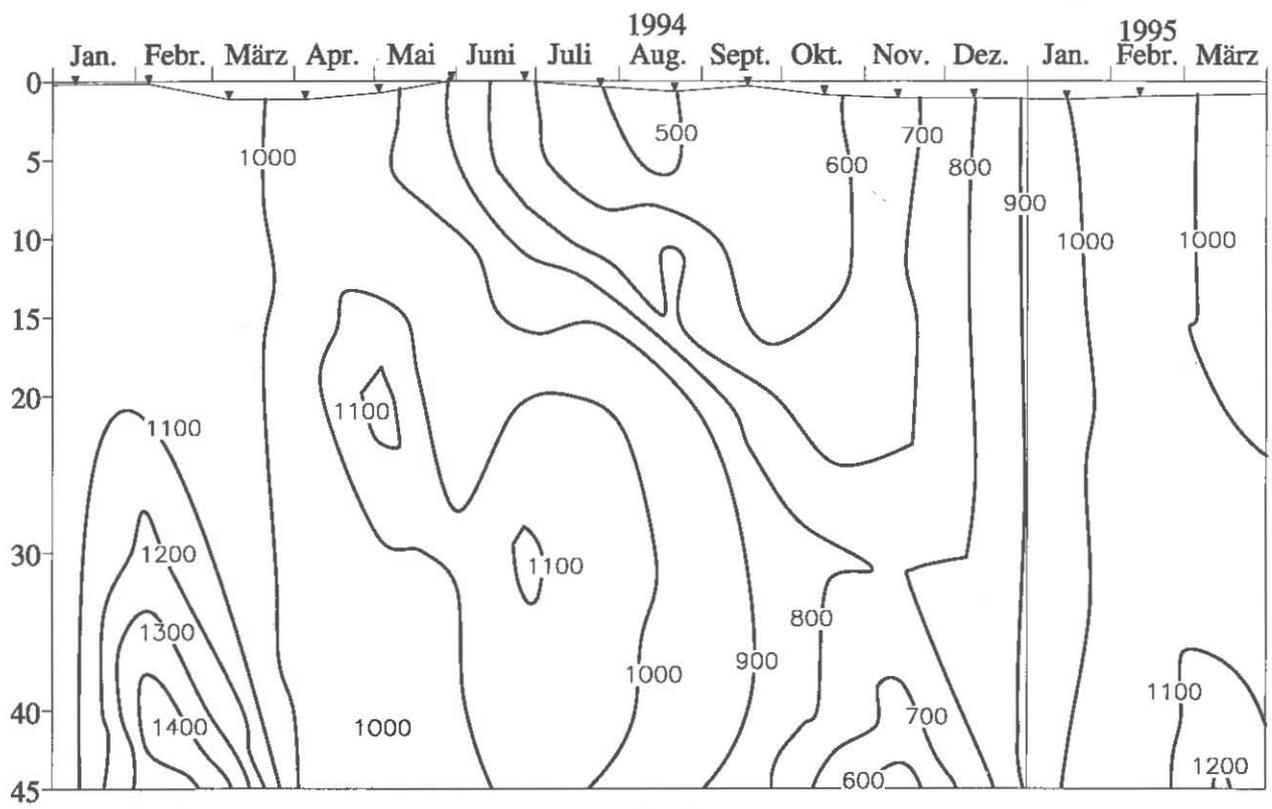
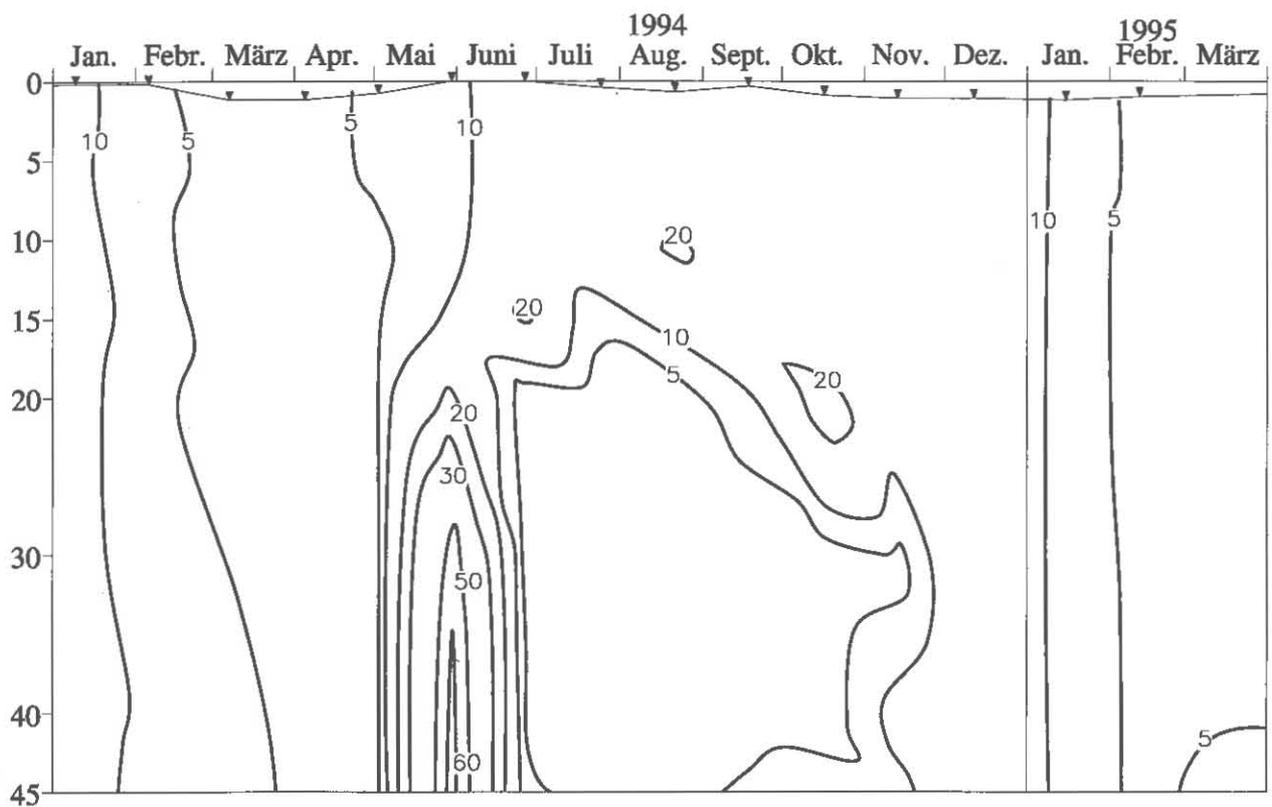


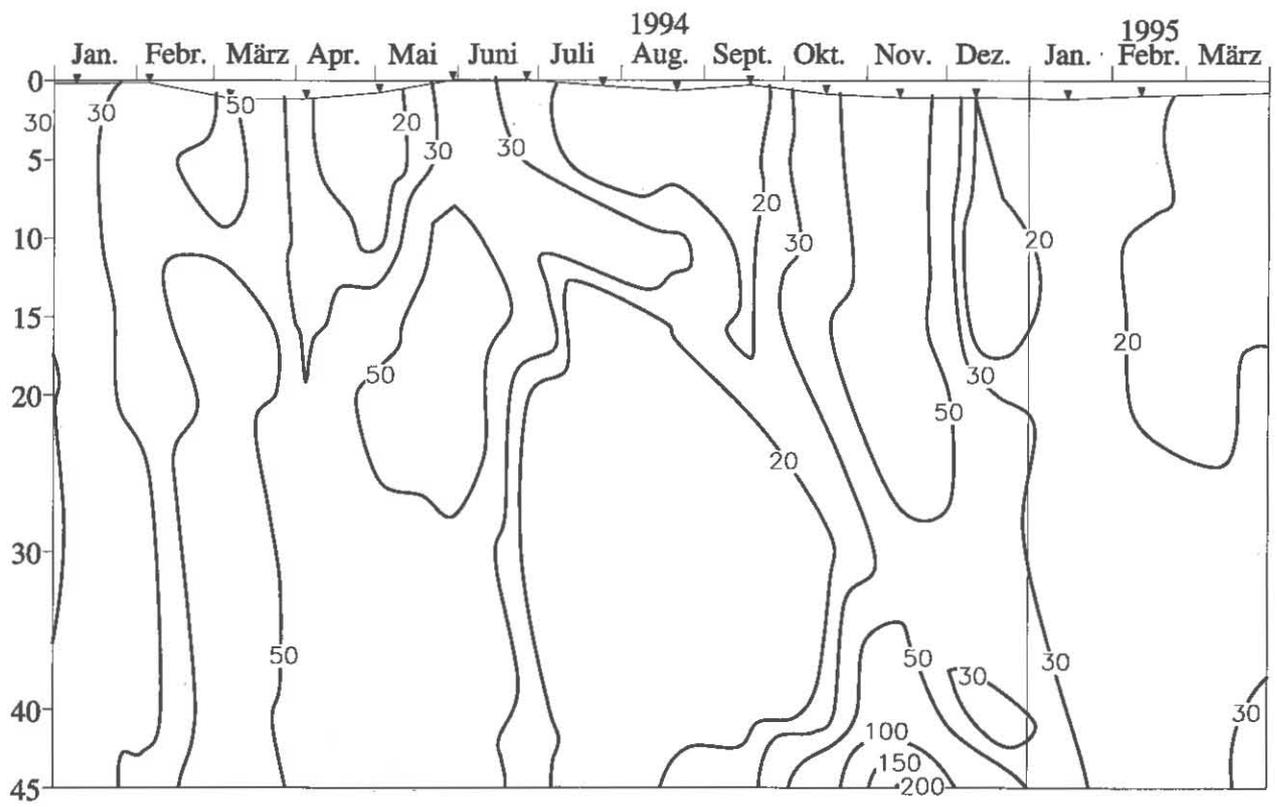
Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe



**Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Nitrat – Stickstoff ( $\text{mg/m}^3$ )



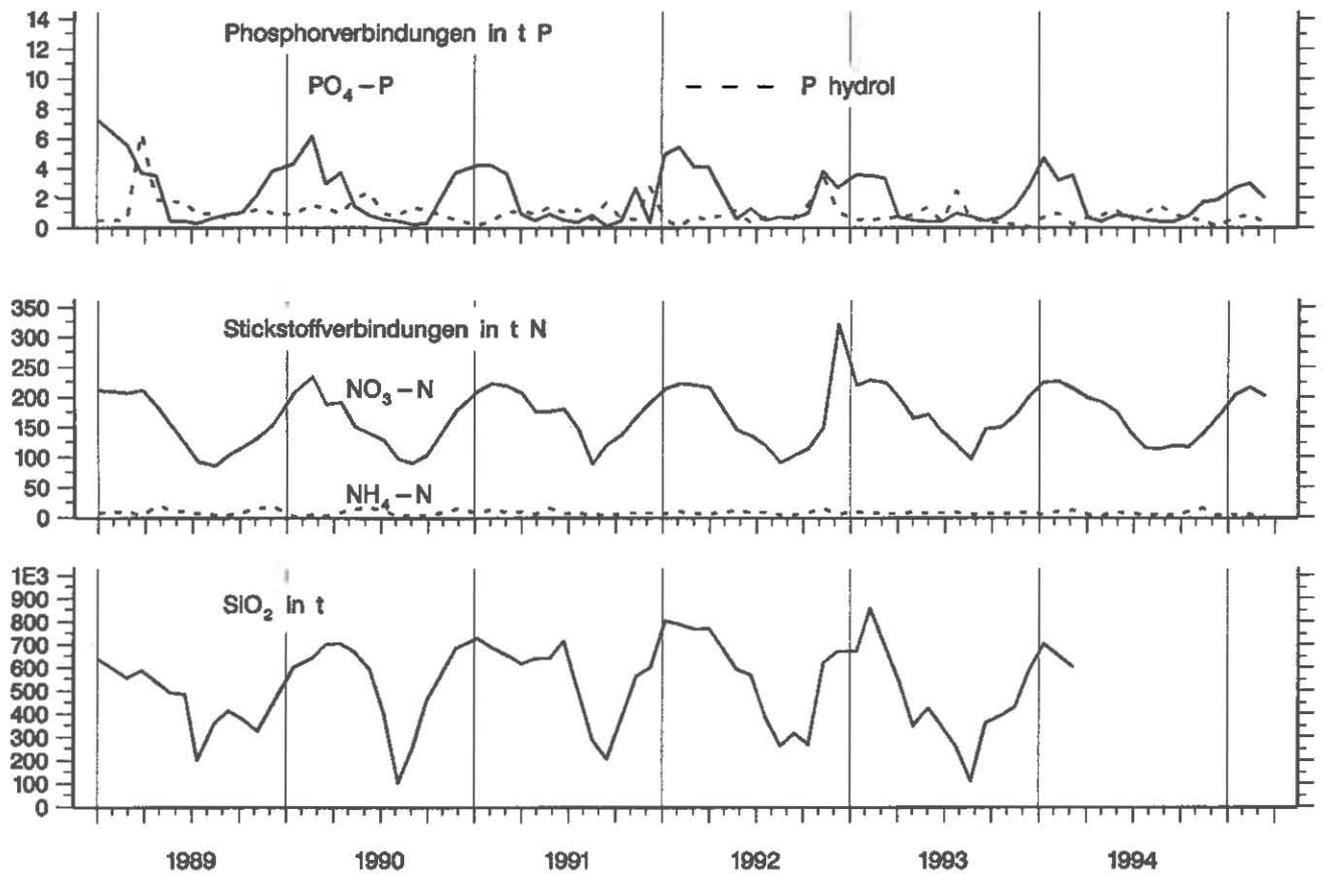
**Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Nitrit – Stickstoff ( $\text{mg/m}^3$ )



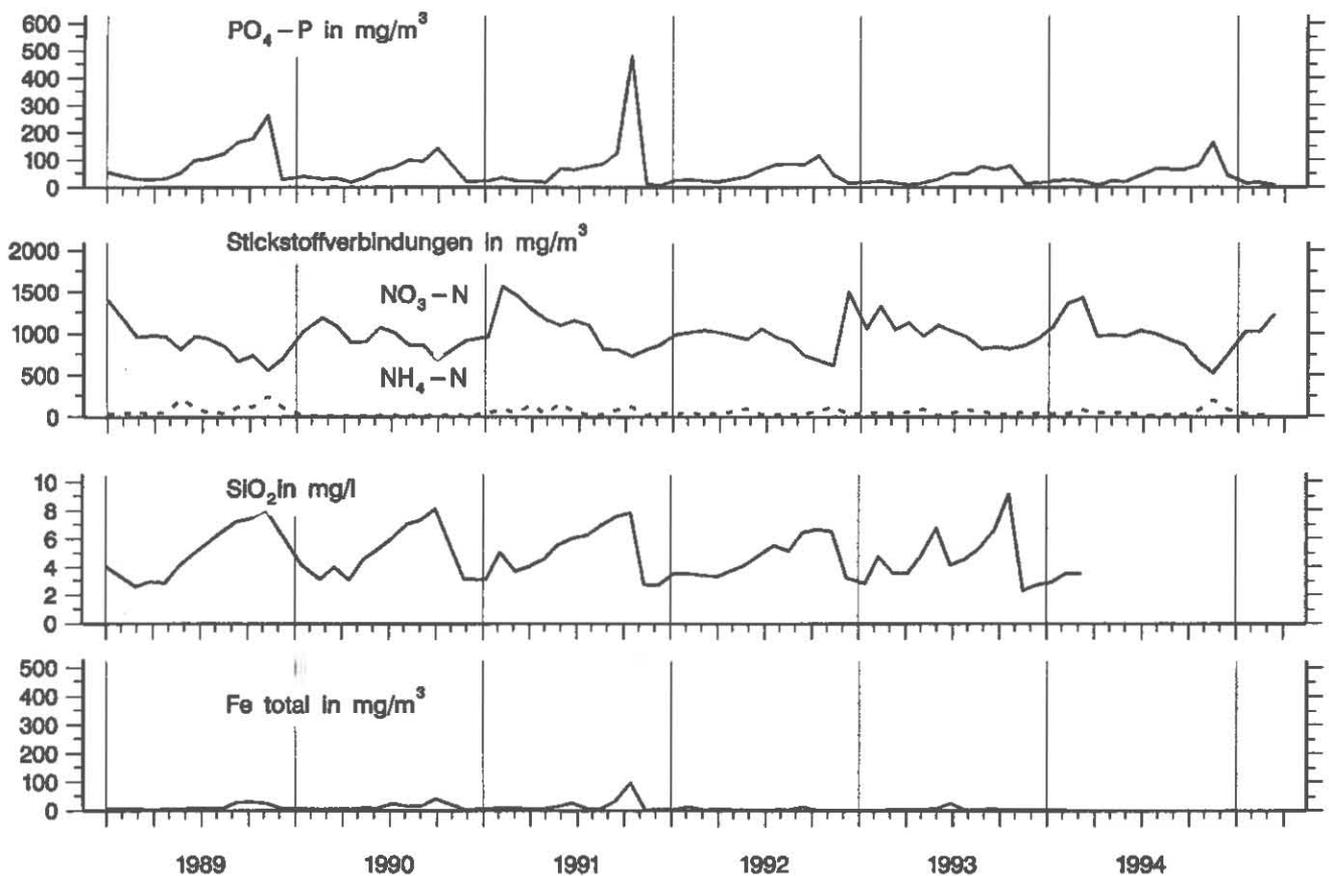
**Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
 Ammonium – Stickstoff (mg/m<sup>3</sup>)

1994 nicht gemessen

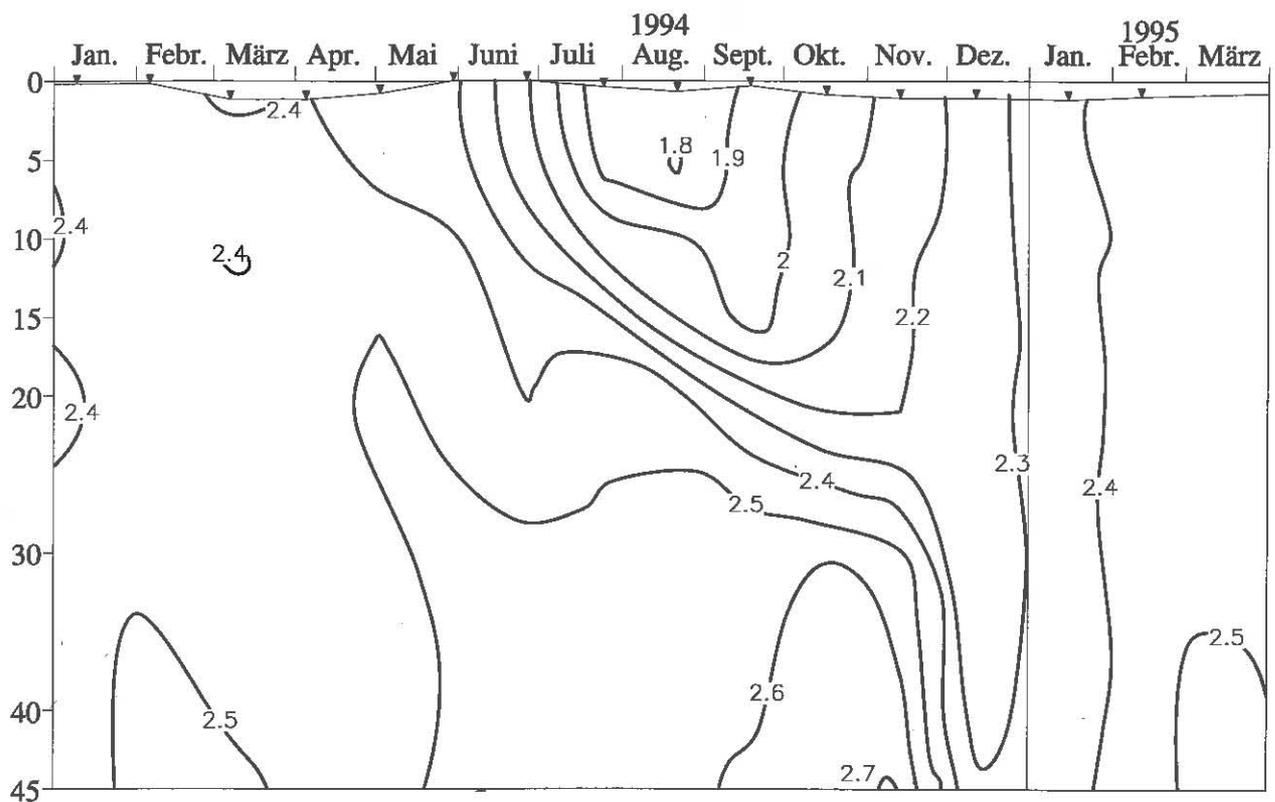
**Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
 Silikat (mg/l)



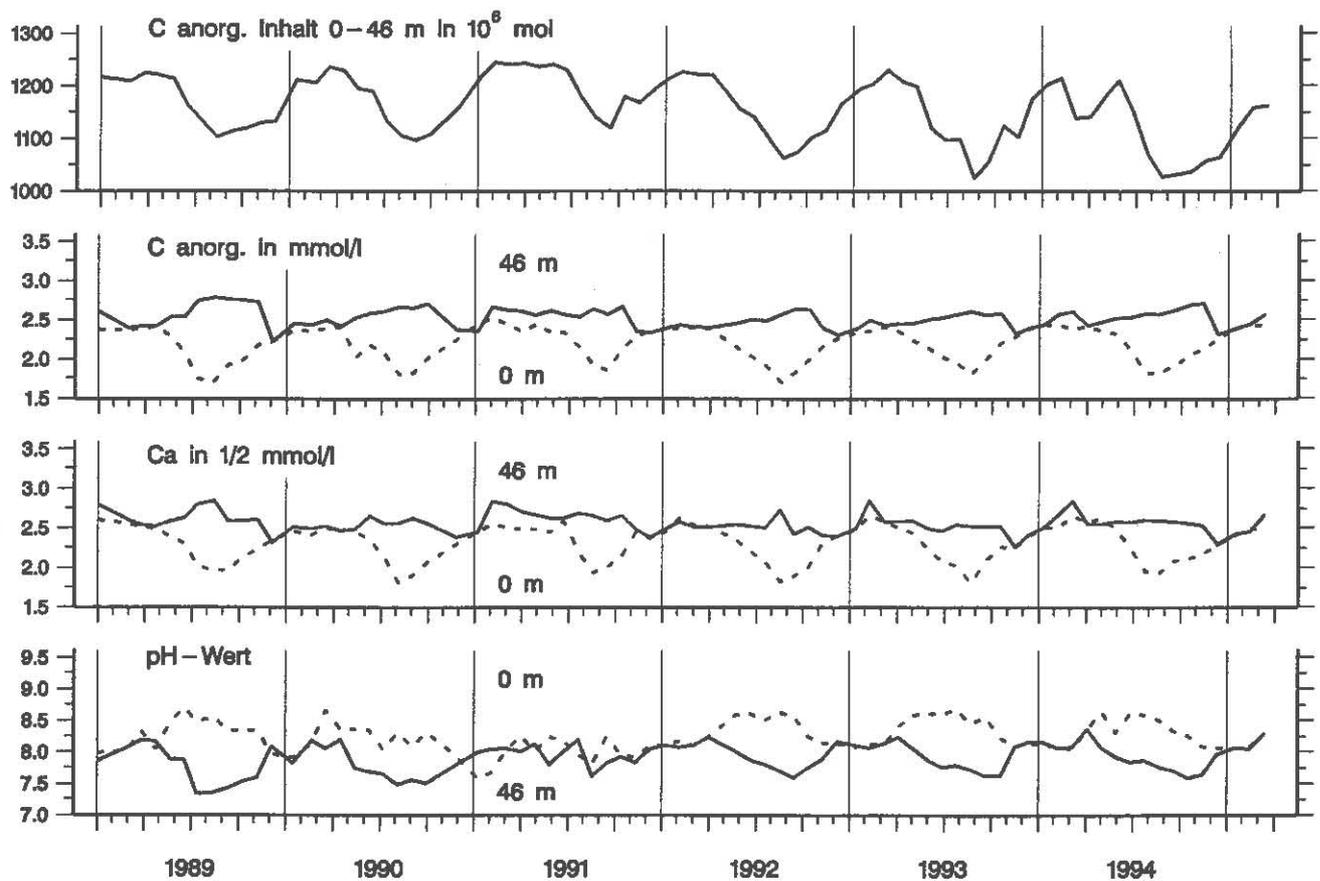
**Abb. 65:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe



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



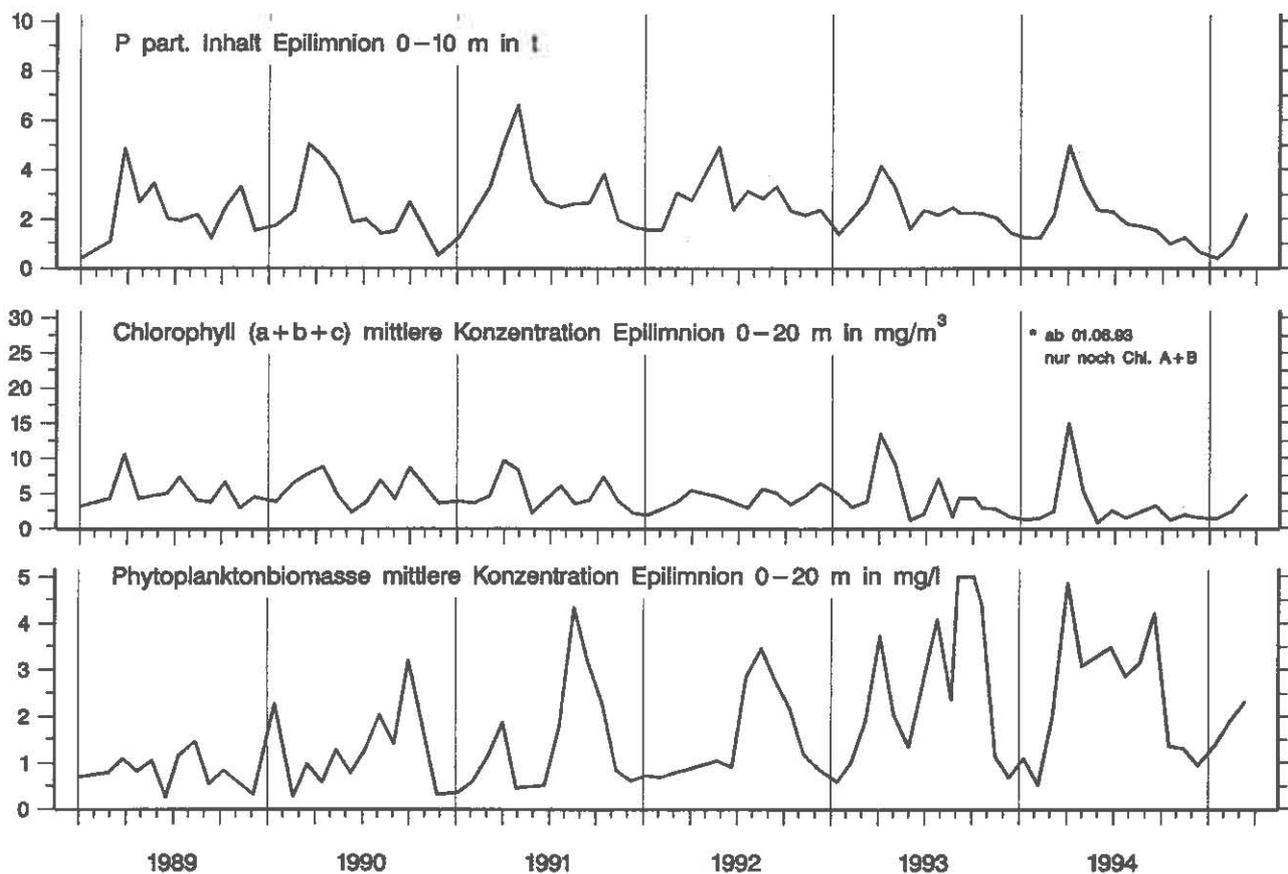
**Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)



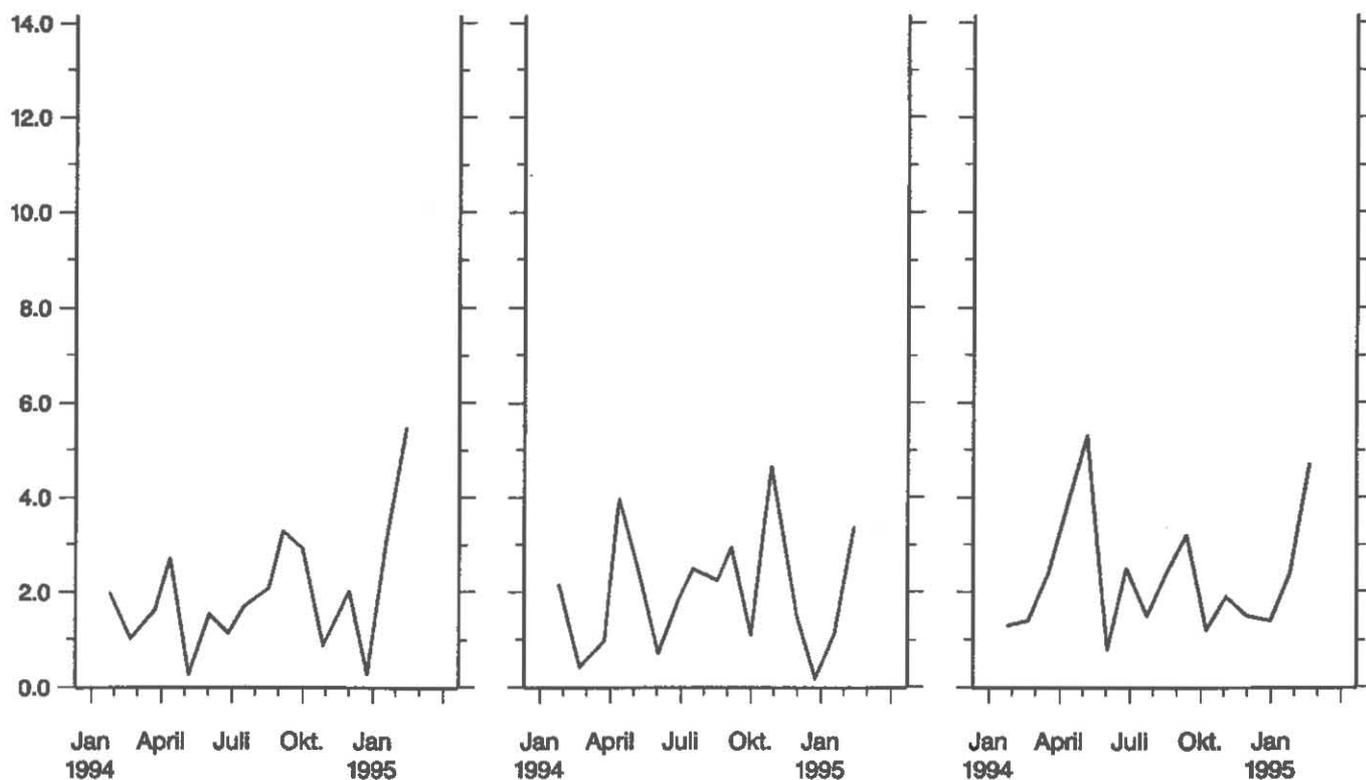
**Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):**  
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe  
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

1994 nicht gemessen

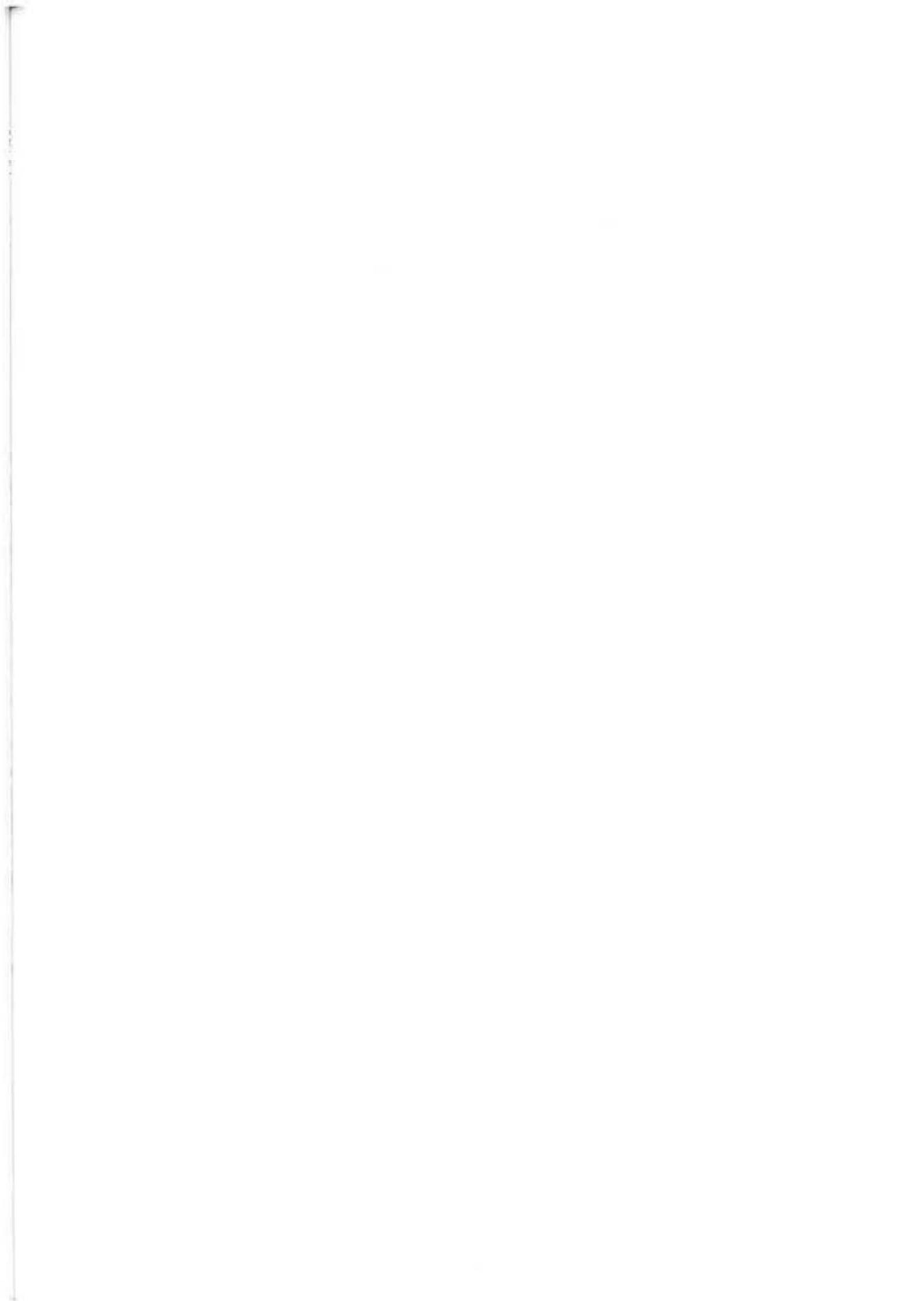
**Abb. 69:** Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):  
Konzentration von Eisen total ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



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



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



## **Tabelle 1 (1)**

### **Normal - Tiefenserien an den Stationen**

**Fischbach - Uttwil :** 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 230, 250 m

**Langenargen - Arbon :** 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100, 150, 190, 200 m

**Bregenzer Bucht :** Für chemische Untersuchungen :  
0, 5, 10, 20, 30, 60 m

Für Sauerstoff- und Temperaturmessungen  
0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 m

**Überlinger See :** 0, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 100, 140 m

**Zeller See :** 0, 5, 10, 15, 20, 22 oder 23 oder 24 + m

**Rheinsee :** 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 44 oder 45 oder 46 + m

+ je nach Wasserstand

**Tabelle 1 (2)**

**Untersuchungstermine Januar 1994 bis April 1995 an den Stationen Fischbach- Uttwil (F), Langenargen - Arbon (L), Bregenzer Bucht (B) und von Januar 1994 bis Januar 1995 an den Stationen (Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)**

| <b>Obersee - Stationen</b> |      |   |   | <b>Untersee - Stationen</b> |      |   |   |
|----------------------------|------|---|---|-----------------------------|------|---|---|
| 12.01.                     | 1994 | F | L | 09.01.                      | 1994 | Z |   |
| 30.01.                     |      |   |   | 10..01.                     |      | Z |   |
| 07.02.                     |      | F | L | 07.02.                      |      | Z | R |
| 23.02.                     |      |   |   | 07.03.                      |      |   | R |
| 08.03.                     |      | F | L | 14.03.                      |      |   |   |
| 21.03.                     |      |   |   | 04.04.                      |      | Z |   |
| 04.04.                     |      | F | L | 05.04.                      |      |   | R |
| 20.04.                     |      |   |   | 01.05.                      |      | Z |   |
| 04.05.                     |      | F | L | 02.05.                      |      |   | R |
| 30.05.                     |      |   |   | 30.05.                      |      | Z | R |
| 06.06.                     |      | F | L | 26.06.                      |      | Z |   |
| 27.06.                     |      |   |   | 27.06.                      |      |   | R |
| 04.07.                     |      | F | L | 18.07.                      |      | Z |   |
| 08.08.                     |      | F | L | 25.07.                      |      |   | R |
| 31.08.                     |      |   |   | 22.08.                      |      | Z | R |
| 06.09.                     |      | F | L | 11.09.                      |      | Z |   |
| 21.09.                     |      |   |   | 19.09.                      |      |   | R |
| 12.10.                     |      | F | L | 09.10.                      |      | Z |   |
| 18.10.                     |      |   |   | 17.10.                      |      |   | R |
| 07.11.                     |      | F | L | 07.11.                      |      | Z |   |
| 05.12.                     |      | F | L | 14.11.                      |      |   | R |
| 19.12.                     |      |   |   | 12.12.                      | 1995 |   | R |
| 15.01.                     | 1995 | F | L | 14.12.                      |      | Z |   |
| 30.01.                     |      | F |   | 09.01.                      |      | Z |   |
| 07.02.                     |      | F | L | 16.01.                      |      |   | R |
| 21.02.                     |      | F |   |                             |      |   |   |
| 06.03.                     |      | F | L |                             |      |   |   |
| 22.03.                     |      | F |   |                             |      |   |   |
| 31.03.                     |      |   |   |                             |      |   |   |

**Tabelle 1 (3)**

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

|  |   |   |   |   |     |
|--|---|---|---|---|-----|
| Leitfähigkeit bei 20 °C  | F | L | B | Z | R   |
| pH   | F | L | B | Z | R   |
| Sauerstoff   | F | L | B | Z | R   |
| Alkalinität  | F | L | B | Z | R   |
| Gesamthärte  | F | L | B | Z | R   |
| Calcium  | F | L |   | Z | R   |
| Magnesium  | F | L |   |   | R   |
| Silikat  | F | L |   | Z |     |
| Orthophosphat  | F | L | B | Z | R   |
| Phosphor gelöst (im Filtrat nach<br>Aufschluß)                     | F | L | B | Z | R   |
| Phosphor partikulär  | F | L | B | Z | R   |
| Phosphor total (im Rohwasser nach<br>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<br>partikulärer Stickstoff direkt | F | L |   |   |     |
| Chlorophyll (a+b+c) nach Goltermann                                | F |   |   |   | R   |
| Phaeophytin nach Goltermann  | F |   |   |   | R   |
| Chlorid  | F | L | B | Z | R   |
| Sulfat   | F | L | B | Z | R   |
| Eisen total  | F | L |   | Z |     |
| Mangan total   | F | L |   |   | R*) |
| Natrium  | F | L |   |   | R   |
| Kalium   | F | L |   |   | R   |
| KMNO4 - Verbrauch  | F | L | B |   |     |
| UV - Extinktion (260 nm)   | F | L |   | Z |     |

\*) Rheinsee: Eisen, Mangan gelöst

**Berechnete Inhaltsstoffe:**

pH korrigiert auf aktuelle

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur  | F | L |   | Z | R |
| Sauerstoffsättigung in %  | F | L | B | Z | R |
| Restsauerstoff nach Oxidation der<br>anorganischen Komponenten                              | F | L |   | Z | R |
| Rest - Sauerstoff nach Oxidation der<br>anorganischen und organischen<br>Komponenten        | F | L |   |   |   |
| Anorganischer Kohlenstoff   | F | L |   | Z | R |
| Gleichgewichts - CO <sub>2</sub>  |   |   |   | Z | R |
| Magnesium (aus Gesamthärte und<br>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 /<br>Langmuir)  | F | L |   | Z | R |
| Phosphor total (P gelöst + P part.)   | F | L |   | Z | R |
| Phosphor hydrolisierbar<br>(P gelöst - PO <sub>4</sub> -P)                                  | F | L | B | Z | R |
| Organischer Stickstoff gelöst<br>(N-KJF - NH <sub>4</sub> -N)                               | F | L |   |   |   |
| Organischer Stickstoff total<br>(N-KJF + NH <sub>4</sub> -N)                                | F | L |   |   |   |
| Gesamtsstickstoff anorganisch<br>(NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> ) - 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 |

**Tabella 2: Seekennndaten**  
**Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil), Seejahr 1994 (Meßdaten vom 04.04.94 bis 22.03.95)**  
 IV bis XII: Monate 1994; I-III, IV-95: Monate 1995

| Parameter  | Messwerte<br>(a)          |               |                                  |                | Stoffinhalt<br>(b) |                  |                    |           |                           |               |                                 |                 | Stoffbilanz<br>(b)              |                               |                               |
|--|---------------------------|---------------|----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------|---------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | Epilimnion<br>( 0 - 10m ) |               | Seebodennähe<br>( 1m über Grund) |                | See total          |                  |                    |           | Epilimnion<br>( 0 - 10 m) |               | Hypolimnion<br>( 200 - 252.5 m) |                 | Begin<br>bis<br>Ende<br>Seejahr | 04.04<br>bis<br>06.09<br>1994 | 06.09<br>bis<br>22.03<br>1995 |
|  | Maximum<br>Minimum        | Zeit          | Maximum<br>Minimum               | Zeit           | Beginn<br>04.04.93 | Ende<br>22.03.94 | Maximum<br>Minimum | Zeit      | Maximum<br>Minimum        | Zeit          | Maximum<br>Minimum              | Zeit            |                                 |                               |                               |
| <b>Thermik</b><br>(a) °C, (b) 10 <sup>12</sup> Kcal                                | 24,0<br>5,1               | VII<br>II     | 4,7<br>4,4                       | VII, XII<br>I  | 250,0              | 245,3            | 390,3<br>241,5     | IX<br>II  | 96,6<br>22,6              | V, VII<br>I   | 6,8<br>6,6                      | IX<br>IV        | -5                              | +139                          | -144                          |
| <b>Sauerstoff</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) 10 <sup>3</sup> t                | 13,7<br>8,9               | V<br>VIII     | 10,1<br>5,9                      | IV, V<br>XI    | 532,0              | 518,0            | 547,8<br>442,2     | V<br>IX   | 58,2<br>40,7              | V<br>VIII     | 14,8<br>11,2                    | IV<br>XII       | -14                             | -81                           | +61                           |
| <b>Orthophosphat - P</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                         | 18,0<br>2,0               | IV<br>XII     | 37,0<br>24,0                     | XII<br>IV, V   | 939,8              | 947,3            | 978,0<br>777,7     | VI<br>IX  | 73,0<br>1,3               | III<br>VIII   | 48,0<br>33,3                    | XII<br>V        | +74                             | -16                           | +17                           |
| <b>Phosphor, hydrolysiert</b><br>(A) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                    | 9,0<br><1                 | V<br>VII      | 6,0<br>1,0                       | X<br>VIII      | 171,3              | 148,8            | 244,2<br>95,3      | X<br>VI   | 27,4<br>6,4               | V<br>VII      | 7,0<br>2,8                      | II<br>VII, VIII | -23                             | -63                           | -41                           |
| <b>Phosphor, gelöst</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                          | 22,0<br>5,0               | IV<br>IX      | 40,0<br>27,0                     | X<br>IV        | 1111,2             | 1096,1           | 1111,2<br>886,1    | IV<br>IX  | 96,9<br>22,8              | IV<br>IX      | 527,0<br>377,0                  | I<br>V          | -150                            | -225                          | +210                          |
| <b>Phosphor, partikulär</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                      | 17,0<br>2,0               | V<br>VI       | 5,0<br>1,0                       | XI<br>VII, XII | 157,9              | 94,5             | 241,5<br>51,1      | V<br>XII  | 43,3<br>8,7               | VII<br>VI     | 9,7<br>1,4                      | XI<br>VII       | -63                             | -53                           | -10                           |
| <b>Phosphor, total</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                           | 32,0<br>8,0               | V<br>XI       | 45,0<br>29,0                     | XI<br>IX       | 1269,2             | 1190,8           | 1269,2<br>987,2    | IV<br>XII | 123,1<br>37,0             | IV<br>XI      | 61,1<br>40,6                    | XI<br>V         | -78                             | -278                          | +200                          |
| <b>Nitrat - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                                | 1070,0<br>500,0           | II<br>VII     | 1050,0<br>810,0                  | V<br>XI        | 45193,7            | 49316,9          | 50061,3<br>43344,2 | II<br>XI  | 4544,0<br>2292,4          | II<br>VIII    | 1516,9<br>1346,4                | II<br>XI        | -4123                           | -618                          | -3505                         |
| <b>Nitrit - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                                | 14,0<br><1                | VII<br>II     | 2,0<br><1                        | VII<br>IV      | 68,9               | 26,2             | 152,9<br>1,1       | X<br>II   | 55,7<br>1,1               | VII<br>II     | 2,9<br><1                       | VII<br>IV, V    | -42                             | +68                           | -111                          |
| <b>Ammonium - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                              | 30,0<br><1                | VI-VIII<br>IV | 20,0<br><1                       | XII<br>IV, V   | 62,4               | 485,3            | 1059,3<br>62,4     | XII<br>IV | 130,7<br>33,1             | VI, VII<br>IV | 22,3<br><1                      | II<br>IV, V     | -423                            | -457                          | +34                           |
| <b>Stickstoff, partikulär</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                    | 70,0<br>10,0              | V<br>VI, I    | 10,0<br><1                       | IV<br>V        | 790,8              | 558,3            | 1108,1<br>450,8    | V<br>VIII | 304,9<br>65,1             | V<br>III      | 27,7<br><1                      | II<br>V, VIII   | -232                            | -49                           | +183                          |
| <b>Silikat (SiO<sub>2</sub>)</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) 10 <sup>3</sup> t | 3,5<br>0,7                | I<br>VII      | 6,0<br>3,2                       | XI<br>IV       | 124,7              | 156,9            | 180,9<br>124,7     | I<br>IV   | 14,8<br>3,7               | I<br>VII      | 7,1<br>4,3                      | II<br>IV        | -232                            | -49                           | +183                          |
| <b>Kallium</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) 10 <sup>3</sup> t                   | 1,4<br>1,1                | IV<br>VII, II | 1,4<br>1,2                       | IV, V<br>VIII  | 62,3               | 62,0             | 62,4<br>56,2       | V<br>VIII | 5,9<br>4,7                | V<br>VIII, IX | 20,2<br>17,3                    | IV<br>VIII      | -1                              | -2                            | +2                            |
| <b>Natrium</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) 10 <sup>3</sup> t                   | 4,6<br>3,3                | V<br>IX       | 4,6<br>4,3                       | IV<br>X        | 215,9              | 206,4            | 216,1<br>194,0     | V<br>X    | 19,9<br>15,3              | V<br>IX       | 6,7<br>6,2                      | I<br>X          | -10                             | -11                           | +1                            |



**Tabelle 3**

**Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee - Obersee  
Seejahr 1994 / 95 an den Stationen Fischbach - Uttwil (F), Langenargen - Arbon (L) und  
Bregenzer Bucht (B)**

| Meßwerte in "0" m                                     | F      | L      | B      |
|---|--------|--------|--------|
| Temperatur in °C                                      |        |        |        |
| Maximum   | 24,0   | 23,1   | 22,5   |
| Minimum   | 4,8    | 4,8    | 4,7    |
| Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>       |        |        |        |
| Maximum   | 13,7   | 12,4   | 14,2   |
| Minimum   | 9,5    | 9,5    | 10,0   |
| Leitfähigkeit bei 20 °C in µS cm <sup>-1</sup>        |        |        |        |
| Maximum   | 293,0  | 293,0  | 334,0  |
| Minimum   | 233,0  | 238,0  | 246,0  |
| pH in pH - Einheiten                                  |        |        |        |
| Maximum   | 8,7    | 8,7    | 8,6    |
| Minimum   | 8,1    | 8,1    | 8,0    |
| Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P m <sup>3</sup> |        |        |        |
| Maximum   | 18,0   | 22,0   | 11,0   |
| Minimum   | 3,0    | 3,0    | 2,0    |
| Phosphor gelöst in mg P m <sup>3</sup>                |        |        |        |
| Maximum   | 22,0   | 29,0   | 13,0   |
| Minimum   | 5,0    | 4,0    | 4,0    |
| Phosphor total in mg P m <sup>3</sup>                 |        |        |        |
| Maximum   | 32,0   | 30,0   | 30,0   |
| Minimum   | 9,0    | 9,0    | 11,0   |
| Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N m <sup>3</sup>        |        |        |        |
| Maximum   | 1060,0 | 1050,0 | 1002,0 |
| Minimum   | 500,0  | 480,0  | 360,0  |
| Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N m <sup>3</sup>      |        |        |        |
| Maximum   | 30,0   | 40,0   | 30,0   |
| Minimum   | <1     | <1     | <1     |
| Eisen total in mg Fe m <sup>3</sup>                   |        |        |        |
| Maximum   | 30,0   | 50,0   | —      |
| Minimum   | 10,0   | 8,0    | —      |
| Kohlenstoff anorg. in mmol C l <sup>-1</sup>          |        |        |        |
| Maximum   | 2,5    | 2,5    | —      |
| Minimum   | 1,9    | 2,0    | —      |
| Phosphor partik. in mg P m <sup>3</sup>               |        |        |        |
| Maximum   | 17,0   | 19,0   | 21,0   |
| Minimum   | 2,0    | 1,0    | 6,0    |
| Stickstoff partik. in mg N m <sup>3</sup>             |        |        |        |
| Maximum   | 70,0   | 70,0   | —      |
| Minimum   | 10,0   | 10,0   | —      |

| Meßwerte in Seebodennähe                              | F      | L      | B      |
|---|--------|--------|--------|
|   | 250 m  | 200 m  | 60 m   |
| Temperatur in °C                                      |        |        |        |
| Maximum   | 4,7    | 4,7    | 6,6    |
| Minimum   | 4,4    | 4,6    | 4,6    |
| Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>       |        |        |        |
| Maximum   | 10,1   | 10,5   | 12,0   |
| Minimum   | 5,9    | 7,6    | 7,7    |
| Leitfähigkeit bei 20 °C in µS cm <sup>-1</sup>        |        |        |        |
| Maximum   | 301,0  | 303,0  | 385,0  |
| Minimum   | 296,0  | 291,0  | 292,0  |
| pH in pH - Einheiten                                  |        |        |        |
| Maximum   | 8,1    | 8,0    | 8,2    |
| Minimum   | 7,6    | 7,8    | 7,9    |
| Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P m <sup>3</sup> |        |        |        |
| Maximum   | 37,0   | 39,0   | 38,0   |
| Minimum   | 24,0   | 24,0   | 3,0    |
| Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N m <sup>3</sup>        |        |        |        |
| Maximum   | 1050,0 | 1030,0 | 1020,0 |
| Minimum   | 810,0  | 900,0  | 970,0  |
| Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N m <sup>3</sup>      |        |        |        |
| Maximum   | 20,0   | 30,0   | 40,0   |
| Minimum   | <1     | <1     | <1     |
| Eisen total in mg Fe m <sup>3</sup>                   |        |        |        |
| Maximum   | 19,0   | 29,0   | --     |
| Minimum   | 9,0    | 7,0    | --     |
| Kohlenstoff anorg. In mmol C l <sup>-1</sup>          |        |        |        |
| Maximum   | 2,8    | 2,7    | --     |
| Minimum   | 2,6    | 2,6    | --     |
| Phosphor total in mg P m <sup>3</sup>                 |        |        |        |
| Maximum   | 45,0   | 44,0   | 30,0   |
| Minimum   | 29,0   | 28,0   | 3,0    |

**Tabelle 4: Seekenndaten**  
**Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 1994 (Meßdaten vom 10.01.94 bis 09.01.95)**  
**I bis XII: Monate 1994; I-III, I-94: Januar 1995**

| Parameter  | Messwerte<br>(a)          |            |                                  |               | Stoffinhalt<br>(b) |                  |                    |              |                           |             | Stoffbilanz<br>(b)               |                               |                               |
|--|---------------------------|------------|----------------------------------|---------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | Epilimnion<br>( 0 - 10m ) |            | Seebodennähe<br>( 1m über Grund) |               | See total          |                  |                    |              | Epilimnion<br>( 0 - 10 m) |             | Beginn<br>bis<br>Ende<br>Seejahr | 10.01<br>bis<br>18.07<br>1994 | 18.07<br>bis<br>09.01<br>1995 |
|  | Maximum<br>Minimum        | Zeit       | Maximum<br>Minimum               | Zeit          | Beginn<br>10.01.94 | Ende<br>09.01.95 | Maximum<br>Minimum | Zeit         | Maximum<br>Minimum        | Zeit        |                                  |                               |                               |
| <b>Thermik</b><br>(a) °C, (b) 10 <sup>9</sup> kcal                 | 23,3<br>4,0               | VII<br>II  | 10,5<br>4,5                      | XI<br>II      | 876,1              | 766,4            | 3655,4<br>758,4    | VII<br>II    | 2441,6<br>427,3           | VII<br>II   | -110                             | +233<br>1                     | -2441                         |
| <b>Sauerstoff</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t                | 12,2<br>8,1               | III<br>IX  | 12,2<br>0,8                      | III<br>VII    | 2124,0             | 1677,4           | 2289,3<br>1322,8   | III<br>IX    | 1306,5<br>858,7           | III<br>IX   | +125                             | -802                          | +927                          |
| <b>Orthophosphat - P</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t         | 31<br><1                  | XII<br>VII | 186,0<br>8,0                     | IX<br>IV      | 4,2                | 4,8              | 5,9<br>0,8         | XII<br>VII   | 3,2<br><1                 | XII<br>VII  | +1                               | -3                            | +2                            |
| <b>Phosphor, hydrolyisierb.</b><br>(A) mg m <sup>-3</sup> , (b) t  | 103,0                     | X<br>VII   | 19,0<br>5,0                      | IX<br>IV      | 1,2                | 1,3              | 1,8<br>0,9         | X<br>IV      | 1,0<br>0,5                | VIII<br>VII | 0                                | -1                            | +1                            |
| <b>Phosphor, gelöst</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t          | 38,0<br>3,0               | XII<br>VII | 205,0<br>13,0                    | IX<br>IV      | 5,4                | 7,2              | 7,2<br>1,8         | XII<br>IV    | 4,1<br>0,7                | I-95<br>IX  | -2                               | -3                            | +4                            |
| <b>Phosphor, partikulär</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t      | 23,0<br>6,0               | VII<br>I   | 52,0<br>6,0                      | VII<br>V      | 1,2                | 1,7              | 3,6<br>1,2         | IV<br>I      | 2,0<br>0,6                | IV<br>I     | -1                               | +2                            | -1                            |
| <b>Phosphor, total</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t           | 50,0<br>17,0              | XII<br>VII | 239,0<br>32,0                    | IX<br>V       | 6,7                | 7,8              | 9,2<br>4,5         | XII<br>V     | 5,2<br>2,1                | XII<br>IX   | +1                               | -1                            | +2                            |
| <b>Nitrat - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                | 1510,0<br>610,0           | II<br>VII  | 2570,0<br>650,0                  | II<br>VIII    | 294                | 258              | 312,6<br>131,5     | II<br>VIII   | 165,7<br>71,3             | II<br>VIII  | -33                              | -157                          | +124                          |
| <b>Nitrit - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                | 37,0<br>6,0               | IX<br>IV   | 184,0<br>6,0                     | VI<br>IV      | 4,1                | 2,4              | 6,1<br>1,1         | IX<br>IV     | 3,5<br>0,6                | IX<br>IV    | -2                               | +2                            | -4                            |
| <b>Ammonium - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t              | 10,0<br>10,0              | I<br>I-95  | 390,0<br>10,0                    | VIII<br>I-III | 1,8                | 1,8              | 4,2<br>1,9         | VIII<br>I-IV | 1,1<br>1,1                | IO<br>I-95  | 0                                | +4                            | -4                            |
| <b>Silikat (SiO<sub>2</sub>)</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t | 3,4<br>0,4                | XII<br>VII | 7,0<br>3,2                       | IX<br>IV      | 575,0              | 638,8            | 638,8<br>245,9     | I-95<br>VII  | 363,2<br>67,6             | I-95<br>VII | +63                              | -205                          | +268                          |
| <b>Calcium</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t                   | 2,3<br>1,8                | XII<br>VII | 3,2<br>2,3                       | I<br>XII      | 9776,0             | 8654,0           | 1005,0<br>741,0    | III<br>VIII  | 5372,0<br>4068,0          | III<br>VIII | -122                             | -2318                         | +120<br>0                     |
| <b>Magnesium</b><br>(a) ml l <sup>-1</sup> , (b) t                 | 8,2<br>7,1                | V<br>VIII  | 8,3<br>7,6                       | V<br>I, II    | 1375,0             | 1457,9           | 1513,9<br>1343,0   | V<br>VIII    | 866,0<br>754,6            | V<br>VIII   | +82                              | +19                           | +62                           |
| <b>Chlorid</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t                   | 10,8<br>5,8               | XII<br>VI  | 16,1<br>8,2                      | II<br>V       | 1853,8             | 1873,4           | 2009,8<br>1128,1   | XII<br>VI    | 1142,1<br>624,8           | XII<br>I    | +20                              | -575                          | +595                          |



**Tabelle 5: SEEKENNDATEN**
**Bodensee-Unterse (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 1994 (Meßdaten vom 10.01.94 bis 16.01.95)**
**I bis XII: Monate 1994; I-95: Januar 1995**

| Parameter  | Messwerte<br>(a)          |                 |                                  |              | Stoffinhalt<br>(b) |                  |                    |             |                           |             | Stoffbilanz<br>(b)               |                               |                               |
|--|---------------------------|-----------------|----------------------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | Epilimnion<br>( 0 - 10m ) |                 | Seebodennähe<br>( 1m über Grund) |              | See total          |                  |                    |             | Epilimnion<br>( 0 - 10 m) |             | Beginn<br>bis<br>Ende<br>Seejahr | 10.01<br>bis<br>25.07<br>1994 | 25.07<br>bis<br>16.01<br>1995 |
|  | Maximum<br>Minimum        | Zeit            | Maximum<br>Minimum               | Zeit         | Beginn<br>10.01.94 | Ende<br>16.01.95 | Maximum<br>Minimum | Zeit        | Maximum<br>Minimum        | Zeit        |                                  |                               |                               |
| <b>Thermik</b><br>(a) °C, (b) 10 <sup>3</sup> Kcal                 | 24,6<br>3,5               | VII<br>I-95     | 8,3<br>5,5                       | IX<br>V      | 2232               | 1672             | 8295<br>1672       | VII<br>I-95 | 4830<br>1072              | VII<br>I-95 | +560                             | +387<br>3                     | -4209                         |
| <b>Sauerstoff</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> (b) t                  | 14,4<br>7,2               | V<br>VIII       | 11,9<br>0,8                      | IV<br>X      | 5505               | 5286             | 6012<br>3199       | V<br>VIII   | 2931<br>1821              | V<br>VIII   | +219                             | +179<br>2                     | -1572                         |
| <b>Orthophosphat - P</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t         | 22,0<br>2,0               | I<br>VII, VIII  | 66,0<br>5,0                      | VII<br>IV    | 11,0               | 5,9              | 11,0<br>1,6        | I<br>V      | 4,6<br>0,4                | I<br>IX     | -5,1                             | -5,9                          | +0,8                          |
| <b>Phosphor, hydrolysiert</b><br>(A) mg m <sup>-3</sup> , (b) t    | 11,0<br><1                | VIII<br>XII     | 5,0<br><1                        | II<br>VI     | 1,4                | 1,8              | 2,6<br>0,3         | V<br>XII    | 1,5<br>0,6                | VIII<br>VII | +1                               | -1                            | +5                            |
| <b>Phosphor, gelöst</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t          | 26,0<br>6,0               | I<br>V          | 68,0<br>8,0                      | VII<br>IV    | 12,5               | 7,8              | 12,5<br>3,1        | I<br>IV     | 5,4<br>1,2                | I<br>VI     | -4                               | -5                            | +1                            |
| <b>Phosphor, partikulär</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t      | 25,0<br>2,0               | IV<br>I         | 21,0<br>5,0                      | IV<br>VIII   | 3,0                | 0,9              | 15,9<br>6,1        | IV<br>I-95  | 4,9<br>0,4                | IV<br>I-95  | -2                               | -1                            | -1                            |
| <b>Phosphor, total</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t           | 34,0<br>10,0              | IV<br>X         | 26,1<br>2,2                      | XI<br>I-95   | 15,5               | 8,8              | 1,5<br>0,6         | I<br>XII    | 6,6<br>2,3                | I<br>X      | -7                               | -6                            | -1                            |
| <b>Nitrat - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                | 1090,0<br>500,0           | II<br>VII, VIII | 1430<br>520                      | III<br>XI    | 547,9              | 319,4            | 547,9<br>295,9     | II<br>VIII  | 226,0<br>114,1            | II<br>VIII  | -60                              | -151                          | +91                           |
| <b>Nitrit - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t                | 18,0<br>3,0               | XII<br>III, IV  | 63,0<br>3,0                      | V<br>IV, VII | 5,8                | 3,7              | 9,1<br>1,4         | V<br>IV     | 3,7<br>0,6                | XII<br>IV   | -2                               | -2                            | -1                            |
| <b>Ammonium - N</b><br>(a) mg m <sup>-3</sup> , (b) t              | 71,0<br>10,0              | XI<br>IX        | 204<br>12,0                      | XI<br>VII    | 12,3               | 12,1             | 33,4<br>6,4        | XI<br>V     | 14,6<br>2,7               | XI<br>V     | -1                               | -6                            | +6                            |
| <b>Silikat (SiO<sub>2</sub>)</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t | -<br>-                    | -<br>-          | -<br>-                           | -<br>-       | -                  | -                | -<br>-             | -<br>-      | -<br>-                    | -<br>-      | -                                | -                             | -                             |
| <b>Calcium</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> (b) t                     | 52,4<br>38,0              | V<br>VIII       | 52,0<br>45,8                     | VII<br>XII   | 24,1               | 23,5             | 25,1<br>21,1       | V<br>XI     | 10,7<br>8,2               | V<br>VIII   | -1                               | -2                            | +3                            |
| <b>Magnesium</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t                 | 10,2<br>7,1               | VI<br>IX        | 9,6<br>8,2                       | V<br>III     | 4,2                | 4,1              | 4,7<br>3,6         | VI<br>IX    | 2,0<br>1,6                | VI<br>XI    | 0                                | -1                            | +1                            |
| <b>Chlorid</b><br>(a) mg l <sup>-1</sup> , (b) t                   | 6,6<br>4,4                | V<br>XI         | 8,4<br>5,3                       | II<br>V      | 3432               | 2798             | 3432<br>2343       | I<br>X      | 1310<br>1012              | V<br>XII    | -634                             | -688                          | +56                           |

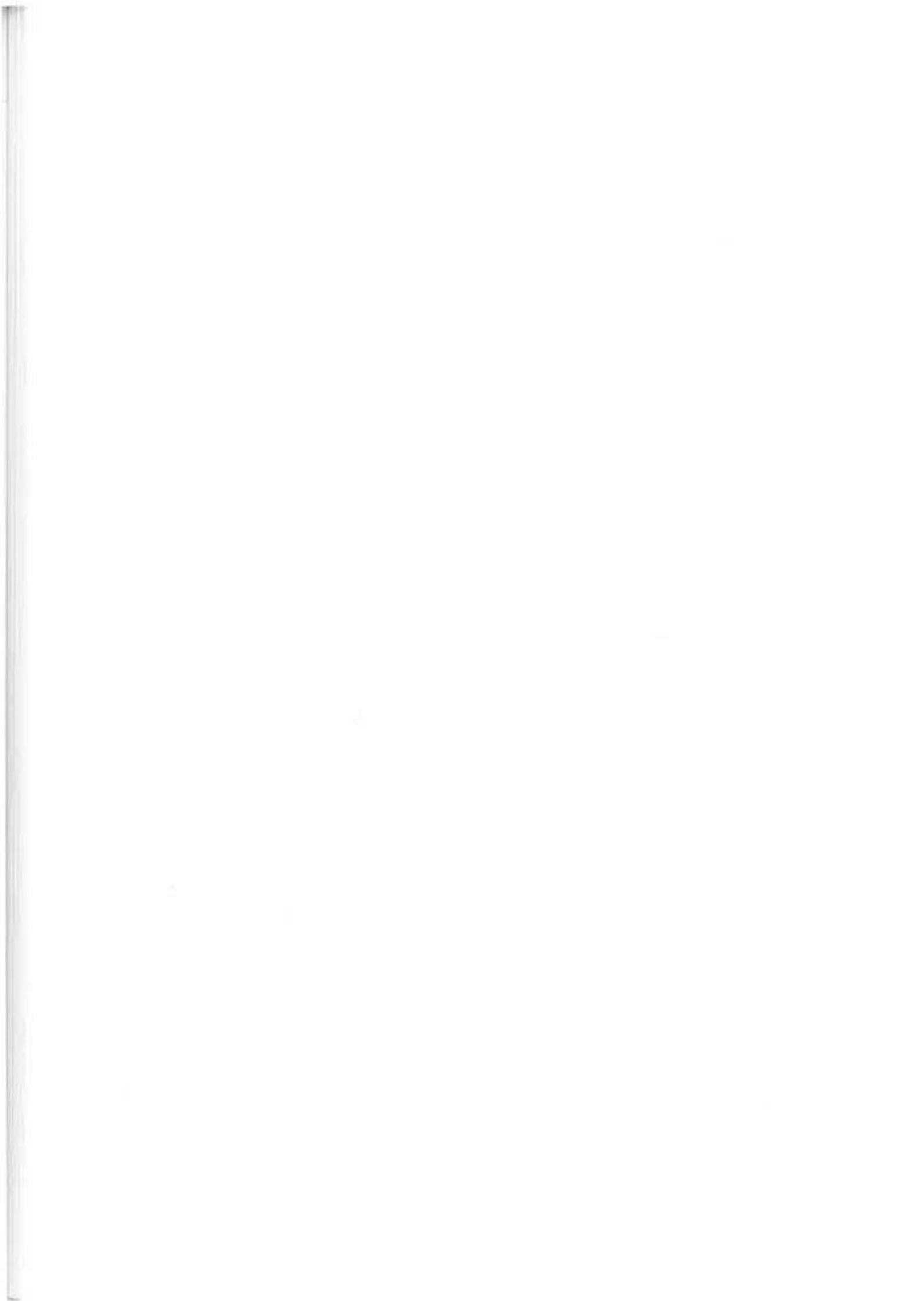


**Tabelle 6**

**Vergleich von Meßwerten der verschiedenen Teile des Bodensee - Untersees  
Seejahr 1994 / 95 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)**

| <b>Meßwerte in "0" m</b>                                  | <b>Z</b> | <b>R</b> |
|---|----------|----------|
| <b>Temperatur in °C</b>                                   |          |          |
| Maximum   | 23,3     | 24,6     |
| Minimum   | 3,9      | 3,5      |
| <b>Sauerstoff in mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup></b>      |          |          |
| Maximum   | 12,2     | 14,1     |
| Minimum   | 8,1      | 9,0      |
| <b>pH in pH - Einheiten</b>                               |          |          |
| Maximum   | 8,6      | 8,6      |
| Minimum   | 7,9      | 8,1      |
| <b>Orthophosphat in mg PO<sub>4</sub>-P m<sup>3</sup></b> |          |          |
| Maximum   | 31,0     | 22,0     |
| Minimum   | <1       | 2,0      |
| <b>Phosphor partikulär mg P m<sup>3</sup></b>             |          |          |
| Maximum   | 23,0     | 25,0     |
| Minimum   | 6,0      | 4,0      |
| <b>Nitrat in mg NO<sub>3</sub>-N m<sup>3</sup></b>        |          |          |
| Maximum   | 1510,0   | 1090,0   |
| Minimum   | 610,0    | 500,0    |
| <b>Ammonium in mg NH<sub>4</sub>-N m<sup>3</sup></b>      |          |          |
| Maximum   | 10,0     | 71,0     |
| Minimum   | 10,0     | 11,0     |
| <b>Eisen total in mg Fe m<sup>3</sup></b>                 |          |          |
| Maximum   | 42,0     | --       |
| Minimum   | 25,0     | --       |

| Meßwerte in Seebodennähe                              | Z         | R         |
|---|-----------|-----------|
|   | 22 - 24 m | 44 - 46 m |
| Temperatur in °C                                      |           |           |
| Maximum   | 10,5      | 8,3       |
| Minimum   | 4,2       | 3,5       |
| Sauerstoff in mg O <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>       |           |           |
| Maximum   | 12,2      | 11,9      |
| Minimum   | 0,8       | 1,8       |
| pH in pH - Einheiten                                  |           |           |
| Maximum   | 8,4       | 8,4       |
| Minimum   | 7,5       | 7,9       |
| Orthophosphat in mg PO <sub>4</sub> -P m <sup>3</sup> |           |           |
| Maximum   | 186,0     | 161,0     |
| Minimum   | 8,0       | 5,0       |
| Nitrat in mg NO <sub>3</sub> -N m <sup>3</sup>        |           |           |
| Maximum   | 2570,0    | 1420,0    |
| Minimum   | 650,0     | 520,0     |
| Ammonium in mg NH <sub>4</sub> -N m <sup>3</sup>      |           |           |
| Maximum   | 390,0     | 204,0     |
| Minimum   | 10,0      | 12,0      |
| Eisen total in mg Fe m <sup>3</sup>                   |           |           |
| Maximum   | 201,0     | --        |
| Minimum   | 31,0      | --        |



---

Anhang

## Bericht der Sachverständigen zur Pestizidbelastung des Bodensees

Bei ersten Untersuchungen auf Pflanzenschutzmittel (Pestizide) in Wasserproben aus verschiedenen Freiwasserbereichen des Bodensee-Obersees und aus einigen Zuflüssen in den Jahren 1990 und 1991 konnten Herbizide aus der Gruppe der Triazine wie Atrazin, Desethylatrazin (Abbauprodukt von Atrazin), Simazin und vereinzelt Terbutylazin in Spuren nachgewiesen werden (siehe Anhang zum grünen Bericht Nr.19). Wegen der Bedeutung dieser, auch in geringen Dosen, hoch wirksamen Substanzen für die Qualität des Seewassers und mithin für seine Lebewesen, blieb das Thema Pestizide seither auf der Tagesordnung der INTERNATIONALEN GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE.

Inzwischen gibt es eine Reihe weitere Untersuchungsergebnisse, insbesondere aus den Bodenseezuflüssen, die den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in den Bodensee bestätigen. Im einzelnen sind den Sachverständigen folgende Erhebungen bekannt::

In Österreich fanden im Rahmen der Umsetzung der Wassergüte-Erhebungsverordnung in den Jahren 1992 und 1993 auch Untersuchungen über Pestizidbelastungen von Bodenseezuflüssen statt. An verschiedenen Meßstellen von Neuer Rhein, Alter Rhein, Leiblach, Bregenzerach, Dornbirnerach und Lustenauer Kanal wurden an jeweils sechs Terminen Stichproben für Pestiziduntersuchungen entnommen. Dabei ließen sich vor allem in Proben aus dem Alten Rhein, der Dornbirnerach, der Leiblach und aus dem Lustenauer Kanal einige Herbizide aus der Gruppe der Triazine sowie Metolachlor und Alachlor in Spuren nachweisen.

Von Schweizer Seite wurden in Bodenseezuflüssen bisher keine Pestiziduntersuchungen durchgeführt. Im Zuge einer nationalen Untersuchungskampagne zu Trichloressigsäure (TCA) wurde auch die NADUF-Meßstelle im Rhein bei Diepoldsau einbezogen (NADUF = Nationales Programm für die analytische Daueruntersuchung der schweizersichen Fließgewässer). Die gemessene Konzentration für TCA im Rhein bei Diepoldsau lag mit  $< 30 \text{ ng L}^{-1}$  unter der Nachweisgrenze.

Die Verwendung des Herbizids TCA ist in der Schweiz seit 1989 verboten. Der Haupteintrag erfolgt über die Atmosphäre und die Auswaschung durch den Regen. TCA entsteht vor allem aus dem Abbau von 1,1,1-Trichlorethan und Per- und Trichlorethen.

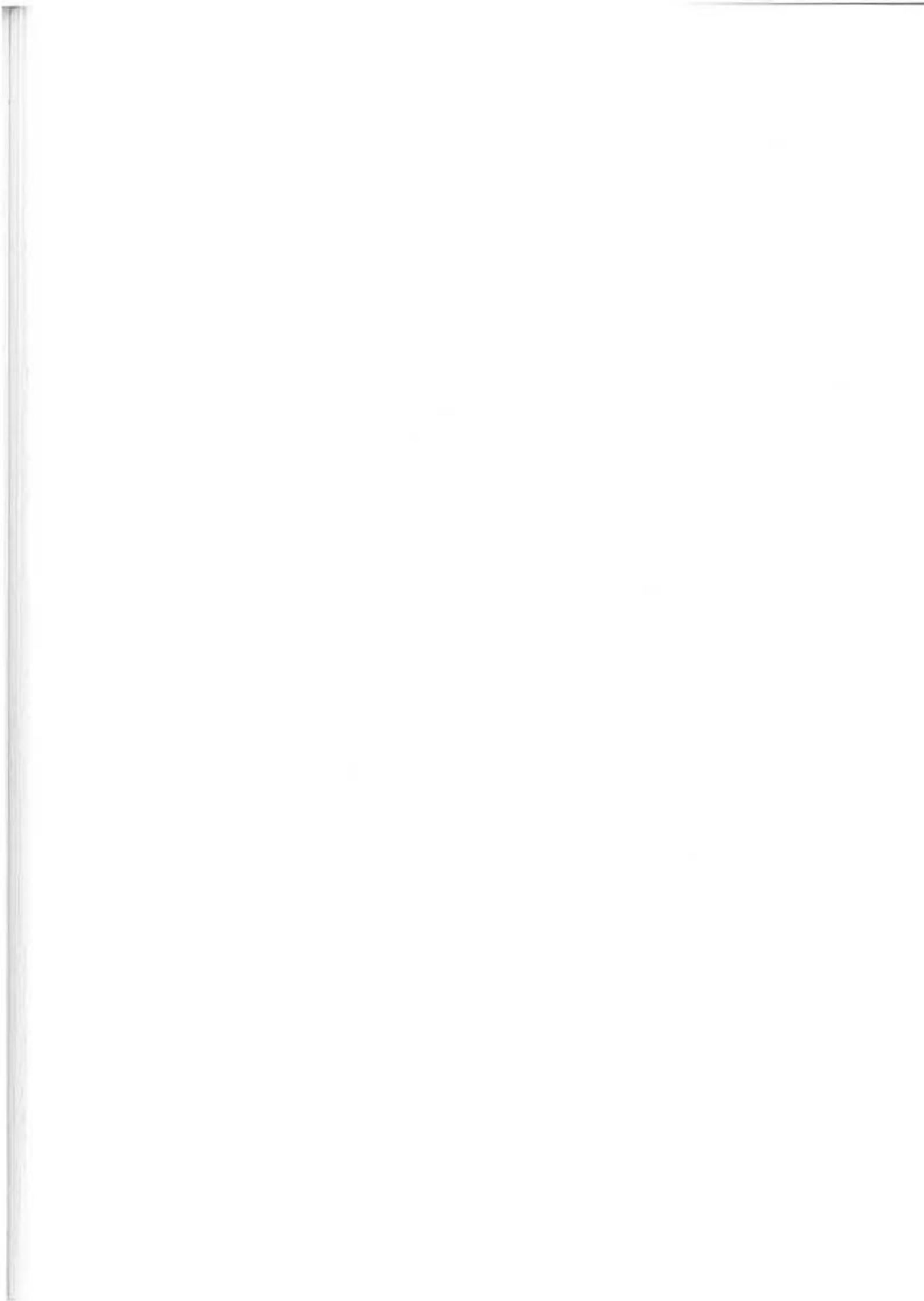
In Baden-Württemberg wurden von 1990 bis 1993 die Zuflüsse Argen, Schussen, Rotach, Seefelder Aach und Stoackacher Aach auf verschiedene Herbizide und Insektizide untersucht. Nachweisbar waren die Herbizide Atrazin, Desethylatrazin, Simazin, Terbutylazin, Diuron, Isoproturon und vereinzelt Methabenzthiazuron. Als Folge des Atrazinverbotes ab März 1991 lagen die Konzentrationen von Atrazin und Desethylatrazin ab 1992 meist nur noch knapp über den Bestimmungsgrenzen (Atrazin:  $0.01$ ; Desethylatrazin:  $0.03 \mu\text{g L}^{-1}$ ). In den beiden Jahren davor hatten die Höchstwerte dieser Stoffe noch etwa  $0.5$  bis  $1 \mu\text{g L}^{-1}$  erreicht. Auffallend war eine deutliche Zunahme der Diuron-Konzentration in mehreren baden-württembergischen Zuflüssen, die weitgehend parallel zur Abnahme der Atrazingehalte verlief.

Für die Bewertung dieser Untersuchungsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß nur ein Teil der in den Anrainerstaaten zugelassenen Wirkstoffe analytisch ausreichend empfindlich nachweisbar ist. Deshalb und wegen der Schwierigkeit schwebstoffgebundene Substanzen analytisch vollständig zu erfassen, ist eine Überwachung dieser Stoffe über

Immissionsmessungen generell nur sehr lückenhaft möglich.

Andererseits ist auch durch Verbrauchsdaten ein Überblick über die im Einzugsgebiet des Bodensees nach Art und Menge tatsächlich verwandten Pflanzenschutzmittel kaum zu gewinnen. Zu zahlreich sind die in Frage kommenden Wirkstoffe und ihre Einsatzbereiche in Landwirtschaft und Gartenbau sowie im außerlandwirtschaftlichen Bereich (Haus- und Gartenbesitzer, Kommunen, Bundesbahnen, Industrie, Militär u.a.) Auch die, beispielsweise in der Bundesrepublik Deutschland nach § 19 des Pflanzenschutzgesetzes über die Biologische Bundesanstalt publizierten Listen über Art und Menge der im Inland abgegebenen und der ausgeführten Wirkstoffe ist viel zu pauschal, um hieraus Rückschlüsse auf die für den Bodensee relevanten Pestizide zu ziehen. Ähnliches gilt für die in den Ländern rund um den See existierenden Pflanzenschutzempfehlungen der zuständigen Landwirtschaftsämter, die allenfalls grobe Hinweise auf mögliche Pestizidanwendungen geben.

Die Bemühungen um eine Verminderung der Belastung des Bodensees mit Pflanzenschutzmitteln müssen sich daher auf eine fortdauernde generelle Reduzierung des Pestizideinsatzes konzentrieren. Dies kann in erster Linie erreicht werden durch die strenge Einhaltung der Regeln einer ordnungsgemäßen Landwirtschaft (gute fachliche Praxis) und eine weitere Einschränkung der Verwendung von Pestiziden in landwirtschaftlichen wie auch außerlandwirtschaftlichen Bereichen durch Anwendung nicht chemischer, alternativer Methoden des Pflanzenschutzes bzw. der Unkrautbekämpfung. Letzere werden beispielsweise bei den Bahnen zur Freihaltung von Gleisen teilweise bereits erprobt. Verbote bestimmter Wirkstoffe können in Einzelfällen, etwa bei extremer Giftigkeit oder Schwebbaubarkeit der Stoffe, geboten sein, sind jedoch wegen der Ersatzstoffproblematik keinallgemein brauchbarer Lösungsansatz.



## **AUSKÜNFTE**

**Baden-Württemberg:**

**Ministerium für Umwelt  
Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9**

**D-70182 Stuttgart**

**Bayern:**

**Bayerisches Landesamt für  
Wasserwirtschaft  
Lazarettstraße 67**

**D-80636 München**

**Österreich:**

**Amt der Vorarlberger Landesregierung  
Römerstraße 15**

**A-6901 Bregenz**

**Schweiz:**

**Bundesamt für Umwelt,  
Wald und Landschaft (BUWAL)**

**CH-3003 Bern**

Technische Herstellung, Grafik und Druck:  
Siegl-Druck GmbH · 88046 Friedrichshafen · Adelheidstraße 26-28 · Telefon (075 41) 92 07-0

Dieser Bericht wurde auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.