

Bericht Nr. 33

Limnologischer Zustand des Bodensees

Jahresbericht Januar 2005 bis März 2006
-Untersuchungsprogramm Freiwasser-

Bericht der Sachverständigen
zum Fachbereich Einzugsgebiet

Bericht Nr. 33

Limnologischer Zustand des Bodensees

Jahresbericht Januar 2005 bis März 2006
-Untersuchungsprogramm Freiwasser-

Bericht der Sachverständigen
zum Fachbereich Einzugsgebiet

VORWORT

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees im Jahr 2005 / 2006. 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. Hans-Rudolf Bürgi, Dübendorf
 Mag. Dietmar Buhmann, Bregenz
 Dipl. nat. ETH. Heinz Ehmann, Frauenfeld
 Dr. Hans Güde, Langenargen
 Dr. Harald Hetzenauer, Langenargen
 Dr. Reiner Kümmerlin, Langenargen
 Dipl.-Inform. Günther Kuhn, Langenargen
 Dipl.-Ing. Robert Obad, Langenargen
 Dr. Henno Roßknecht, Langenargen
 Dr. Heinz Gerd Schröder, Langenargen
 Dr. Hans Bernd Stich, Langenargen
 Dr. Thomas Wolf, Langenargen

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

Umweltinstitut des Landes Vorarlberg in Bregenz:
 Untersuchungen des Chemismus in der Bregenzer Bucht.

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

Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, Frauenfeld:
 Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus und des Phytoplanktons im Untersee-Rheinsee.

Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Langenargen:
 Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus, des Phyto- und Zooplanktons im Obersee und Untersee-Zellersee, bakteriologische Untersuchungen, physikalische und sedimentologische Untersuchungen; Datenverarbeitung und Berichterstattung.

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

Der Deutsche Wetterdienst, Offenbach, stellte Daten der Wetterstation Konstanz für die Analyse der meteorologischen Situation des Obersees zur Verfügung.

	Abb.	Tab.	Seite
Einleitung			4
Zustandsbeschreibung für das Seejahr			5
	1		16
Langfristige Entwicklung von			
Phosphor (Obersee), Sauerstoff (Obersee), Chlorid (Obersee), Stickstoff (Obersee), Phytoplankton (Obersee), Zooplankton (Obersee), Phytoplankton (Untersee, Zellersee)	2-5		17-20
Obersee			
Witterung, Wasserstände, Temperatur, Sauerstoff, Orthophosphat, Andere Phosphorverbindungen, Nährstoffinhalte, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Stickstoff partikulär, Silikat, Anorganische Kohlenstoffverbindungen, Eisen, Mangan, Phytoplankton, Zooplankton, Bakterienplankton	6-31	2	65 21-36
Untersee			
Zellersee Thermik, Sauerstoff, Orthophosphat, Nährstoffinhalte, Eisen, Andere Phosphorverbindungen, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Silikat, Anorganische Kohlenstoffverbindungen, Phytoplankton	32-51	4	69 37-47
Rheinsee Thermik, Sauerstoff, Orthophosphat, Nährstoffinhalte, Eisen, Andere Phosphorverbindungen, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Silikat, Anorganische Kohlenstoffverbindungen, Phytoplankton	52-72	5	71 48-59
Vergleich des limnologischen Zustandes an verschiedenen Untersuchungsstationen			
Obersee		3	67
Untersee		6	73
Anhang			
Bericht des Fachbereichs Einzugsgebiet über das Jahr 2004/2005			75
Auskünfte			83

EINLEITUNG

Der Bericht zum Seejahr 2005 / 2006 enthält eine kurze Beschreibung und Bewertung des aktuellen Seezustandes, ergänzt durch die Darstellung der langfristigen Entwicklung der wichtigsten Größen. Sie werden von Jahr zu Jahr fortgeschrieben.

Die dann folgenden Abbildungen und Tabellen geben eine Übersicht über Örtlichkeiten, Wassertiefe und Zeitpunkt der Probenahme und Messungen sowie über Klimabedingungen, Temperatur, 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 unter Verwendung der Seevolumina berechnet, die sich aus der Tiefenvermessung von 1990 ergeben haben. Quervergleiche zwischen verschiedenen Obersee-Untersuchungsstationen werden nur für einige ausgewählte Parameter durchgeführt. Seit Januar 2000 werden die Untersuchungen nach dem überarbeiteten Programm für die Langzeituntersuchungen durchgeführt, wie es im Anhang des Grünen Berichtes Nr. 26 beschrieben wurde.

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 (ISF) der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, den damit direkt befassten Stellen zugestellt. Nachdem die datentechnischen Umstrukturierungen im Jahr 2001 abgeschlossen werden konnten, werden die Daten der IGKB nun in einer zentralen Datenbank im Bodensee - Wasserinformationssystem (BOWIS) am Institut für Seenforschung archiviert.

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. Zur langjährigen chemischen und biologischen Entwicklung im Freiwasser des Bodensees wird auf die Blauen Berichte Nr.37 (1987: Crustaceenplankton), 39 (1989: Phytoplankton) und 48 (1998: chemische Parameter im Bodensee-Obersee) verwiesen.

Zustandsbeschreibung für das Seejahr 2005/2006

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

Im Seejahr 2005/06 ging die Phosphorkonzentration von 9 auf 8 mg/m³ zurück. Der Gehalt an anorganischem Stickstoff - im wesentlichen Nitrat - blieb bei 0,94 g/m³ konstant. Die Biomasse des Phytoplanktons lag 2005 mit 9,5 g/m² etwas über dem Vorjahreswert (8,4 g/m²).

Die mittleren monatlichen Sauerstoffgehalte in 200-254 m Tiefe lagen nach einer sehr intensiven Durchmischung des Sees ab März 2005 stets über den Werten des Vorjahres. Demzufolge war auch das herbstliche Sauerstoffminimum über Grund in 254 m Tiefe in 2005 mit 7,5 g/m³ etwas höher als im Vorjahr (7,2 g/m³).

Die **hydrologische Situation** war im Mittel bis in den Herbst 2005 hinein durch eine ausgeglichene Temperatur- und Schichtungsentwicklung des Sees gekennzeichnet. Im weiteren Verlauf traten dann mehrere zum Teil bedeutende hydrologische Ereignisse ein, die dieses Seejahr besonders auszeichnen.

Aufgrund der relativ warmen Lufttemperaturen im April und Mai 2005 mit mittleren Monatstemperaturen die 1,1 Grad bzw. 0,6 Grad über dem 30-jährigen Mittelwert lagen, entwickelte sich die thermische Schichtung des Sees relativ rasch. Das Metalimnion erreichte am 10.05.2005 bereits eine Tiefe von etwa 35 m, wobei die Oberflächentemperaturen 10,5°C und am 24.05.2005 13,9°C erreichten, während das Hypolimnion fast konstant 4,2°C aufwies. Im Juni erfolgte dann bei gleichzeitiger Konsolidierung der

Schichtung und des Übergangs vom Meta- ins Hypolimnion bei 40 m eine starke Erwärmung des Epilimnions auf bis zu 22,1°C am 22.06.2005. Dieser Wert stellt auch die im Rahmen der Routinemessungen höchste im Seejahr 2005 - 2006 aufgenommene Wassertemperatur am Messpunkt Fischbach-Uttwil dar. Die starke Erwärmung lässt sich auf die im Mittel 2,1° höhere Monatsmitteltemperatur im Juni zurückführen. Während Juli und August im Vergleich zum Langzeitmittel jeweils niedrigere mittlere Temperaturwerte aufwiesen, waren September und Oktober wiederum mit 16,5°C und 11,7°C um 1,8°C bzw. 1,6° C Grad wärmer als die langjährigen Mittelwerte. Bis zum 9.09. hatte sich dann das Epilimnion bis auf etwa 20 m abgesenkt während die Übergangsschicht des Metalimnions bis auf etwa 110 m abgesunken war. Die Tiefenstruktur der thermischen Schichtung blieb bis Anfang Dezember erhalten, während gleichzeitig die Epilimniontemperatur auf 7°C absank. Im Verlauf des Dezember 2005 (1,4°C unter dem 30-jährigen Mittelwert) und des sehr kalten Januar 2006 (Mittlerer Monatswert - 1,7°C; 2,2°C unter dem 30-jährigen Mittelwert) kam es dann zur Absenkung der durchmischten Zone bis auf 120 m, die am 30.01.2006 eine Temperatur von 4,2°C aufwies. Im Laufe des Februar und März kam es zur weiteren Durchmischung und Abkühlung bis auf Werte unter 3,8°C (Messungen in 250 m Wassertiefe am 8.03. und 20.03.2006). Damit hatte sich die Temperatur dem theoretischen Wert für das Dichtemaximum in dieser Tiefe angenähert. Eine weitestgehende Durchmischung der Wassersäule fand Anfang bis Mitte

März 2006 statt, wobei mit Temperaturdifferenzen von maximal $0,1^{\circ}\text{C}$ über die gesamte Wassersäule nahezu Homothermie erreicht wurde und sich auch die Unterschiede in der Leitfähigkeit mit $\text{dS} < 5 \mu\text{S}/\text{cm}$ auf sehr niedrigen Niveau bewegten.

Das Seejahr 2005-2006 zeichnet sich neben diesen bis zum Herbst 2005 im wesentlichen moderat verlaufenden Stratifikationsgeschehen durch drei extreme Ereignisse aus.

Zum einen gab es im Jahr 2005 mit dem Augusthochwasser vom 22.-23.08.2005 ein Ereignis, das als Jahrhunderthochwasser bezeichnet werden kann und in seiner Ausprägung und Charakteristik die Kennwerte der größten am See beobachteten Hochwässer erreicht. Unter anderem wurde der maximale 24-stündige Wasserspiegelanstieg von 1999 mit 45 cm in 24 h durch den Anstieg zwischen dem 22. und 23.08.2005 um 10 cm übertroffen und lag damit bei 55 cm in 24 h. Dies entspricht einem durchschnittlichen Zufluss von $3'400 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Abfluss von $400 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Auswirkungen dieses Hochwasserereignisses waren nicht nur in hydrologischer Sicht bedeutsam, sondern hatten auch starke Auswirkungen auf die Sedimentation und beeinflussten darüber hinaus die Trinkwassergewinnung durch eingetragene Feinsedimente und Schwebstoffe. Erste Erhebungen zeigen, dass die mit diesem Hochwasser eingetragenen Sedimentablagerungen größer sind als die der Hochwässer von 1999 und 1987 und Schichtmächtigkeiten zwischen einigen Dezimetern vor Wasserburg und einigen Zentimetern vor Friedrichshafen erreicht wurden.

Das zweite Extremereignis kündigte sich bereits im Sommer 2005 mit sehr niedrigen mittleren Pegelständen an, die bis zu 90 cm unter den langjährigen

Mittelwerten für diesen Zeitraum lagen. Im Dezember erreichte der Bodensee mit 2,45 m einen sehr niedrigen mittleren Monatspegel, wobei am 22.12.2005 mit 2,46 m der niedrigste jemals an diesem Tag gemessene Pegelwert seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1850 registriert wurde. Im Weiteren setzte sich dieser Trend mit fallenden Wasserständen jahreszeit-spezifisch fort, so dass im Januar 2006 mit 2,37 m ein mittlerer Wasserstand erreicht wurde, der noch deutlich unter dem bereits im Vorjahr recht niedrigen mittleren Wasserstand für diesen Monat von 2,58 m lag. Im Gegensatz zu den Werten der Wasserstandsentwicklung des Vorjahres, die sich bereits im Februar 2005 von einem vergleichsweise hohem Niveau aus wieder normalisierte, verblieb der Wasserstand im Jahr 2006 ungewöhnlich lange auf einem sehr niedrigem Niveau und erreichte am 15.02.2006 mit 2,28 m den niedrigsten Stand dieses Seejahres, der nur 2 cm höher lag als der absolut niedrigste Wasserstand seit Beginn der Registrierungen mit 2,26 m. Auch für den Februar wurde damit wiederum ein Monatsmittelwert von nur 2,37 m ausgewiesen.

Erst gegen Ende Februar und im März erfolgte dann durch Regenfälle und das Abschmelzen niedrig gelegener Schneelagen die schnelle Erhöhung des Wasserstandes.

Das dritte Extremereignis des Seejahres 2005-2006 betrifft die Abkühlung des Sees im Winter 2005/2006 und die Auflösung der Stratifikation in dieser Zeit. Durch die bereits genannten sehr niedrigen Temperaturen in den Monaten Januar, Februar und März mit jeweiligen Temperaturmittelwerten von $-1,7^{\circ}\text{C}$ ($2,2^{\circ}\text{C}$ unter 30-MW), $0,6^{\circ}\text{C}$ (1°C unter 30-MW), und $3,4^{\circ}\text{C}$ ($2,2^{\circ}\text{C}$ unter 30-MW) kam es zu einer extremen Abkühlung der gesamten Wassersäule mit Hypolimniontem-

peraturen, die sich nahe dem theoretischen Tiefstwert für das Dichtemaximum in dieser Tiefe bewegten.

Die Konzentration des **Gesamtposphors** im Freiwasser betrug im Frühjahr 2006 während der Monate Februar bis April im Mittel 8 mg/m^3 (Abb. 2A, Konzentration während der Vertikalzirkulation). Damit nahm die Phosphorkonzentration während der Zirkulationsphase gegenüber dem Vorjahr erneut leicht ab (2005: 9 mg/m^3 ; 2004: 10 mg/m^3 ; 2003 und 2002: 12 mg/m^3).

Der **Orthophosphat - Phosphor** lag von Anfang April bis Dezember 2005 in den oberen Schichten bis in Tiefen von 30-50 m meist unter 2 mg/m^3 . Das volumengewichtete Mittel von 0 bis 30 m blieb in diesem Zeitraum mit $0,9 \text{ mg/m}^3$ geringfügig unter dem Wert des Vorjahres ($1,1 \text{ mg/m}^3$).

Der **anorganische Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente erreichte 2005 im Jahresmittel mit $0,94 \text{ g/m}^3$ den Wert des Vorjahres (Abb. 2C).

Chlorid als Indikator vielfältiger Salzbelastungen stieg im Jahresmittel von $5,3$ (2004) auf $5,5 \text{ g/m}^3$ leicht an (Abb. 2C).

Die **Sauerstoffgehalte** im Hypolimnion des Obersees von 200 - 254 m Tiefe lagen ab März 2005 über dem Niveau des Vorjahres. Lediglich im Januar und Februar, vor der kräftigen Durchmischung des Wasserkörpers bis zum Grund, war die Konzentration des Vorjahres 2004 höher.

Der gesamte Sauerstoffinhalt des Obersees blieb in den Monaten März und April 2006 mit 533 000 Tonnen auf dem Niveau des Vorjahres.

Die niedrigste einen Meter über Grund gemessene Sauerstoffkonzentration

betrug $7,5 \text{ g/m}^3$. Sie wurde Mitte August 2005 erreicht. Seit 1961, dem Beginn der IGKB-Messungen, ist dies der höchste im Jahresverlauf beobachtete Minimalwert. Er zeigt die abnehmende Sauerstoffzehrung am Seeboden und dokumentiert die fortschreitende Stabilisierung des Ökosystems Bodensee (Abb. 2B). Diese Beobachtung entspricht einer Entwicklung, die gemäß Modellrechnung mit dem derzeit geringen Phosphorgehalt konform geht.

Das **Phytoplankton** im Bodensee-Obersee erreichte 2005 im Jahresmittel eine Biomasse von $9,5 \text{ g/m}^2$ (0-20m) und liegt damit etwas höher als im Vorjahr. In den vergangenen Jahren wurden folgende Werte festgestellt. 2004: $8,4 \text{ g/m}^2$, 2003: $9,2 \text{ g/m}^2$, 2002: $13,0 \text{ g/m}^2$, 2001: $6,7 \text{ g/m}^2$, 2000: $8,9 \text{ g/m}^2$, 1999: 9 g/m^2 , 1998: $12,6 \text{ g/m}^2$, 1997: $13,6 \text{ g/m}^2$ und 1996: $13,4 \text{ g/m}^2$ (0-20 m). Der kontinuierliche Abfall der Gesamtbiomasse seit 1997 war im Jahr 2002 durch einen Wiederanstieg auf das Niveau von 1997 unterbrochen worden; inzwischen hat sich die Jahresdurchschnittsbiomasse auf einem Niveau stabilisiert, das dem Mittel der letzten acht Jahre entspricht, also Werten zwischen $6,7$ und 13 g/m^2 . Dieser Wert liegt ungefähr auf der Höhe der Biomasse von 1961.

Der bereits in den letzten Jahren mit Ausnahme des Jahres 2002 beobachtete Trend zu niedrigeren Frühjahrsblüten setzte sich auch 2005 weiter fort. Die Frühjahrsblüte begann 2005 früher als im Vorjahr bereits Ende März und erreichte ihren Höhepunkt bereits Mitte April mit $14,1 \text{ g/m}^2$; dieser Wert entspricht fast dem des Vorjahrs. Das Klarwasserstadium von Mitte Mai bis Anfang Juni war ausgeprägter und kürzer als im Vorjahr. Danach entwickelte sich sehr schnell eine starke Frühsommerblüte, deren Maximum am 21.6. mit $36,8 \text{ g/m}^2$ gemessen wurde; dieses war

auch der Maximalwert im Jahr 2005. Die Biomasse sank schnell wieder ab und verharrte von Juli bis Ende September auf Werten zwischen $9,4 \text{ g/m}^2$ und 16 g/m^2 . Nach einem Herbstminimum im Oktober stieg die Biomasse im November noch einmal an und erreichte Ende November ein kleines Herbstmaximum von $15,2 \text{ g/m}^2$; danach sank sie wieder ab auf das jedes Jahr zu beobachtende Winterminimum mit Werten zwischen 2 und 6 g/m^2 .

Die zentrischen Kieselalgen traten 2005 wie in den drei Vorjahren stark in den Hintergrund und erreichten nur von Februar bis Anfang April, im Juli und Anfang August nennenswerte Anteile an der Biomasse. Dominierend waren *Cyclotella bodanica*, *C. cyclopuncta* und *C. pseudostelligera* als dezidierte Oligotrophierungsanzeiger sowie *Stephanodiscus neoastraea* als euryöke Form mit hoher Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Umweltbedingungen. Die pennaten Kieselalgen traten während des Frühsommermaximums im Juli und im Oktober stark in den Vordergrund. Während des Maximums im Juni bildeten sie den größten Teil der Biomasse, wobei vor allem *Fragilaria*, *Asterionella* und *Synedra* dominierten. Cryptomonaden erreichten das ganze Jahr über beträchtliche Anteile an der Biomasse; sie dominierten das Planktonbild während der Frühjahrsblüte und Anfang September. Die Dinoflagellaten bevorzugten die Frühjahrsblüte mit *Gymnodinium helveticum* sowie die Monate Juli und September mit *Ceratium hirundinella*. Die Chrysophyceen erreichten von April bis Oktober nennenswerte Anteile an der Biomasse. Während der Frühjahrsblüte dominierte dabei *Erkenia*, im Sommer und Frühherbst verschiedene oligotrophente Arten wie *Mallomonas* und *Dinobryon*. Coccale Grünalgen, die höhere Nährstoffkonzentrationen bevorzugen, erreichten wie bereits in den drei

Vorjahren das ganze Jahr über mit Ausnahme des Herbstmaximums im November nur noch einen unbedeutenden Anteil an der Biomasse. Fädige und coccale Blaualgen wurden wie im Vorjahr kaum noch beobachtet; lediglich im September und November wurden einige Arten gefunden, die nicht als Eutrophierungsanzeiger bekannt sind.

Der Jahresmittelwert des **Crustaceenplanktons** lag 2005 um 62 % höher als im Vorjahr 2004. Die Zunahme der Werte lag zwischen 4% (Daphnien) und 393 % (übrige Cladoceren). Der hohe Zuwachs bei dieser Zählkategorie war insbesondere durch die starke Zunahme von *Bosmina* und *Diaphanosoma* bedingt. Obwohl die Jahresmittelwerte insgesamt höher lagen, zeigten sich bei der saisonalen Entwicklung der einzelnen Zählgruppen Unterschiede.

Während 2004 schon im Mai/Juni hohe Individuendichten vorhanden waren, zeigen die Individuendichten der Daphnien 2005 erst im September hohe Werte. Die Werte lagen bis Mai auf niedrigem Niveau, im Juni / Juli etwas höher und stiegen erst im August deutlich an. Der Verlauf der Individuendichte ist in diesem Jahr so, wie er für einen oligotrophen See typisch ist.

Die Bestände der übrigen Cladoceren (*Bosmina*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii* und *Diaphanosoma brachyurum*) liegen 2005 in allen Monaten höher als im Vorjahr. Der saisonale Verlauf ist in beiden Jahren ähnlich. Das Maximum lag wie 2004 im September, die Individuendichte betrug $33'000 \text{ Ind/m}^2$ (0-100 m). Im Oktober sanken die Werte stark ab ($5'400 \text{ Ind/m}^2$ (0-100 m)).

Die adulten Tiere von *Eudiaptomus gracilis* zeigten in der ersten Jahreshälfte hohe Individuendichten. Das Maximum

lag im März und betrug 83'000 Ind/m² (0-100 m). In den folgenden Monaten lagen die Dichten auf niedrigem Niveau (Mai: 28'000, November 9'000 Ind/m² (0-100 m)). Im Dezember stiegen die Werte nochmals auf 41'000 Ind/m² (0-100 m) an. Anders als im Jahr 2004 lagen die Werte der Copepoditen im Frühjahr relativ hoch. Das Maximum im April betrug 91'000 Ind/m² (0-100 m). Die Werte im Sommer und Herbst lagen ebenfalls auf relativ hohem Niveau. Auffällig ist ein zweites Maximum im Dezember mit 119'000 Ind/m² (0-100 m).

Bei den cyclopoiden Copepoden zeigt der saisonale Verlauf der adulten Tieren deutliche Unterschiede im Vergleich zum Vorjahr. Das erste Maximum mit 125'000 Ind/m² (0-100 m) zeigte sich bereits im April, also einen Monat früher als 2004. Auch das zweite Maximum im August mit 125'000 Ind/m² (0-100 m) zeigte sich ebenfalls einen Monat früher. In den restlichen Monaten des Jahres 2005 lagen die Individuendichten auf niedrigem Niveau. Die Unterschiede zum Vorjahr waren nur unwesentlich. Bei den Copepoditen fehlten zwar die im Januar und Mai 2004 beobachteten Maxima, die Individuendichten im Frühjahr lagen mit Werten zwischen 138'000 Ind/m² (0-100 m) und 237'000 Ind/m² (0-100 m) insgesamt aber höher als 2004. Im Juni und Juli waren die Individuendichten niedrig. Die Werte betrugen 73'000 Ind/m² (0-100 m) und 49'000 Ind/m² (0-100 m). Im August zeigte sich ein zweites Maximum von 223'000 Ind/m² (0-100 m). Die Individuendichte im Dezember war mit 202'000 Ind/m² (0-100 m) aber nur geringfügig niedriger.

Bei der **Gesamtbakterienzahl** - bestimmt durch fluoreszenzmikroskopische Direktzählung - bewegten sich die Werte im Berichtsjahr auf

einem ähnlichen Niveau wie in den Vorjahren. Die seit 1997 im Vergleich zu den Jahren 1980 bis 1996 beobachtete Entwicklung mit geringer ausgeprägten Frühjahrs- und Sommermaxima war nach einer Unterbrechung 2004 auch im Berichtsjahr ausgeprägt. Im Frühjahr 2005 blieben in der Produktionszone (0 -10 m) die Werte bis zum März auf niedrigem winterlichen Niveau, wobei im Januar noch leicht erhöhte Werte in den oberen 30 m festgestellt wurden. Nach einem ersten Anstieg im April 2005 mit Werten über 2×10^6 Bakterien/ml wurden im Mai und Juni 2004 mit Werten über 4×10^6 Bakterien/ml relativ gering ausgeprägte Maxima beobachtet. Im Juli fielen die Bakteriendichten auf $2 - 3 \times 10^6$ Bakterien/ml ab. Im August folgte ein zweites Maximum mit dem Jahreshöchstwert von $4,6 \times 10^6$ Bakterien/ml. Danach fielen die Bakteriendichten stetig bis Dezember bis unter 2×10^6 Bakterien/ml ab. Ab November wurde auch eine Gleichverteilung der Bakteriendichten in den Wasserschichten bis 30 m beobachtet. Zuvor wies die Schicht 10 – 30 m während der Schichtungsphase stets niedrigere Werte als die oberflächennahe Schicht 0 – 10 m auf. In den Tiefenwasserschichten unterhalb 30 m bewegten sich die Bakteriendichten wiederum mit relativ geringen Schwankungen ganzjährig im Bereich von 1×10^6 Bakterien/ml. Im Gegensatz zu den Keimbestimmungen schlug sich das Augusthochwasser nicht in erhöhten Bakteriendichten im Tiefenwasser nieder. Es wurde zu diesem Zeitpunkt lediglich ein stark erhöhter Anteil abiotischer Partikel im Tiefenwasser beobachtet. Insgesamt bilden die geschilderten Befunde die trophiebedingt niedrigeren Abundanzschwankungen der Bakterien ab, geben aber darüber hinaus keinen Hinweis auf aktuelle Zustandsänderungen im See.

Für die seit 1999 an der Station Fischbach-Uttwil durchgeführte monatliche Erhebung der Vertikalverteilung von *Escherichia coli* als Vertreter der **Fäkalbakterien** wurden auch für das Kalenderjahr 2005 die allgemein bemerkenswert niedrigen Belastungswerte für diese Keimgruppe im Freiwasser bestätigt. Im Jahre 2005 lagen 72 % der insgesamt 144 untersuchten Proben unterhalb von 1 Keim/100 ml und mit einer Ausnahme (5.9.05, 100 m Tiefe) lagen auch bei den restlichen Proben die Keimkonzentrationen unterhalb der für Oberflächengewässer immer noch als sehr gering einzustufenden Belastung von 5 Keimen/100 ml. Trotz einer zeitlich 2 Wochen nach dem Auguthochwasser erfolgten Beprobung, war dessen weit überwiegende Einschichtung ins Tiefenwasser auch an den Fäkalkeimkonzentrationen zu erkennen. Diese waren im gesamten Tiefenwasserbereich unterhalb 50 m zwar absolut nur mäßig (zwischen 3 und 5 Keimen/100 ml), gegenüber dem sonst praktisch unbelasteten Hintergrund aber signifikant erhöht. Damit zeigte sich ein ganz anderes Verteilungsbild als beim Frühsommer-Hochwasser 1999, bei dem die Einschichtung von mit Fäkalkeimen belastetem Flusswasser bevorzugt oberhalb der Sprungschicht erfolgte und auf eine wesentlich enger begrenzte Wasserschicht beschränkt war.

Bodensee - Untersee

Die **Phosphorkonzentration** - bestimmt als Gesamtphosphor im Rohwasser - hat 2005 im Rheinsee mit einem Jahresmittel von 11 mg/m³ gegenüber 2004 mit 13 mg/m³ leicht abgenommen. Im Zellersee blieb der Wert bei 18 mg/m³ konstant.

Der Gehalt an **anorganischem Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente nahm 2005 im Rheinsee leicht zu 0,86 g/m³ (2004: 0,82 g/m³). Im Zellersee erhöhte sich der Wert auf 0,93 g/m³ (2004: 0,78 g/m³).

Der **Sauerstoffgehalt** über dem Seeboden betrug im Rheinsee im November 2005 0,1 g/m³. Im Vorjahr hatte die Minimalkonzentrationen Anfang November bei 0,4 g/m³ gelegen. Im Zellersee, der bis 1992 über Jahrzehnte hinweg einen zeitweiligen totalen Sauerstoffschwund aufwies, wurde auch 2005 bei allen Messungen ein geringer Sauerstoff-Restgehalt gemessen. Der niedrigste Wert lag im Oktober bei 0,6 g/m³. Im August 2004 betrug der Minimalwert 1,0 g/m³.

Das **Phytoplankton** im Zellersee erreichte 2005 im Jahresmittel eine Biomasse von 14,2 g/m² (0-20m) und liegt damit etwas höher als im Vorjahr mit 13,9 g/m². In den vergangenen Jahren wurden folgende Werte erreicht. 2003: 16,3 g/m², 2002 und 2001: 12,5 g/m², 2000: 15,1 g/m², 1999: 25,8 g/m², 1998: 18,7 g/m², 1997: 15,7 g/m², 1996: 15,9 g/m² (0-20m). Die Jahresdurchschnittsbiomasse hat sich auf einem Niveau stabilisiert, das etwas tiefer liegt als das Mittel der letzten fünfzehn Jahre. Mit Ausnahme des Jahres 1999 sind dies Werte zwischen 10,5 und 18,7 g/m² (0-20 m). Damit liegt das trophische Niveau im Zellersee deutlich höher als im Bodensee-Obersee. Der Durchschnittswert der letzten fünfzehn Jahre liegt inzwischen bereits unter dem Niveau von 1961.

Im Jahr 2005 trat im Gegensatz zum Vorjahr die in früheren Jahren oft beobachtete Spätwinterblüte wieder ein; am 22.2. wurden 37,9 g/m² gemessen. Dieser Wert war auch die höchste Biomasse, die im Jahr 2005 beobachtet wurde. Nach dem Absinken dieser

Winterpopulation entwickelte sich eine schwache Frühjahrsblüte, die ihren Höhepunkt Anfang Mai mit einem Maximalwert von 21,3 g/m² erreichte. Die Biomasse sank ab auf ein ausgeprägtes Klarwasserstadium Anfang Juni, danach folgte schnell eine Frühsommerblüte Ende Juni mit 21,5 g/m². Danach sank die Biomasse erneut ab; es folgte im Juli und August wieder ein Anstieg auf einen Maximalwert Mitte August von 18,5 g/m². Nach einem weiteren Absinken Anfang September folgte ein Anstieg auf ein Herbstmaximum, dessen Höchstwert Mitte Oktober mit 15,9 g/m² gemessen wurde. Danach folgte ein langsames Absinken auf die Werte der Winterpopulation zwischen 3,5 und 6 g/m².

Die centrischen Kieselalgen traten vor allem im Spätwinterplankton in den Vordergrund. Unter den oligotraphenten Arten dominierte *Cyclotella cyclopuncta* wie in den Vorjahren. *Stephanodiscus neoastraea* als euryöke Form mit hoher Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Umweltbedingungen erreichte daneben beträchtliche Anteile und dominierte zeitweise, vor allem im März und April. Daneben wurde auch *Stephanodiscus alpinus* gefunden. Die oligotraphenten Arten *Cyclotella bodanica* und *C. pseudostelligera* traten im Gegensatz zum Obersee wenig auf. Die pennaten Kieselalgen erreichten von Ende Juni bis Mitte August beträchtliche Anteile an der Biomasse; dabei dominierten vor allem *Fragilaria crotonensis*, daneben auch *Asterionella formosa* und *Synedra*. Das Herbstmaximum wurde von Anfang Oktober bis Anfang November zum großen Teil von *Fragilaria crotonensis* gebildet. Cryptomonaden erreichten fast das ganze Jahr über beträchtliche Anteile an der Biomasse; sie dominierten das Planktonbild von April bis Juni, in der zweiten Septemberhälfte sowie im Spätherbst und Frühwinter. Die

Dinoflagellaten traten wieder stärker in Erscheinung als im Vorjahr; ihr Maximum erreichten sie im April und Mai mit *Gymnodinium helveticum* sowie Anfang September, wobei *Ceratium hirundinella* dominierte. Die Chrysophyceen erschienen ab Februar mit *Erkenia* und im Sommer mit *Heterochromonas*, *Mallomonas* und *Dinobryon*. Grünalgen wurden wie im Vorjahr wenig beobachtet; dabei hatten *Carteria*, *Chlamydomonas* und *Dictyosphaerium* den größten Anteil. Blaualgen spielten lediglich Mitte Juli mit *Anabaena lemmermannii* und Mitte Oktober mit *Chroococcus* eine gewisse Rolle.

Gesamtbewertung des Seezustandes

2005 wurde die beste **Sauerstoffversorgung** der grundnahen Wasserschichten seit Beginn der IGKB-Untersuchungen 1961 gemessen. Dieses Ergebnis bestätigt den seit 1990 beobachteten Trend einer rückläufigen Sauerstoffzehrung des Freiwassers an der tiefsten Stelle im Bodensee-Obersee (Abb. 2B).

Der **Phosphorgehalt** - bestimmt als Gesamtphosphor während der Zirkulationsperiode von Februar bis Anfang April – hat 2006 auf 8 mg/m³ abgenommen. Nach 9 mg/m³ im Jahr 2005 setzte sich damit der seit 25 Jahren beobachtbare Phosphorrückgang erneut fort (Abb. 2A).

Der **anorganische Stickstoffgehalt** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) hat sich auch im vergangenen Untersuchungszeitraum nur wenig geändert und schwankt seit Anfang der achtziger Jahre auf einem Konzentrationsniveau von 0,9 bis 1,0 g/m³ (Abb. 2C).

Der Bodensee-Untersee mit den untersuchten Seeteilen Rheinsee und

Zellersee hinkt in seiner Entwicklung dem Obersee hinterher. Insbesondere die Sauerstoffgehalte in tiefen Seebereichen aber auch der Rückgang der Phosphorgehalte sind davon betroffen. Die Ursachen für den verzögerten Sanierungserfolg liegen in erster Linie in der Ausschwemmung belastender Biomasse aus dem Obersee sowie in der saisonalen Freisetzung von Phosphor aus den Sedimenten. Der flachere Untersee wird mithin stärker gedüngt und produziert eine rund zweifach höhere Biomasse als der Obersee. Infolge der geringeren Seetiefe und dem damit verbundenen verminderten Abstand der Wachstumszonen zum Sediment bleibt der Untersee auch künftig produktiver als der Obersee. Allerdings haben auch im Untersee die Sanierungsmaßnahmen in den vergangenen Jahren zu erheblichen Verbesserungen geführt.

In der **Phytoplankton-Zusammensetzung** des **Obersees** spielen Ubiquisten, also Arten ohne eine Indikationsfunktion eine wichtige Rolle. Das ganze Jahr über erreichten diese Ubiquisten beträchtliche Anteile an der Gesamtbiomasse. Insbesondere die Cryptophyten sind ein sehr gutes Futter für die Primärkonsumenten und stellen somit die Ernährung auch der höheren Stufen der Nahrungskette sicher. Die pennaten Kieselalgen, die die Fröhsommerblüte im Juni dominierten und auch im Juli sowie während des Herbstmaximums beträchtliche Anteile an der Biomasse erreichten, sind dagegen von Zooplankton nur schwer verwertbar.

Gegenüber dem Vorjahr 2004 hat sich die Plankton-Zusammensetzung 2005 nicht wesentlich geändert. Die im Jahr 2002 in den Hintergrund getretenen Oligotrophierungsanzeiger waren wie 2003 und 2004 wieder stärker vertreten und setzten die Entwicklung der letzten Jahre vor 2002 fort. Ausgesprochene Eutrophierungsanzeiger spielen nur noch

eine ganz untergeordnete Rolle; auch Cyanophyceen waren kaum noch vertreten.

Der kontinuierliche Abfall der Gesamtbiomasse seit 1997 war im Jahr 2002 durch einen Wiederanstieg auf das Niveau von 1997 unterbrochen worden; inzwischen hat sich die Jahresdurchschnittsbiomasse auf einem Niveau stabilisiert, das dem Mittel der letzten acht Jahre entspricht, also Werten zwischen 6,7 und 13 g/m². Dieser Wert liegt ungefähr auf der Höhe der Biomasse von 1961.

Auch für die **Phytoplankton-Zusammensetzung** des **Untersees** (Zellersee) können diese Aussagen gemacht werden. Die Unterschiede liegen dort in der bereits im Februar einsetzenden Spätwinterblüte und in der stärkeren Dominanz von centrischen Kieselalgen. Die Jahresdurchschnittsbiomasse hat sich im Zellersee auf einem Niveau stabilisiert, das etwas tiefer liegt als das Mittel der letzten fünfzehn Jahre. Mit Ausnahme des Jahres 1999 sind dies Werte zwischen 10,5 und 18,7 g/m² (0-20 m). Damit liegt das trophische Niveau im Zellersee deutlich höher als im Bodensee-Obersee. Der Durchschnittswert der letzten fünfzehn Jahre liegt inzwischen bereits unter dem Niveau von 1961.

Bei den **Crustaceen** war im Untersuchungsjahr 2005 der saisonale Entwicklungsgang der Daphnien mit nur einem Sommermaximum auffällig. Er entsprach dem eines oligotrophen Sees und konnte in dieser Deutlichkeit zum ersten Mal beobachtet werden. Ob er sich in dieser Form manifestiert, bleibt abzuwarten. Insgesamt auffällig ist die trotz niedriger Nährstoffkonzentrationen doch weiterhin hohe saisonale Dynamik der einzelnen Zooplanktongruppen. Eine Wechselwirkung mit der

saisonalen Entwicklung der Phytoplanktonbiomasse ist nur bedingt erkennbar.

Für die **Gesamtbakterienzahl** wurde auch 2005 das inzwischen durch die Reoligotrophierung erreichte insgesamt niedrige Niveau für diesen Parameter bestätigt.

Belastungen durch die weit überwiegend mit Siedlungsabwässern eingetragenen **Fäkalkeime** (*Escherichia coli*) sind in der großen Freiwasserzone des Bodensees nach wie vor kaum bemerkbar. Dies unterstreicht den hohen Wirkungsgrad der Kläranlagen im Bodensee Einzugsgebiet. Im Jahr 2005 erfüllten 72 % aller Proben die Anforderungen für Trinkwasser (< 1 Keim/ 100 ml) und auch die übrigen Proben wiesen nur sehr geringe Belastungen (< 5 Keime / 100 ml) auf. Solche kurzfristigen Erhöhungen der Keimbelastungen wurden insbesondere im Tiefenwasserbereich unterhalb 50 m nach dem Auguthochwasser 2005 beobachtet. Diese Befunde bestätigen sowohl das Indikationspotenzial für die Einschichtung belasteten Flusswassers als auch das mit Starkregenereignissen verbundene erhöhte Keimbelastungsrisiko am See.

Fazit und Handlungsbedarf

Die Ergebnisse der Freiwasseruntersuchungen bestätigen eindrücklich den nachhaltig positiven Effekt der Gewässerschutzmaßnahmen aller Länder und Kantone im Einzugsgebiet des Bodensees.

Die Wasserqualität des Sees befindet sich weiterhin in einem sehr guten Zustand. Der langjährige Trend abnehmender Phosphorgehalte hat sich im Obersee erneut fortgesetzt. Der See nähert sich dem nährstoffarmen Zustand, den er in

der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hatte.

Im Untersee werden die Verhältnisse maßgeblich von den Redoxbedingungen in den grundnahen Seebereichen geprägt, welche die Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten steuern. Zusätzlich werden sie von Mischungsprozessen in den verschiedenen Seeteilen und von Produktionsschwankungen beeinflusst. Darüber hinaus spielt die aus dem Obersee eingetragene Biomasse eine Rolle. Die insgesamt höhere Trophie des Untersees spiegelt diese Einflüsse wider. Auch im Untersee sind die Sanierungserfolge unübersehbar und sein limnologischer Zustand verbessert sich nach wie vor.

Das Seejahr 2005 / 2006 war von 3 Extremen gekennzeichnet:

- drittes Niedrigwasserjahr in Folge mit Rekordwerten im Winter 2006
- starker Hochwasserimpuls im August 2005 mit großem Feststoffeintrag
- intensive Auskühlung und gute Durchmischung aufgrund des außerordentlich lang anhaltenden Winters 2005 / 2006.

Die Stabilisierung des Ökosystems Bodensee wurde durch diese klimatisch und witterungsbedingten Ereignisse nicht negativ beeinflusst. Die biologischen und chemischen Parameter spiegeln den noch nicht abgeschlossenen Prozess der Reoligotrophierung im Bodensee wider. Ein weiter fortschreitender Wandel der Lebensgemeinschaften ist wahrscheinlich und das Ende dieser Entwicklung ist noch nicht absehbar.

Die Bevölkerung im Einzugsgebiet und ihre hohen Nutzungsanforderungen an den See nehmen mittelfristig zu und meteorologische Extremereignisse treten augenscheinlich häufiger auf. Daher sind

die konsequente Fortschreibung der hohen Anforderungen an die Abwasserbehandlung, die Minimierung diffuser Nähr- und Schadstoffeinträge sowie die

Reduktion struktureller Beeinträchtigungen unverzichtbare Garantien für eine nachhaltige Entwicklung des Bodensees.

Abbildungen

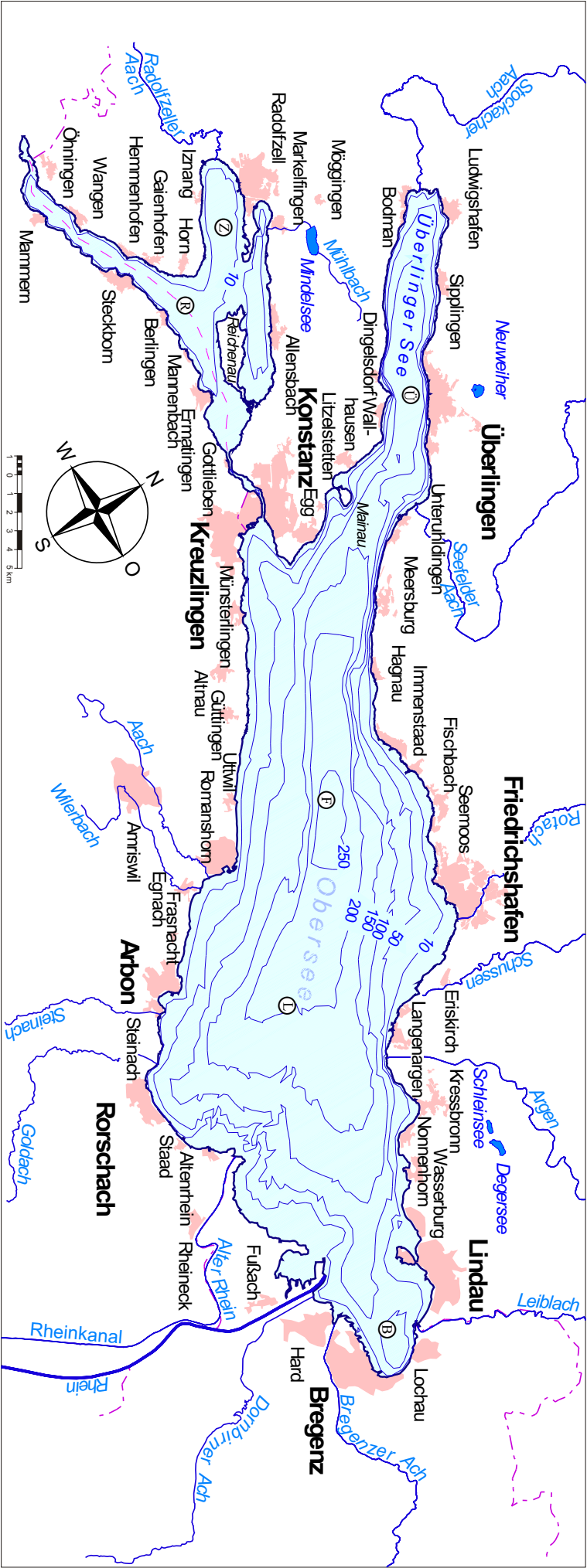


Abb. 1: Der Bodensee mit Lage der Untersuchungsstellen

- a) Freiwasser
- ③ Obersee: Bregezer Bucht
 - ⑥ Fischbach-Uttwil
 - ⑬ Langenargen-Arbon
 - ⑯ Überlinger See
- Untersee: Rheinsee ⑫
- Zellersee ⑰

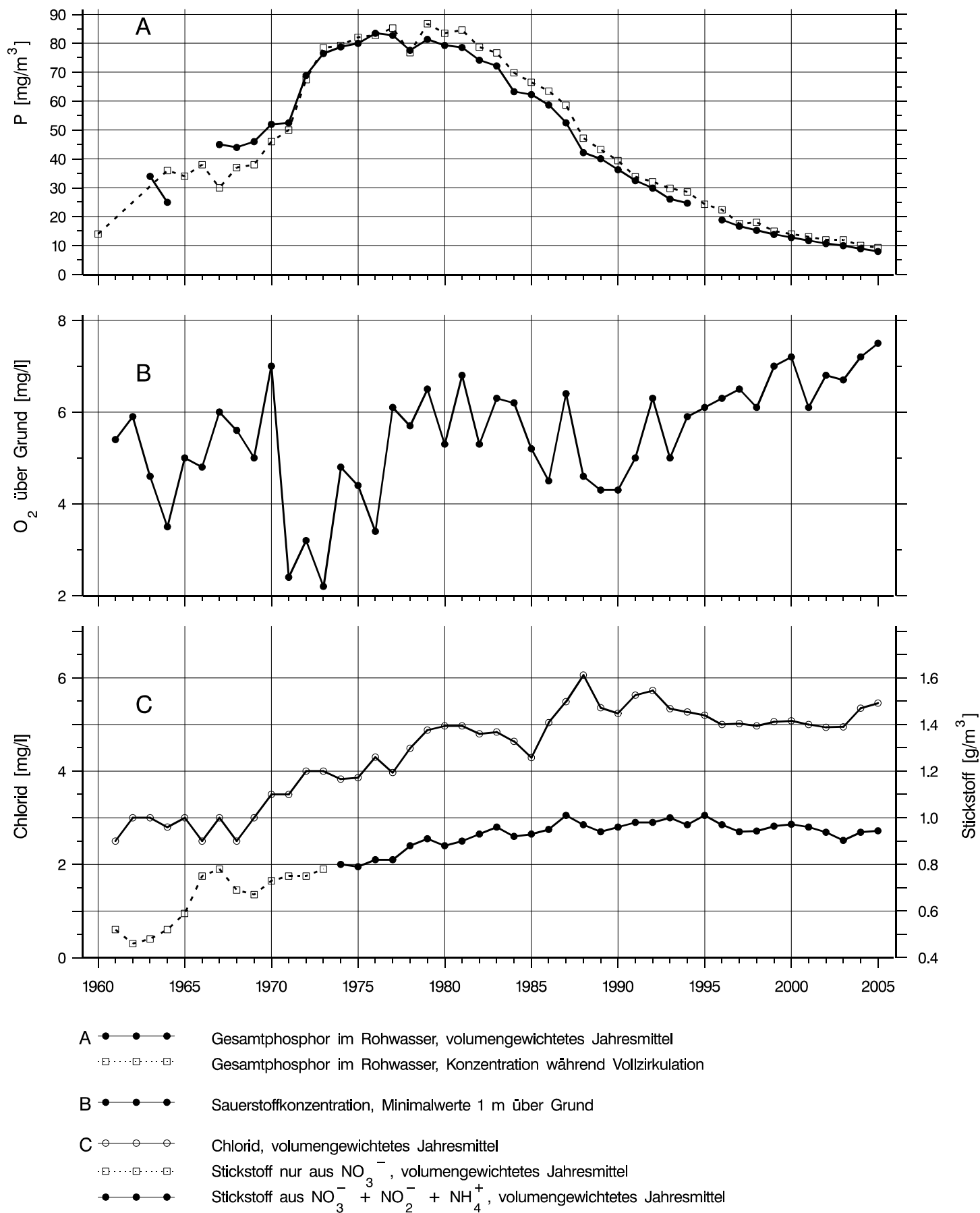


Abb. 2: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Langfristige Entwicklung der Phosphor–, Sauerstoff–,
Stickstoff– und Chloridkonzentration

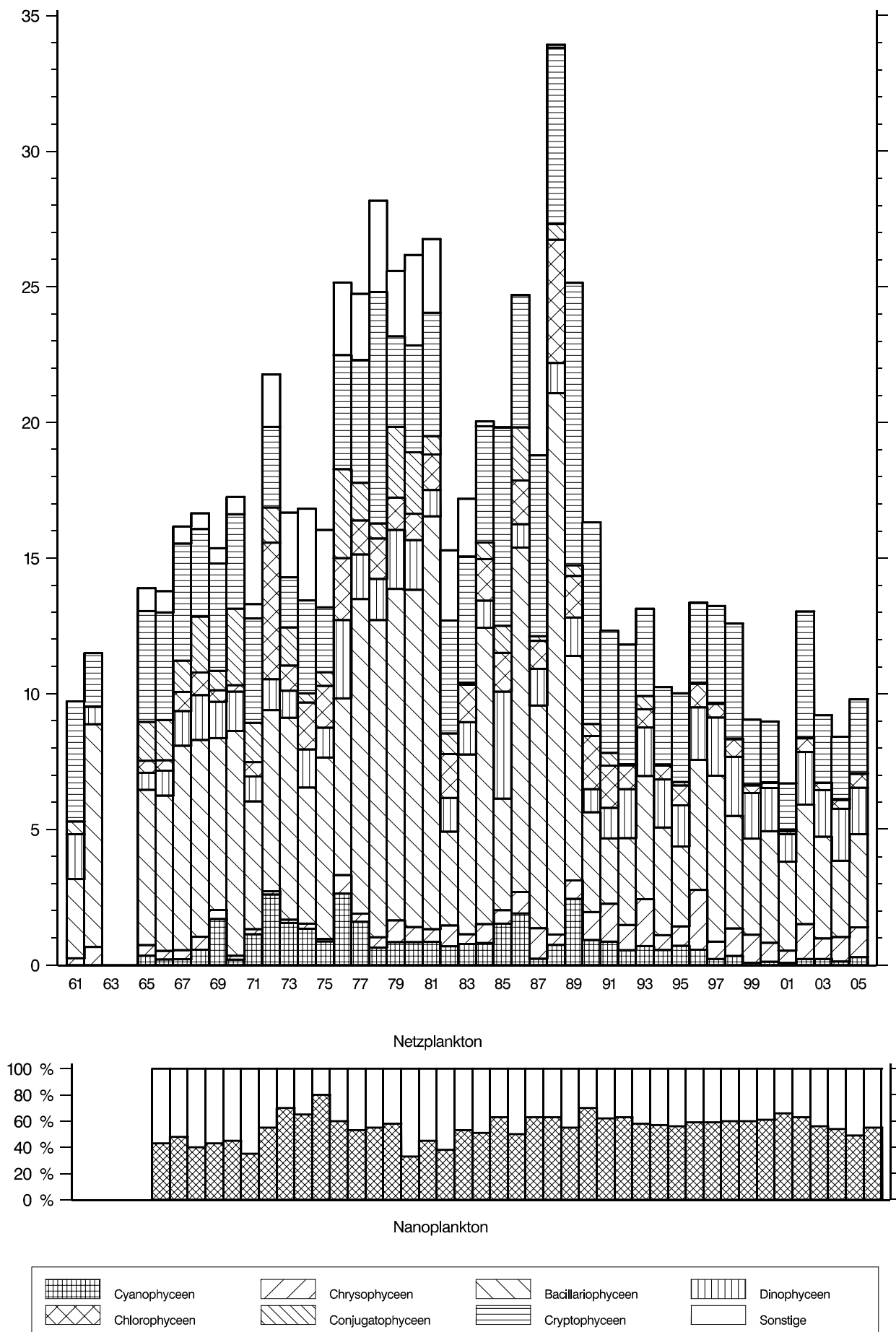


Abb. 3: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons
Biomasse der systematischen Gruppen in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Jahresmittelwerte

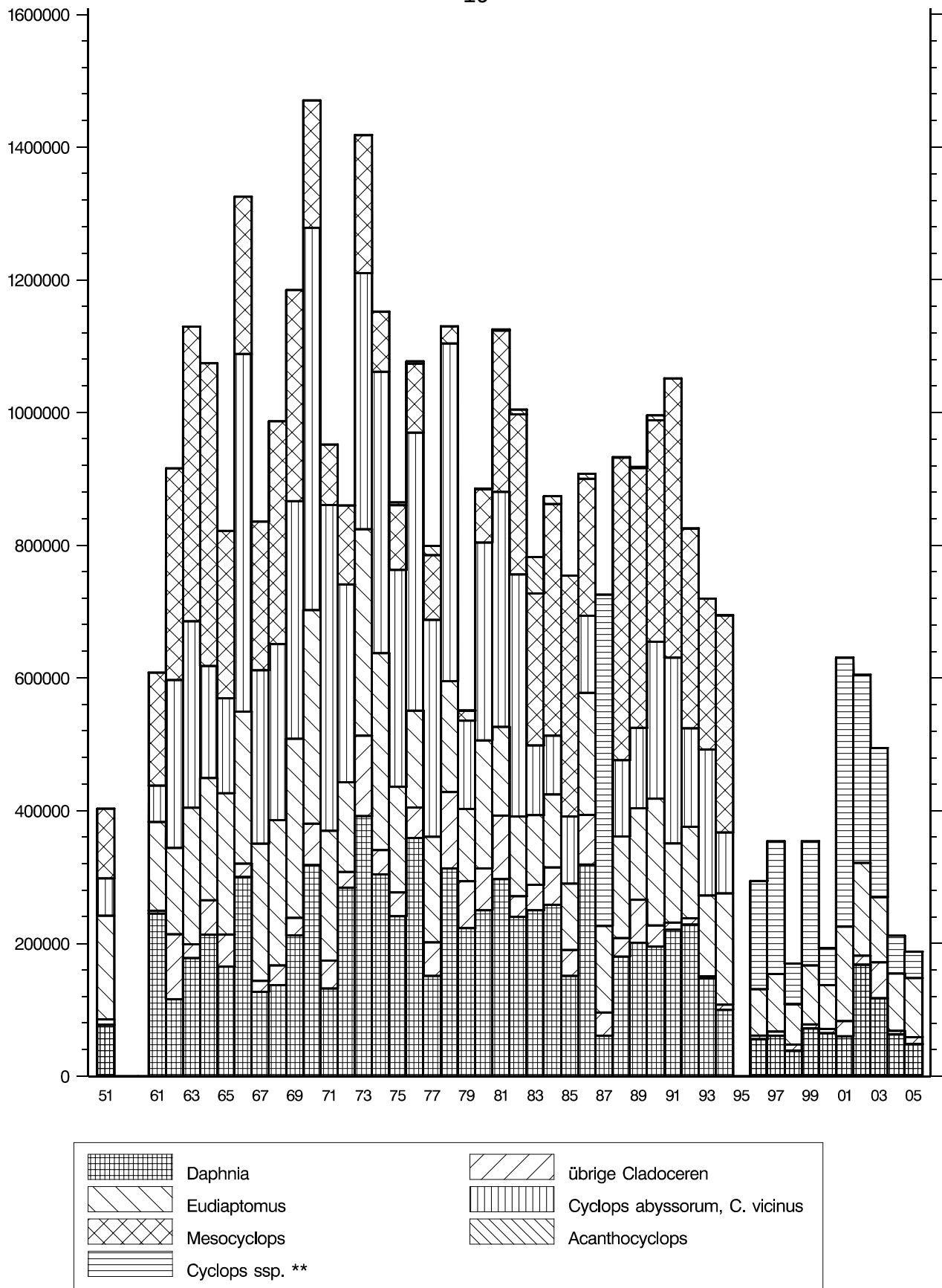


Abb. 4: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:

Langfristige Entwicklung des Crustaceenplanktons

Tiere/m² gesamte Wassersäule, Jahresmittelwerte *

* Berechnung des Jahresmittelwertes für 1995 nicht möglich wegen fehlender Frühjahrswerte

** 1987 und ab 1996 einschließlich Mesocyclops

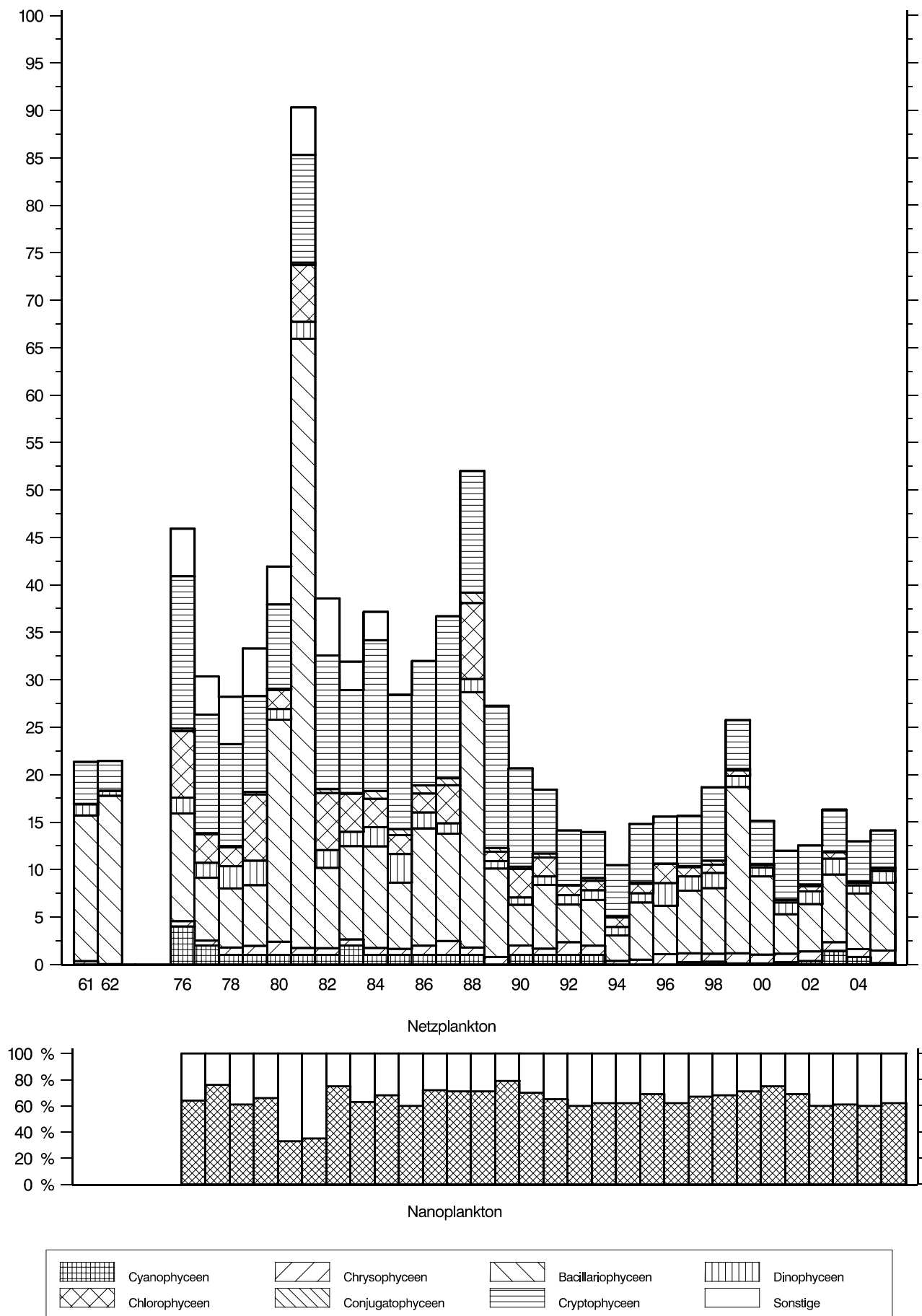


Abb. 5: Bodensee – Untersee, Zellersee:

Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der systematischen Gruppen in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Jahresmittelwerte

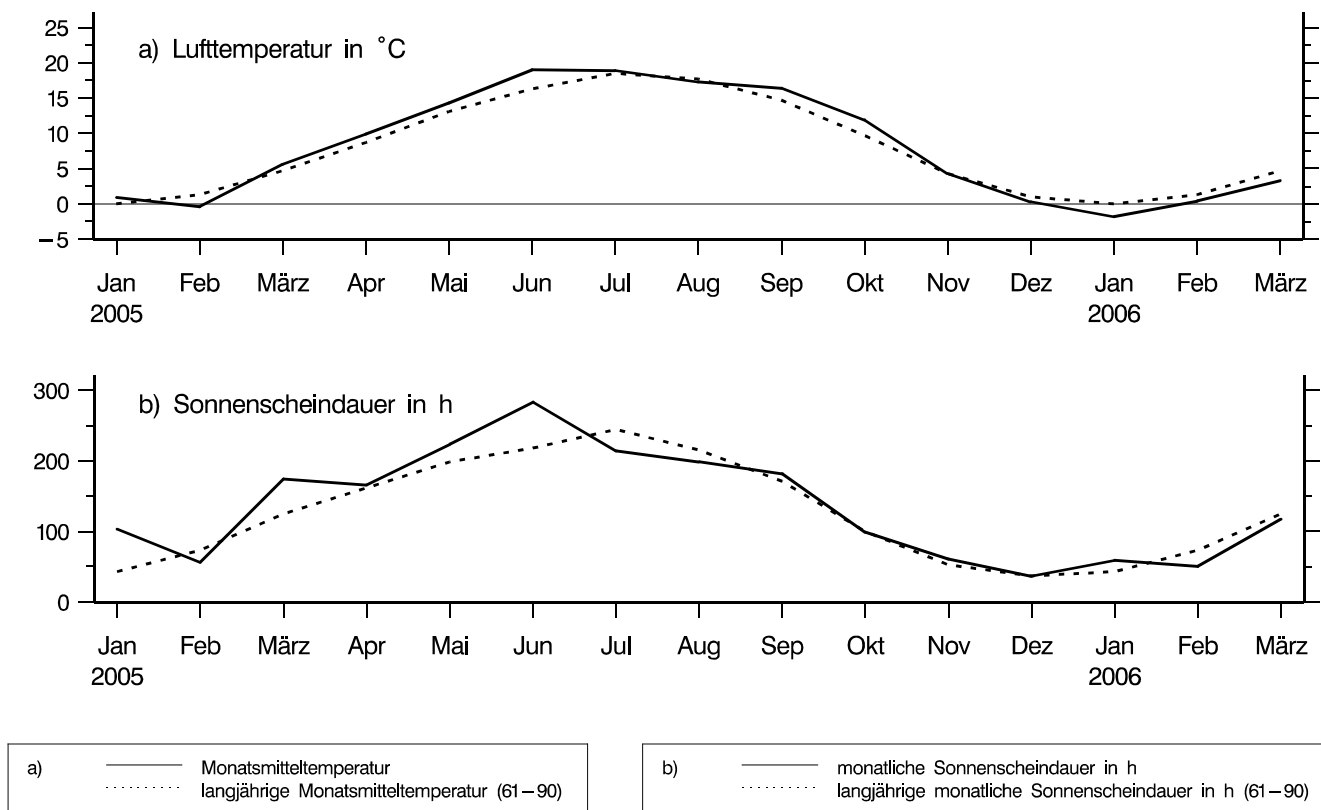


Abb. 6: Bodensee – Obersee:
Klimadaten der Wetterwarte Konstanz

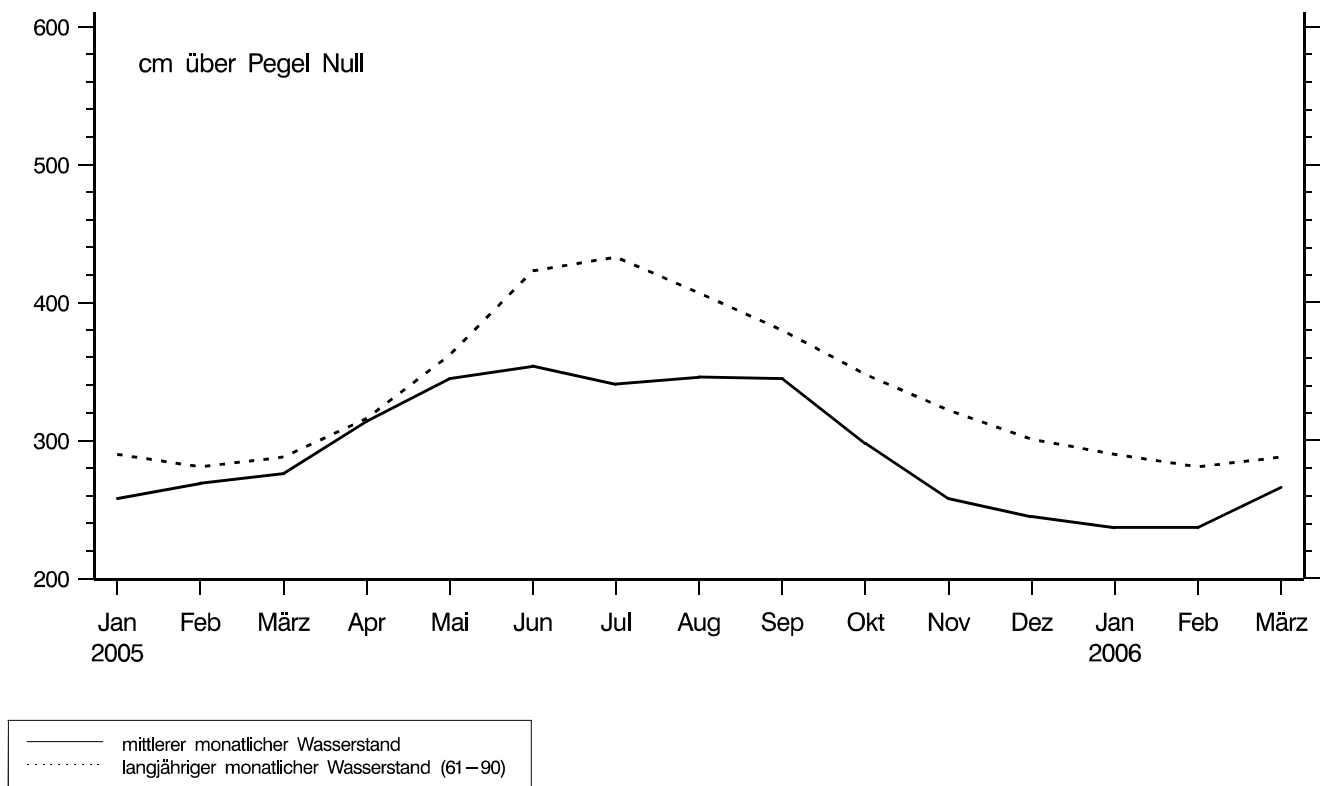


Abb. 7: Bodensee – Obersee:
Wasserstand am Pegel Konstanz

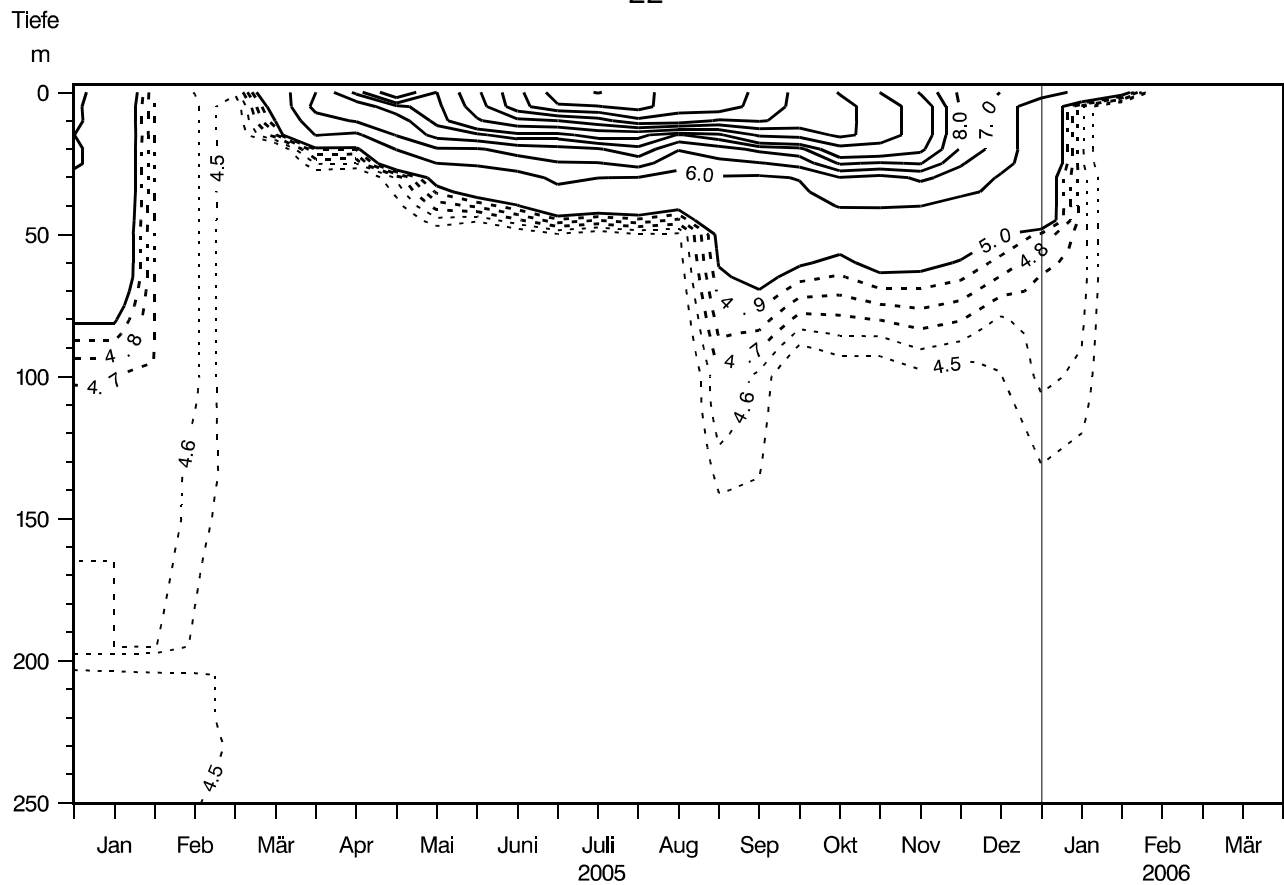


Abb. 8: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Temperatur °C

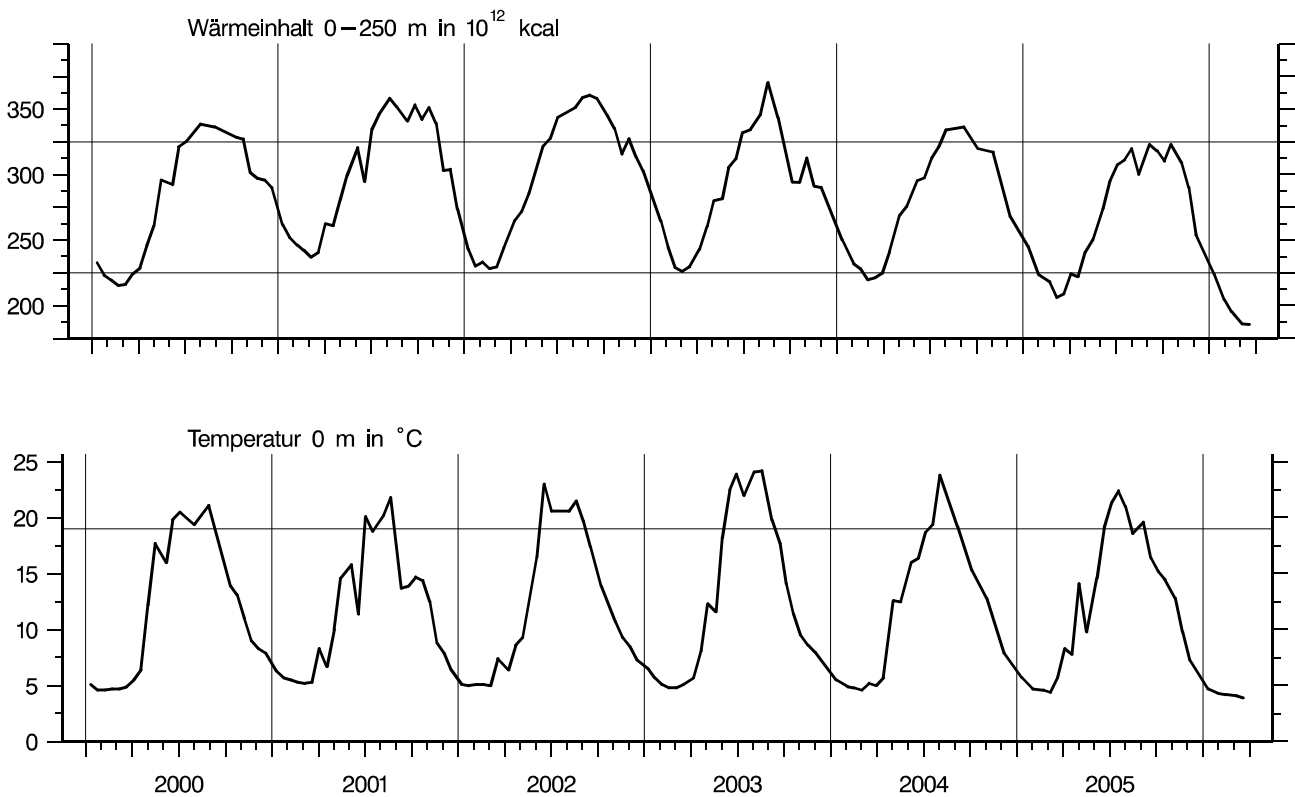


Abb. 9: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Thermik

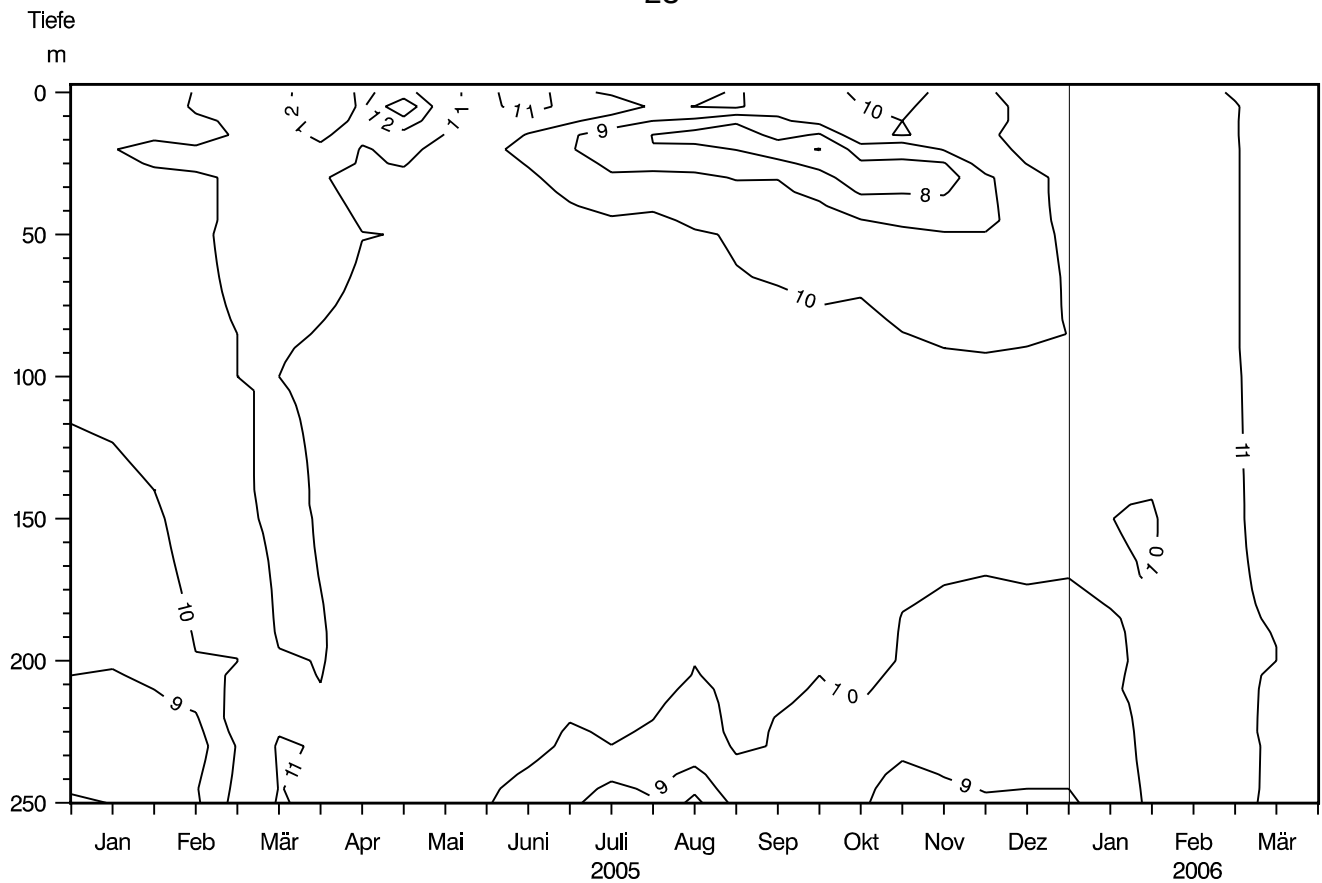


Abb. 10: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Sauerstoff (mg/l)

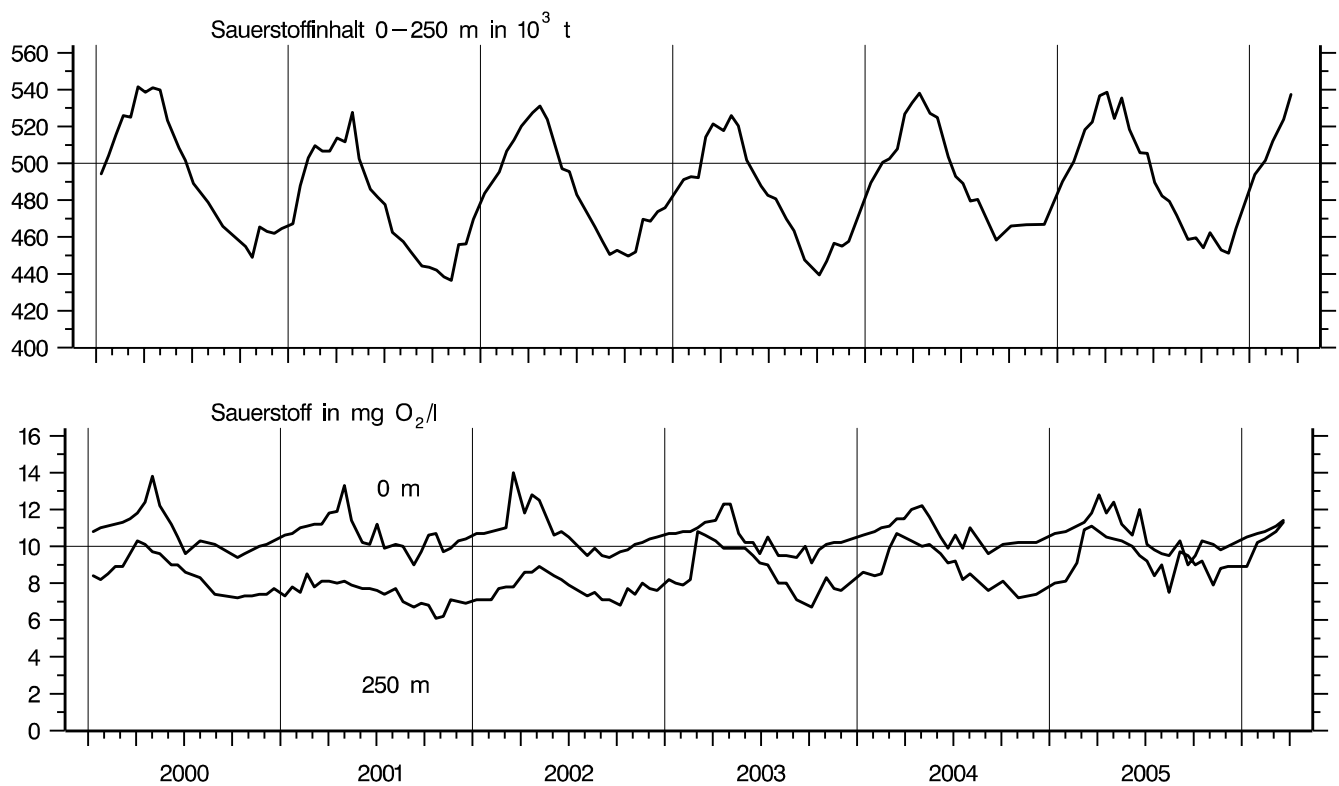


Abb. 11: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Sauerstoffinhalt 0–252 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 250 m Tiefe

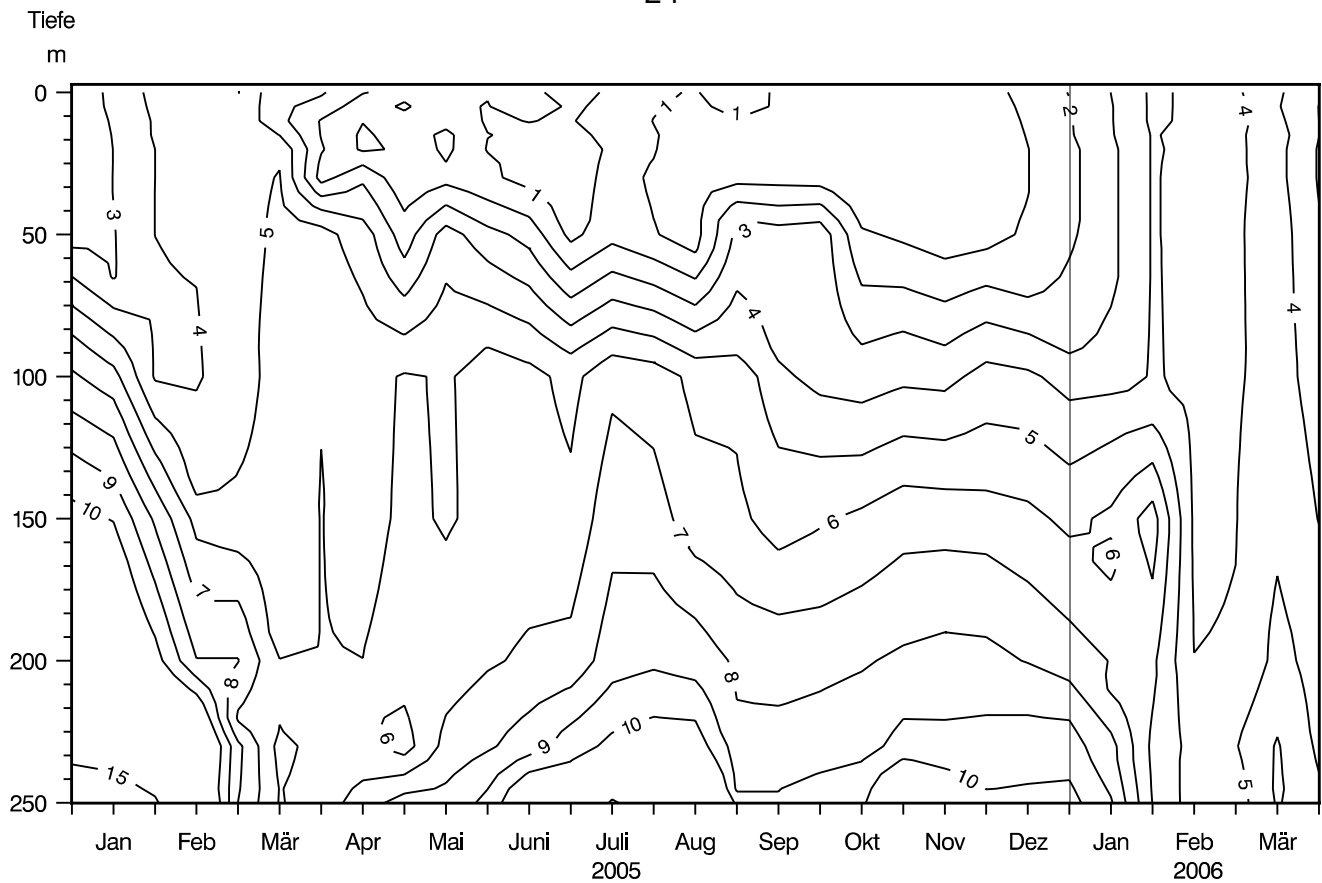


Abb. 12: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

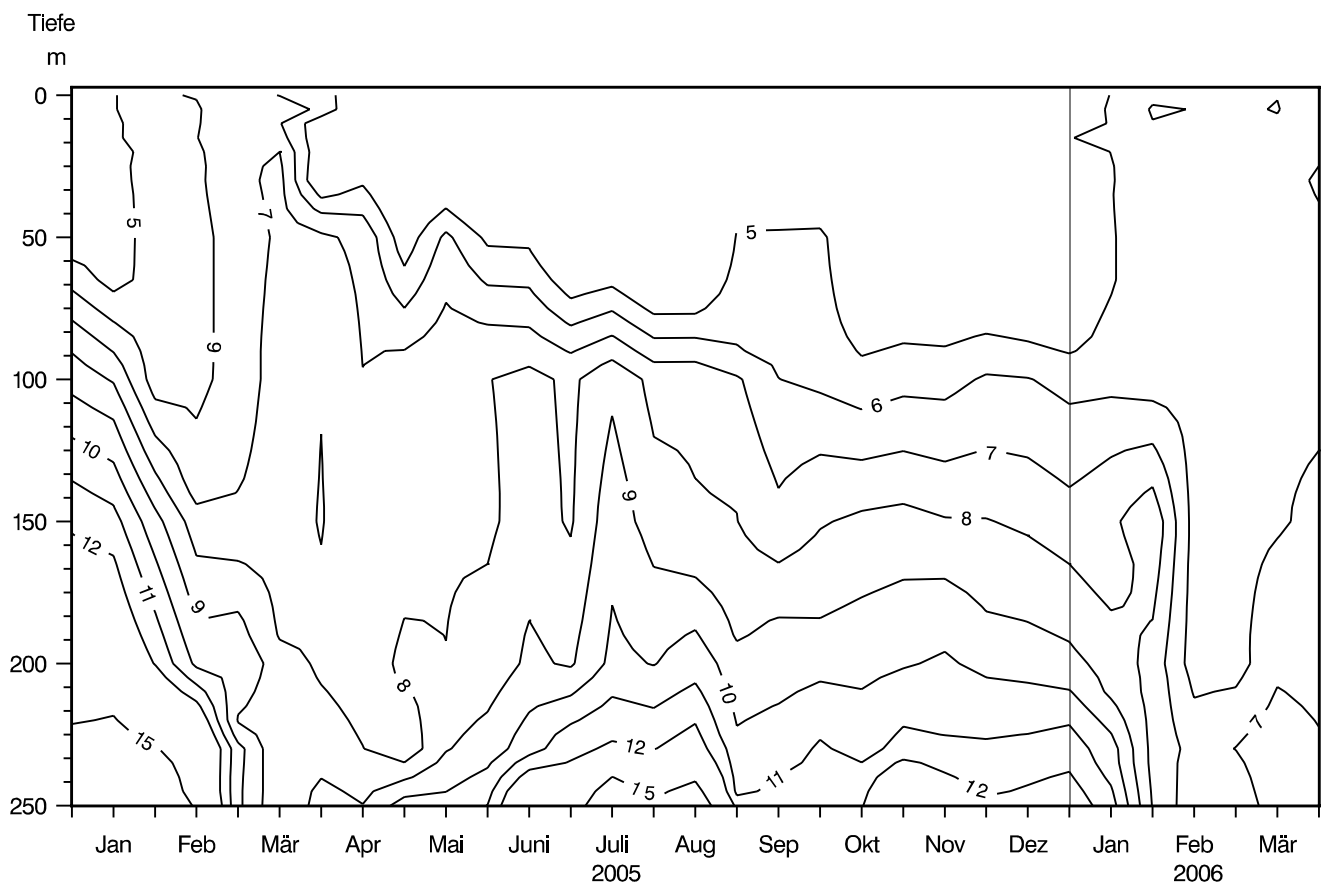


Abb. 13: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m^3)

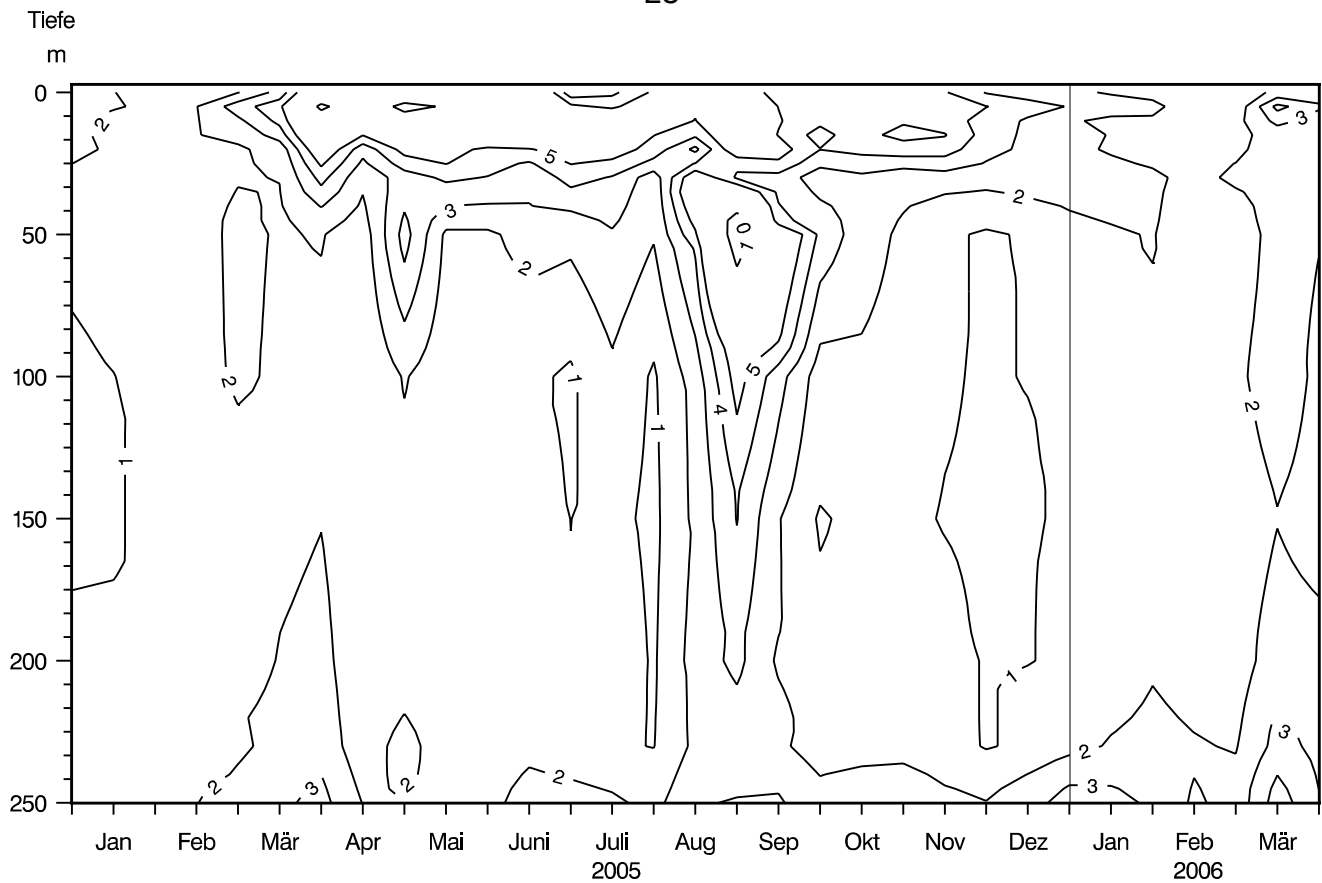


Abb. 14: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
partikulärer Phosphor (mg/m^3)

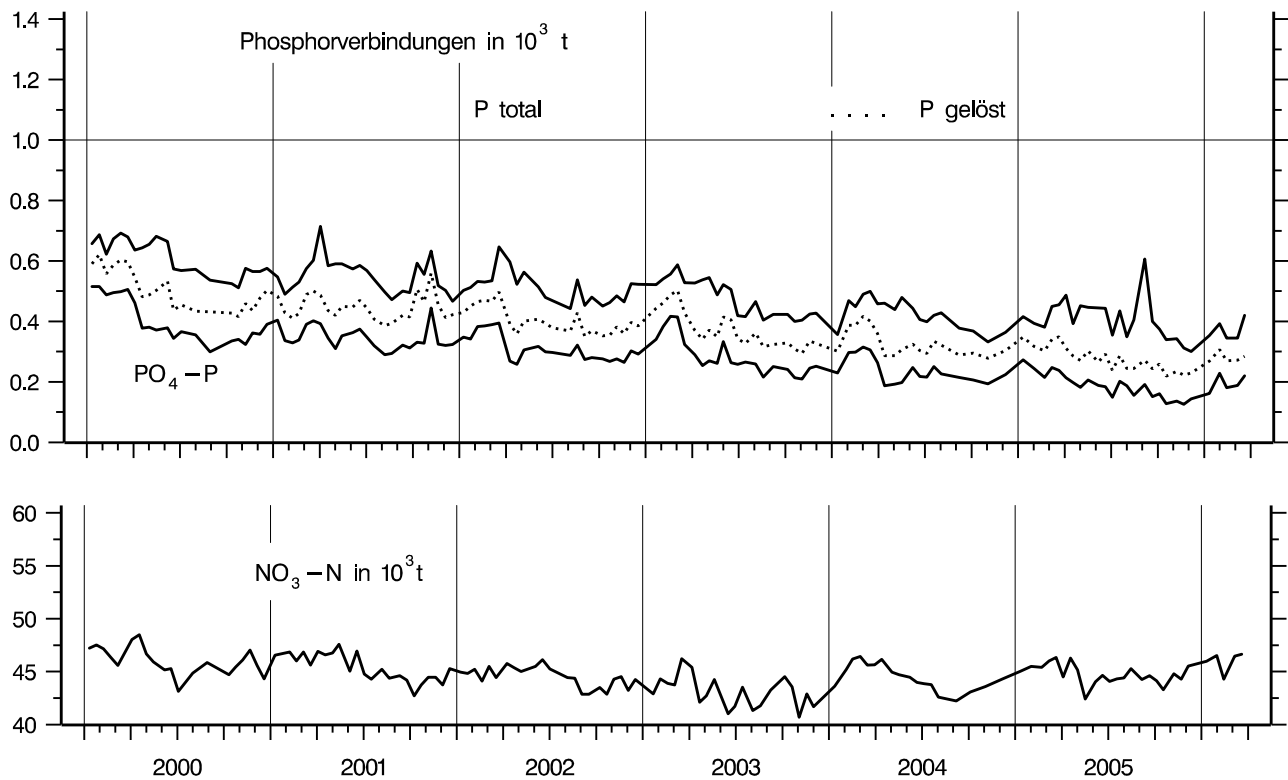


Abb. 15: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Nährstoffinhalt (P, $\text{NO}_3\text{-N}$) 0–250 m Tiefe

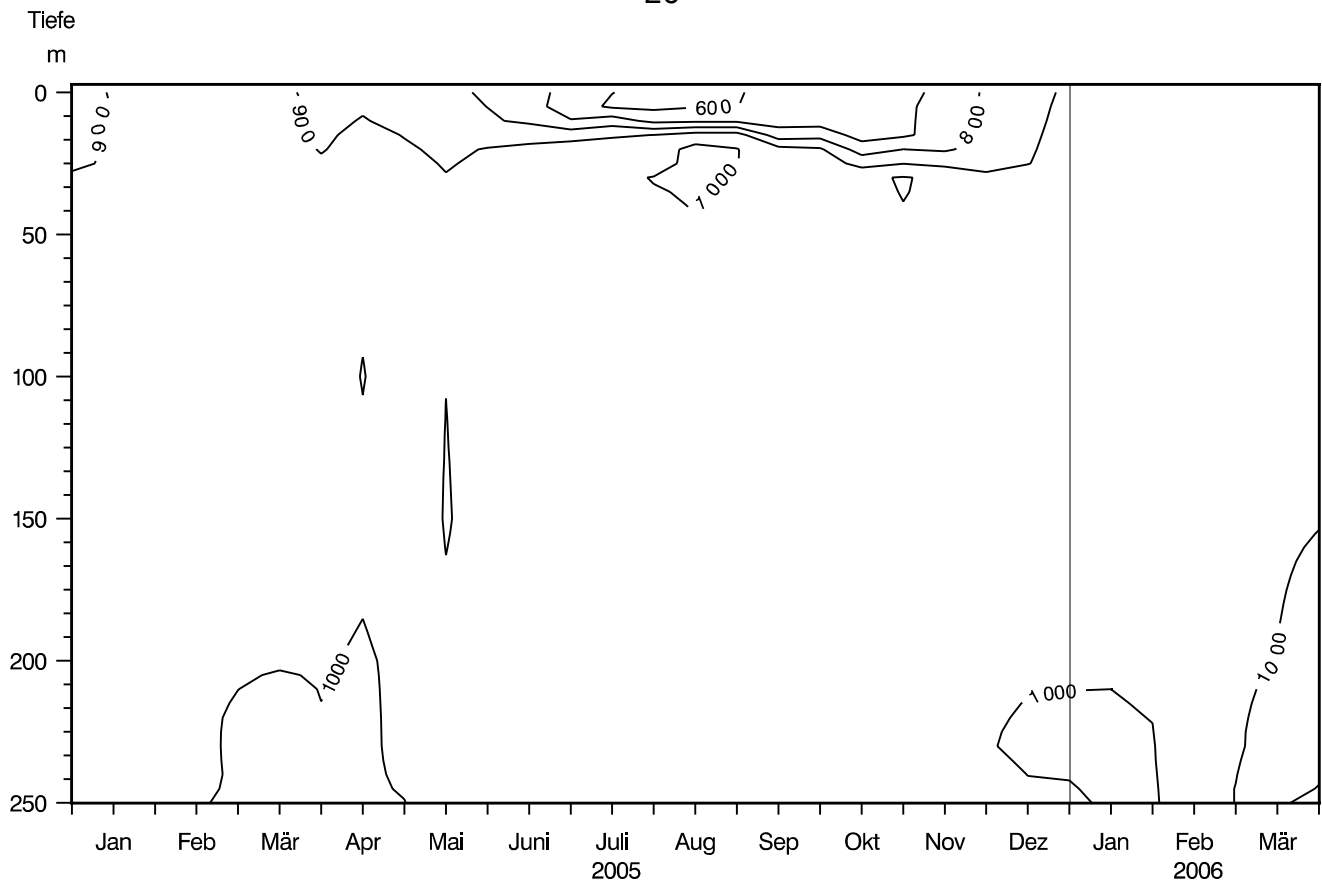


Abb. 16: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

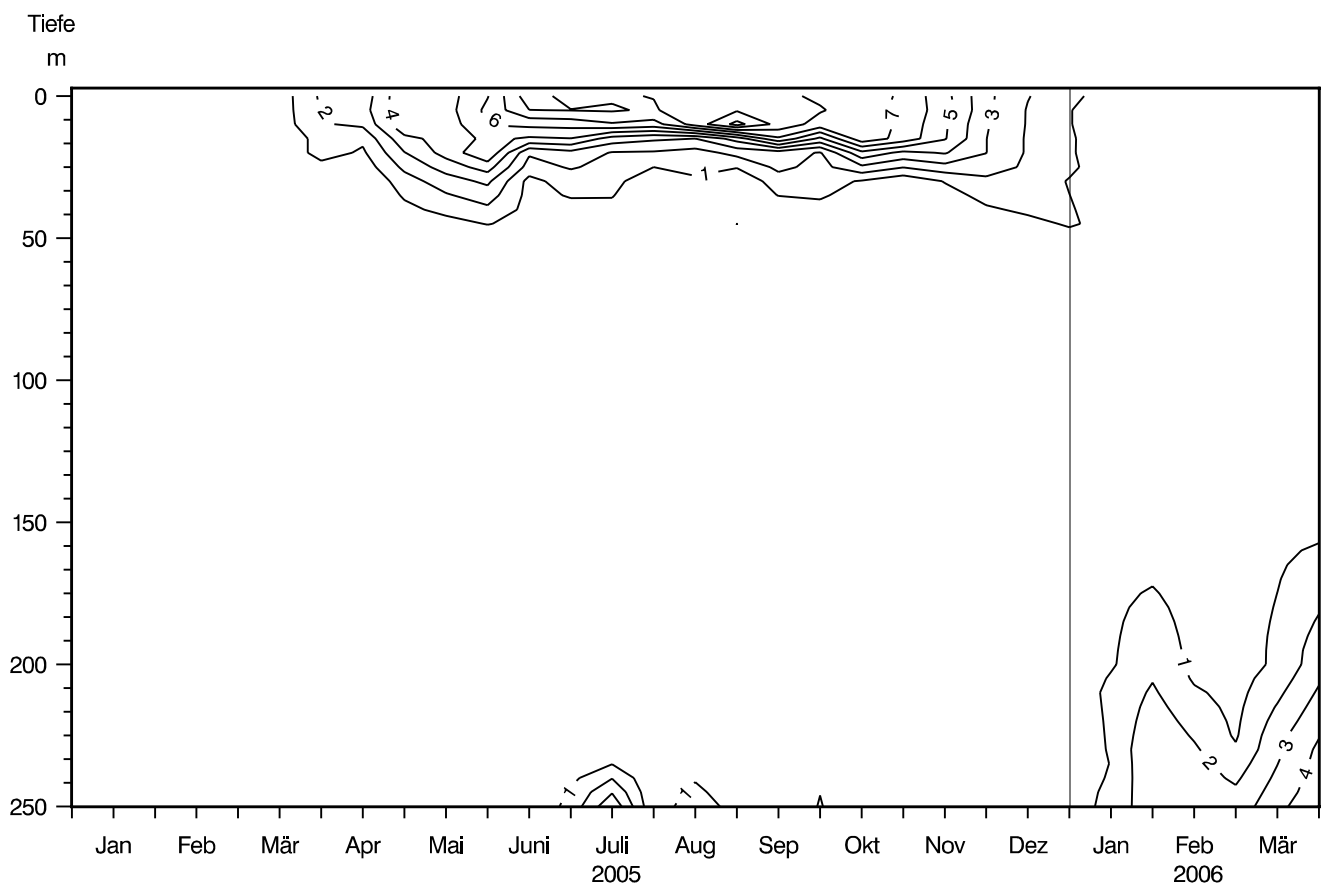


Abb. 17: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

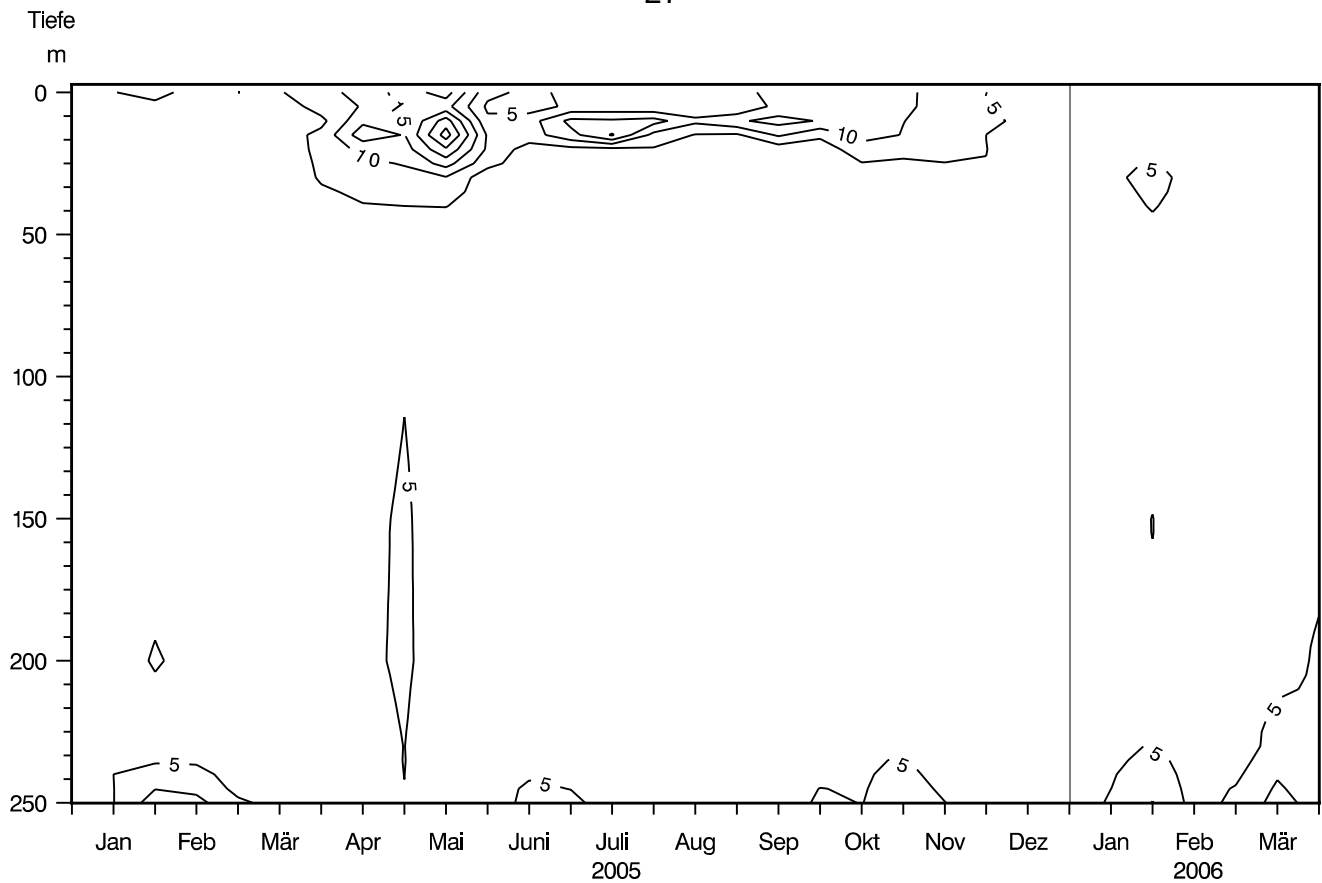


Abb. 18: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

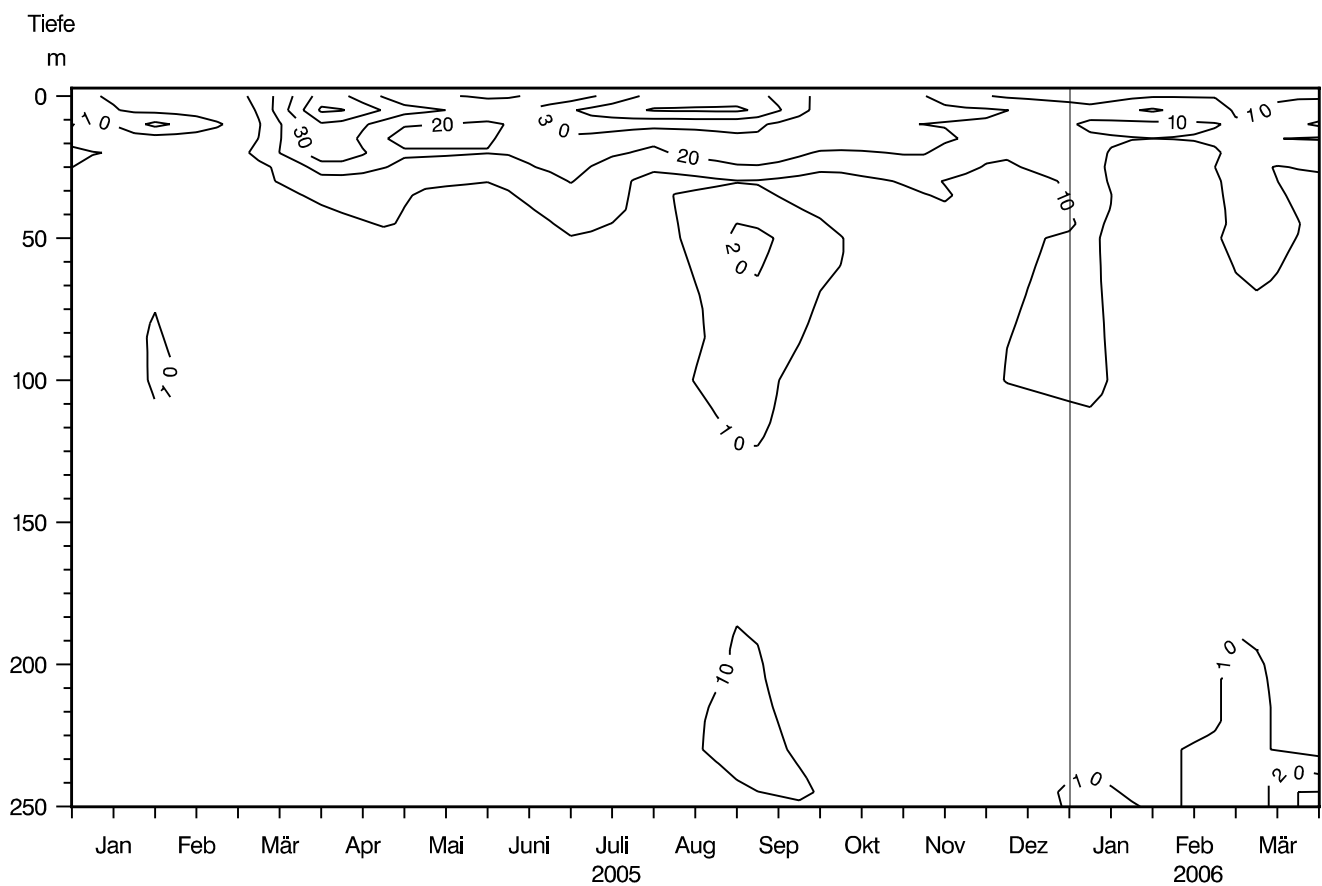


Abb. 19: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Partikulärer Stickstoff (mg/m^3)

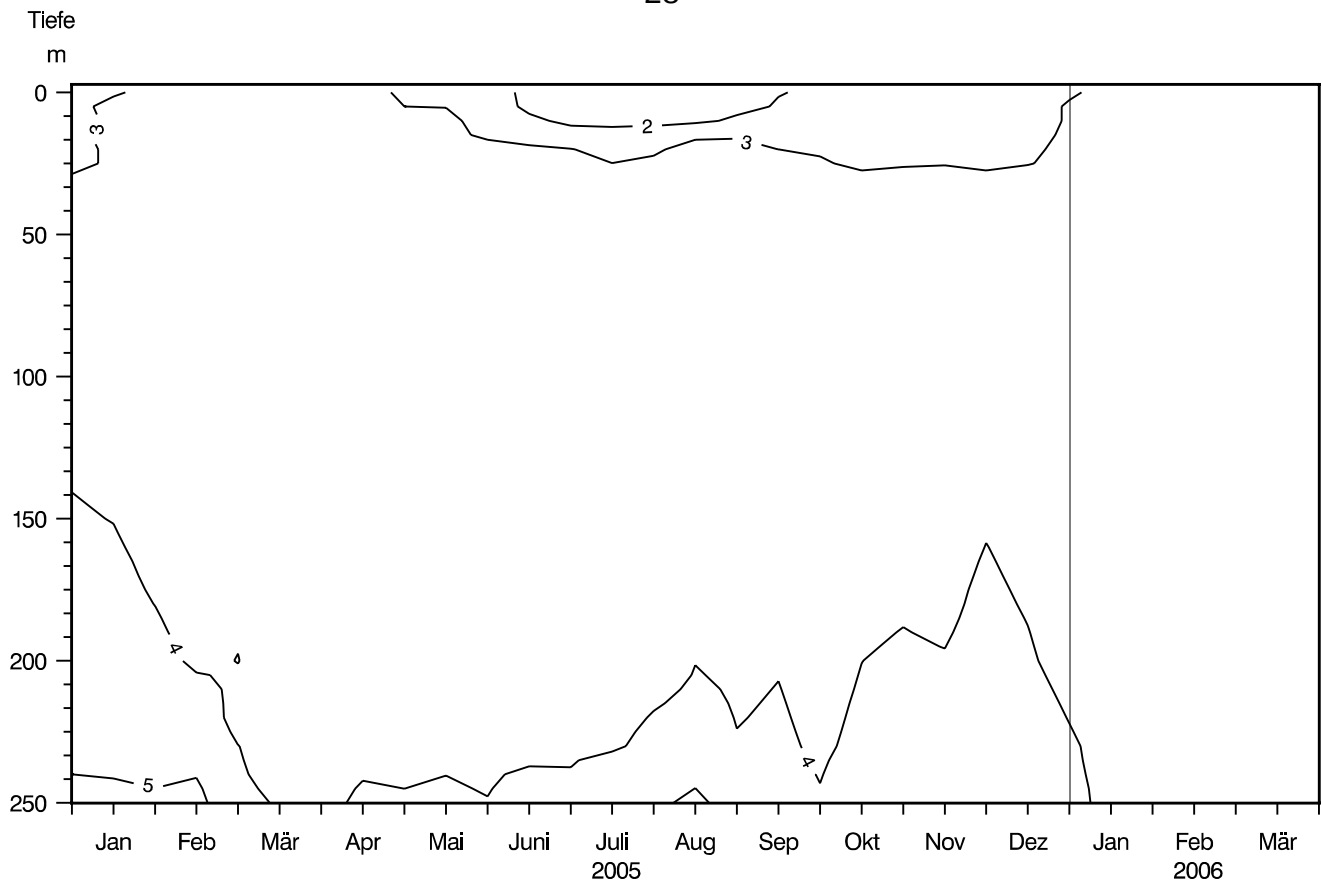


Abb. 20: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Silikat (mg/l)

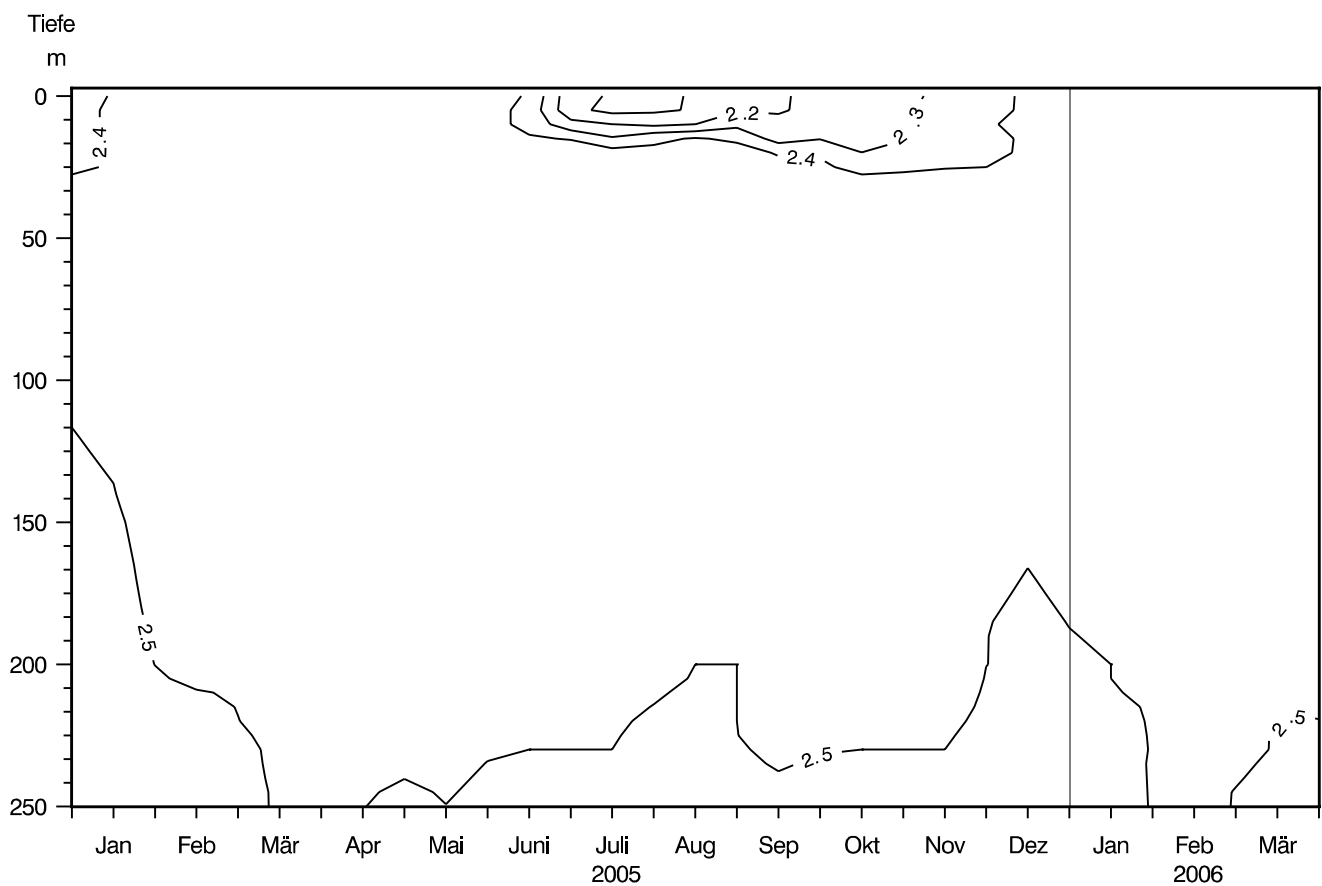


Abb. 21: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

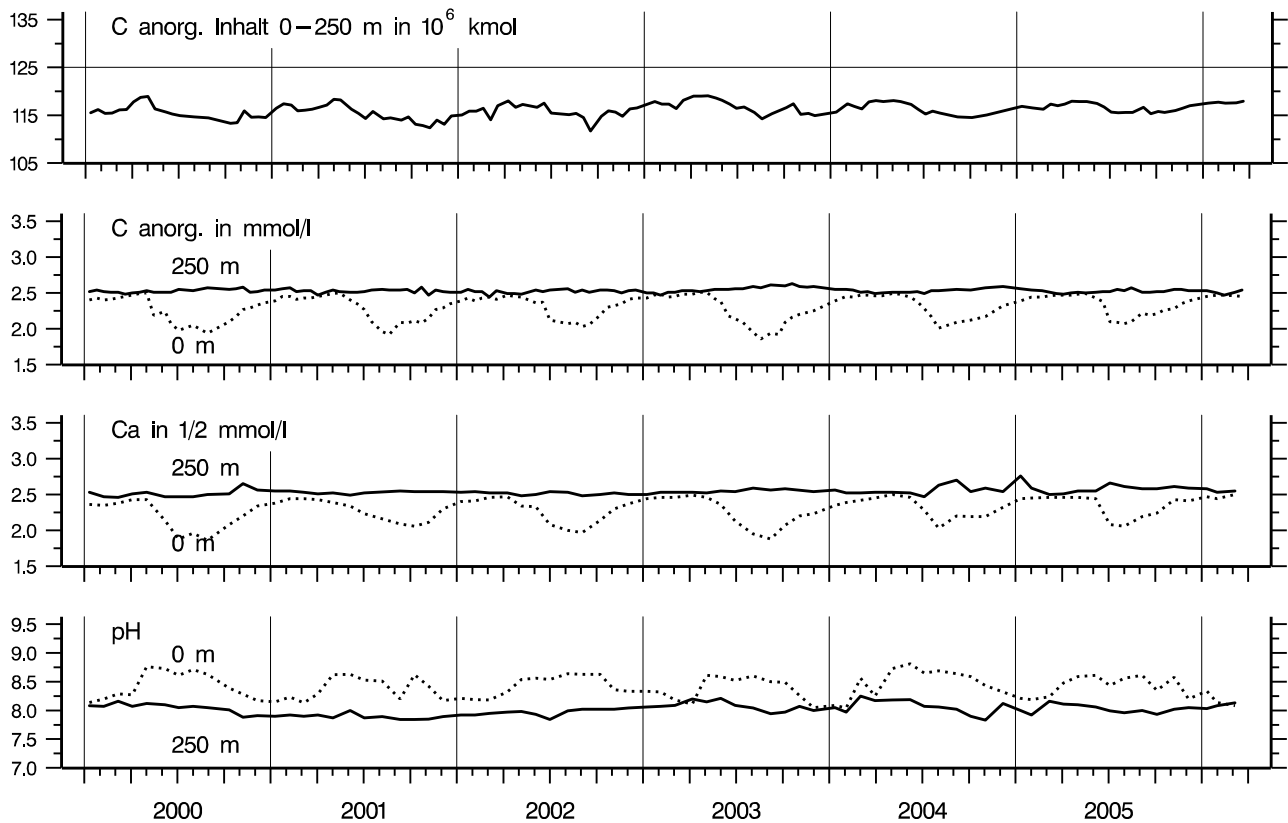


Abb. 22: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–252 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH–Wert

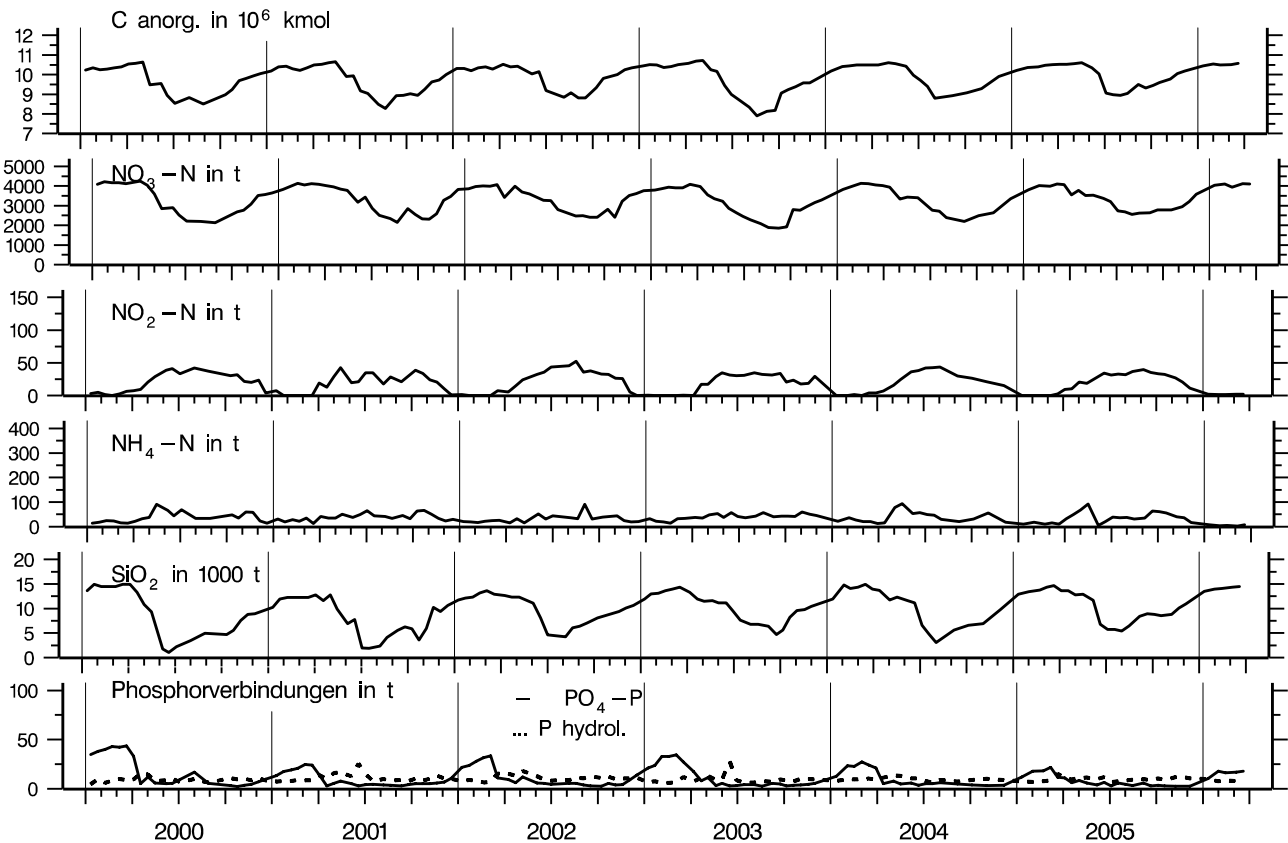


Abb. 23: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Nährstoffinhalt (anorg. Kohlenstoff, Stickstoff, Silikat,
Phosphor) im Epilimnion 0–10 m Tiefe

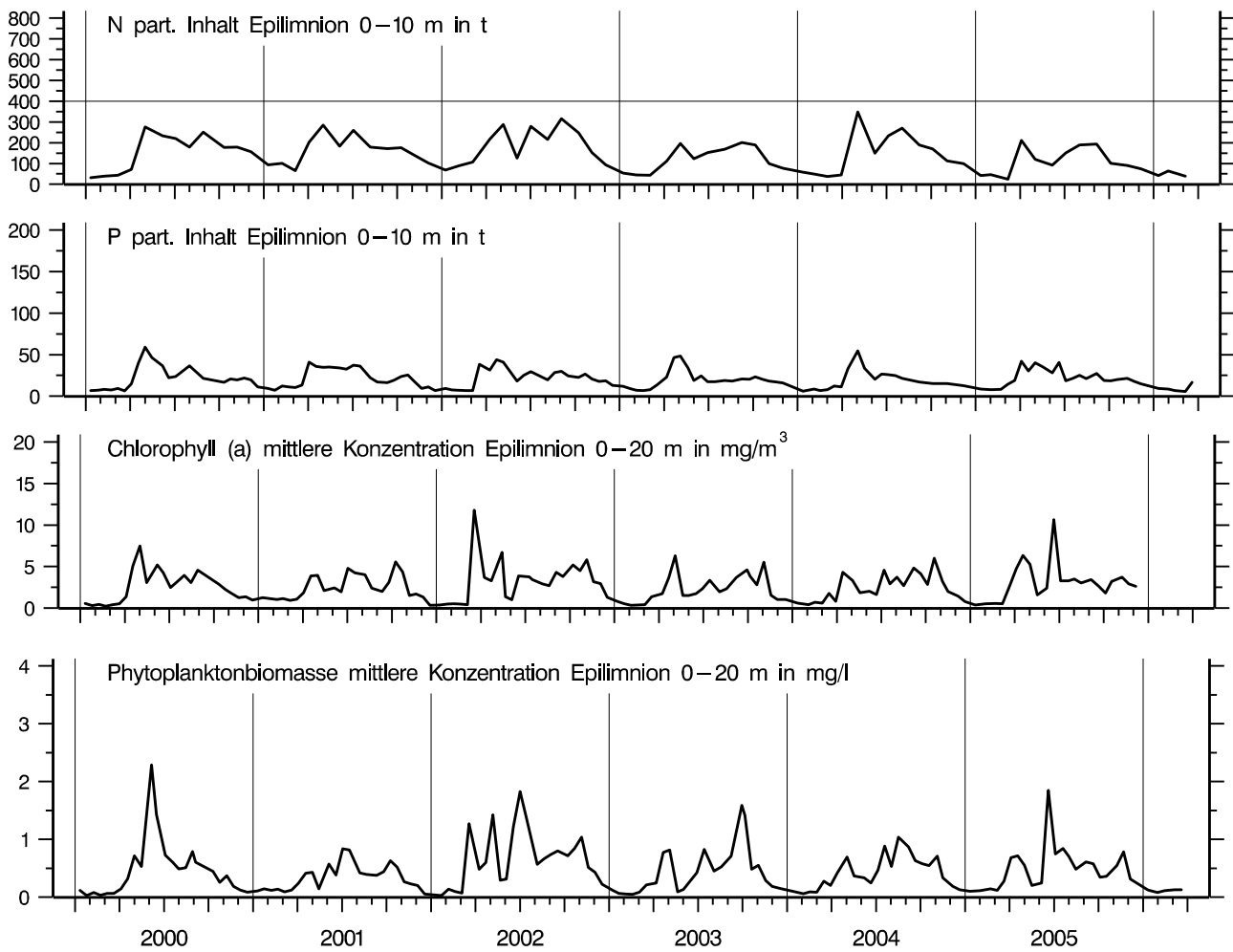


Abb. 24: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

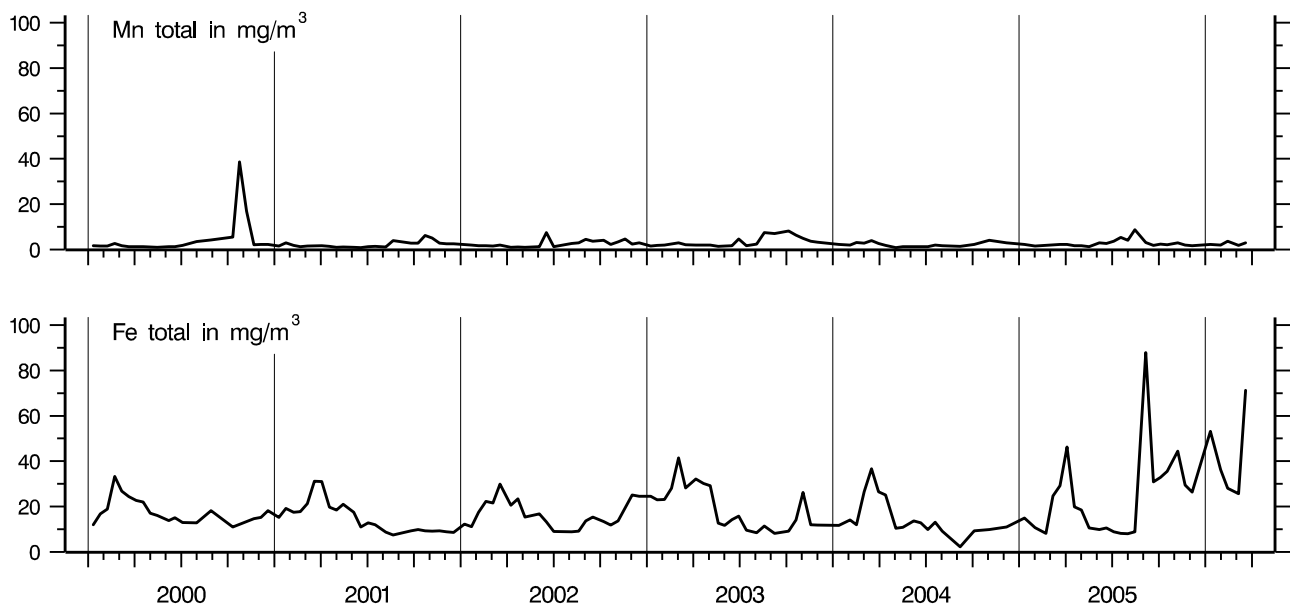


Abb. 25: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Konzentration von Mangan total und Eisen total in 250 m Tiefe

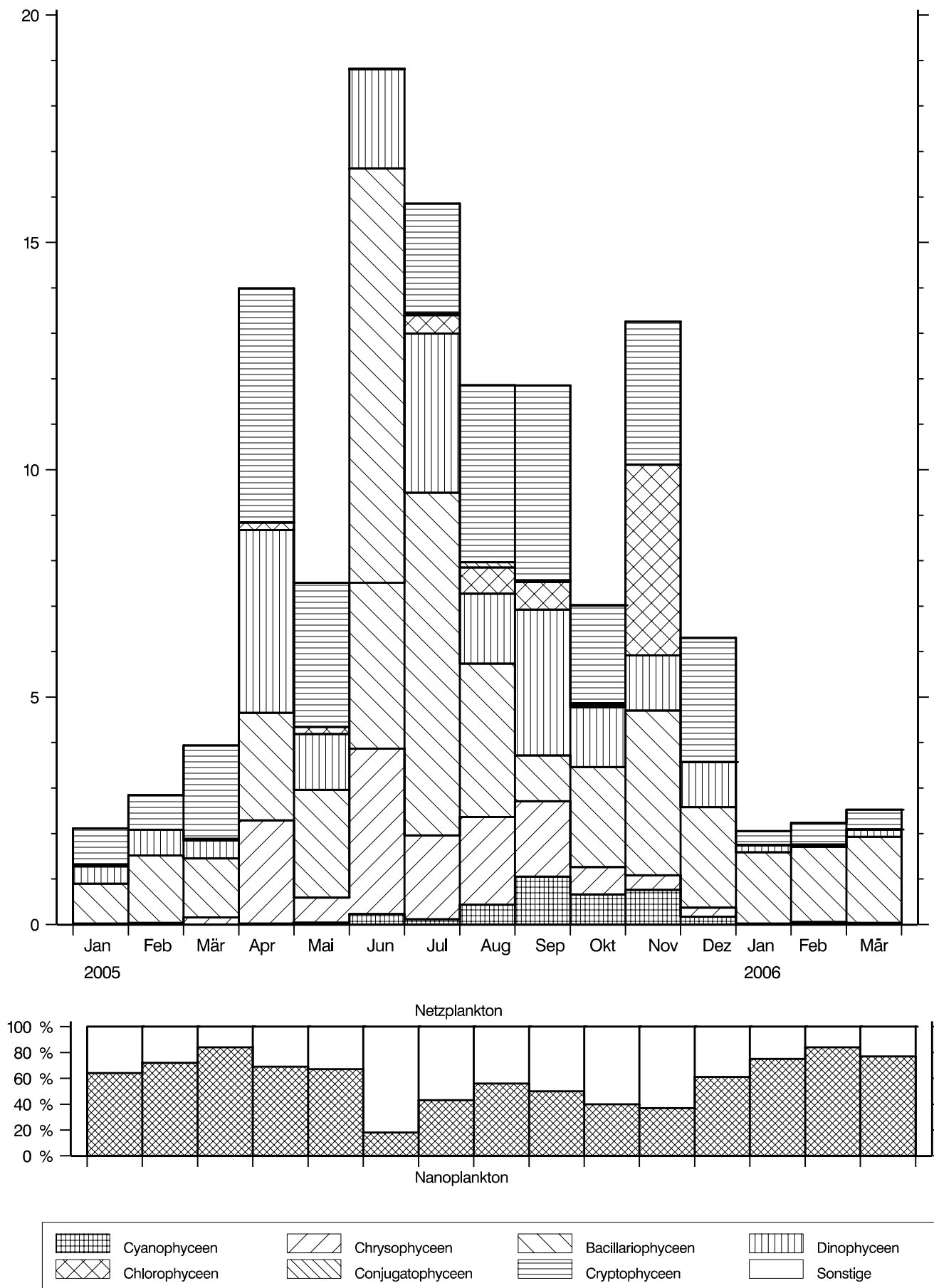


Abb. 26: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
 Entwicklung des Phytoplanktons
 Biomasse der systematischen Gruppen in g/m² (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

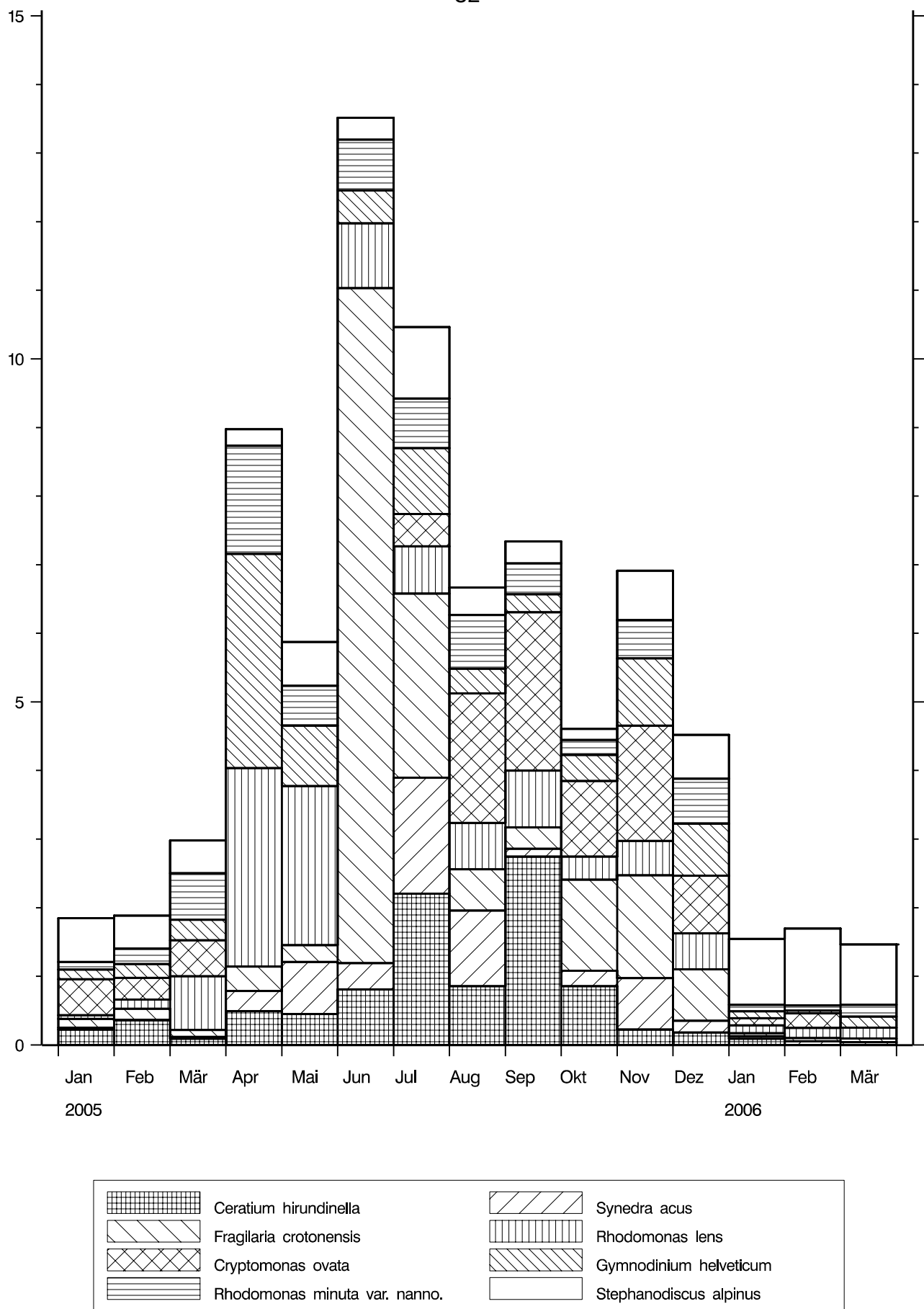


Abb. 27: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:

Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der Hauptarten in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

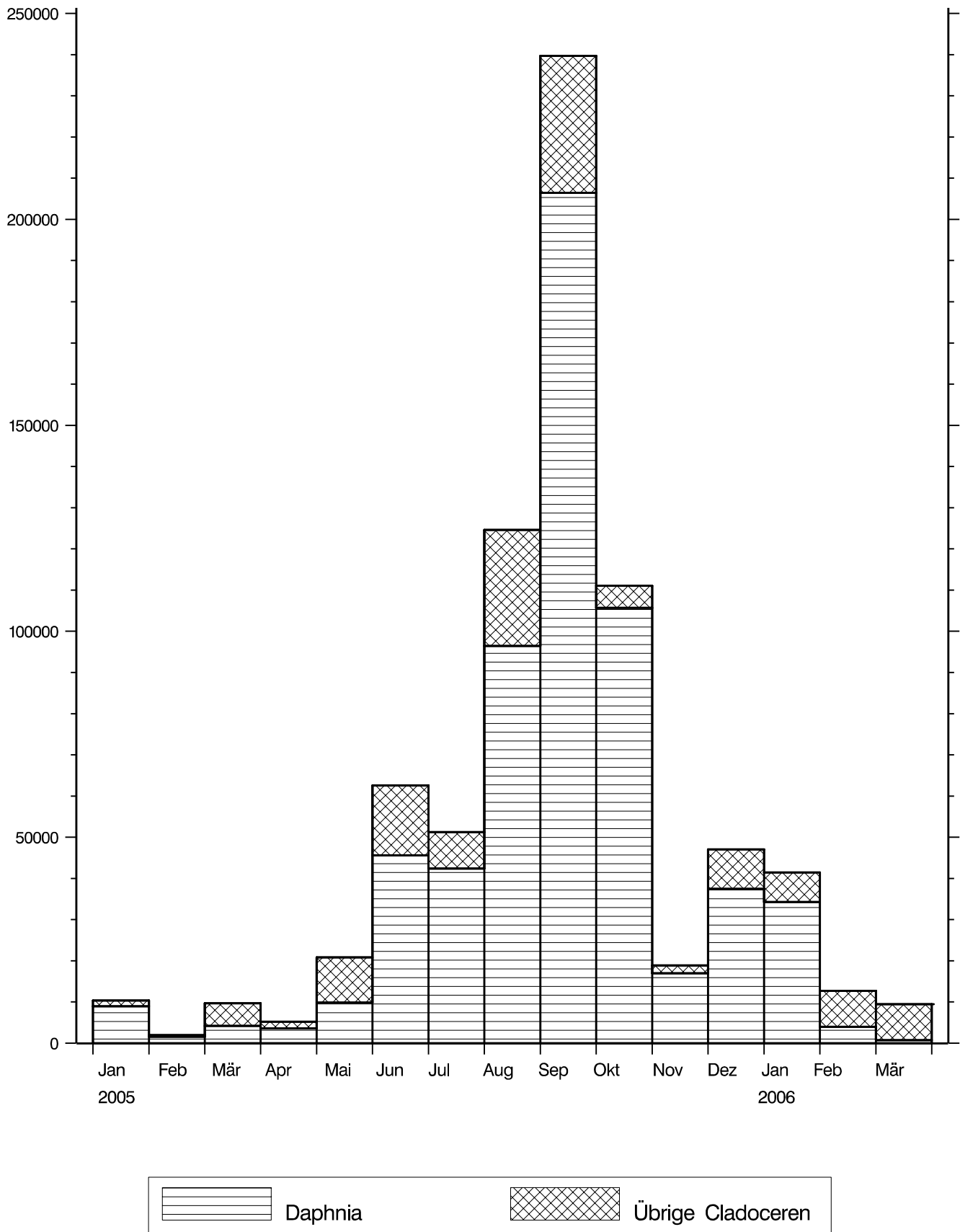
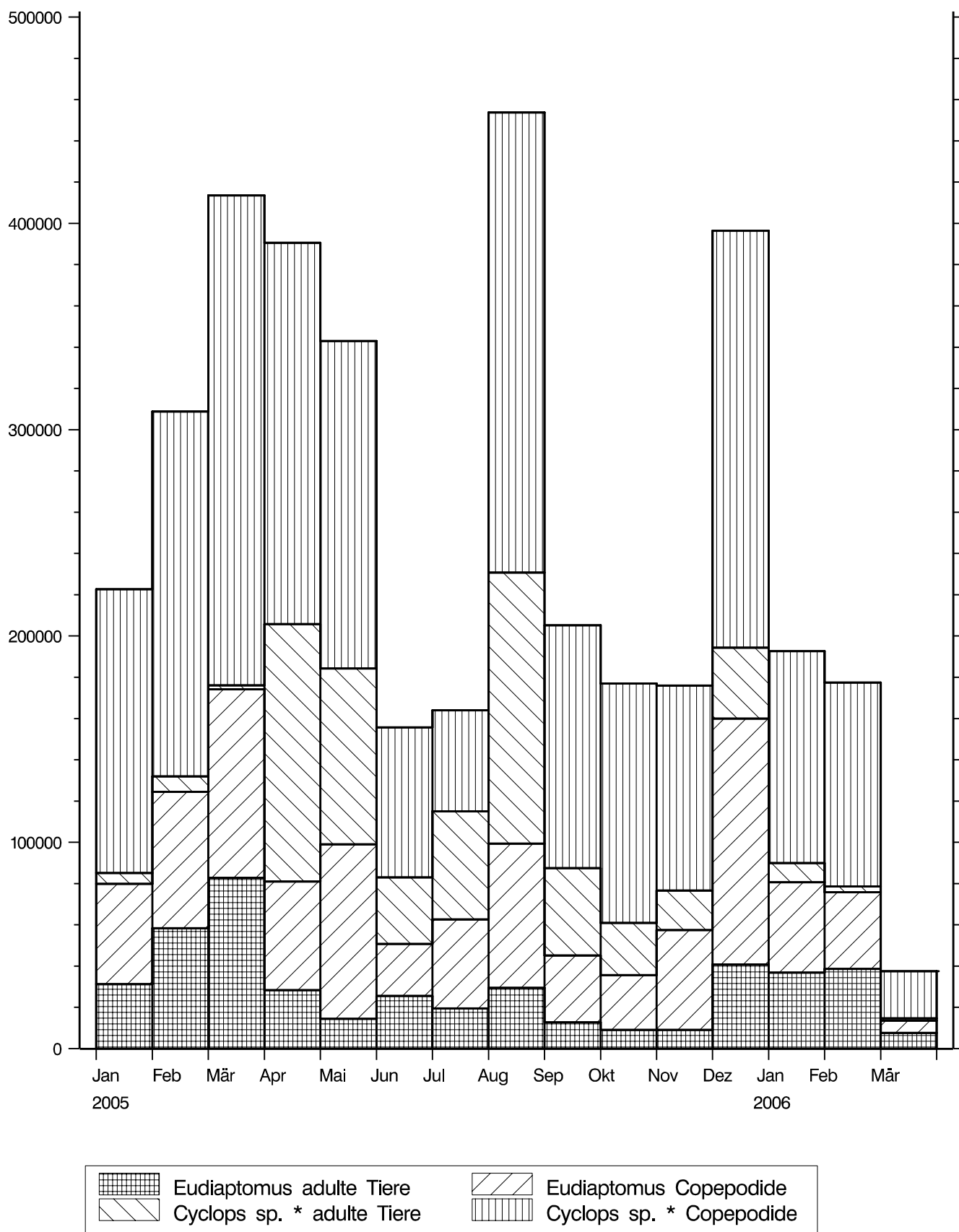


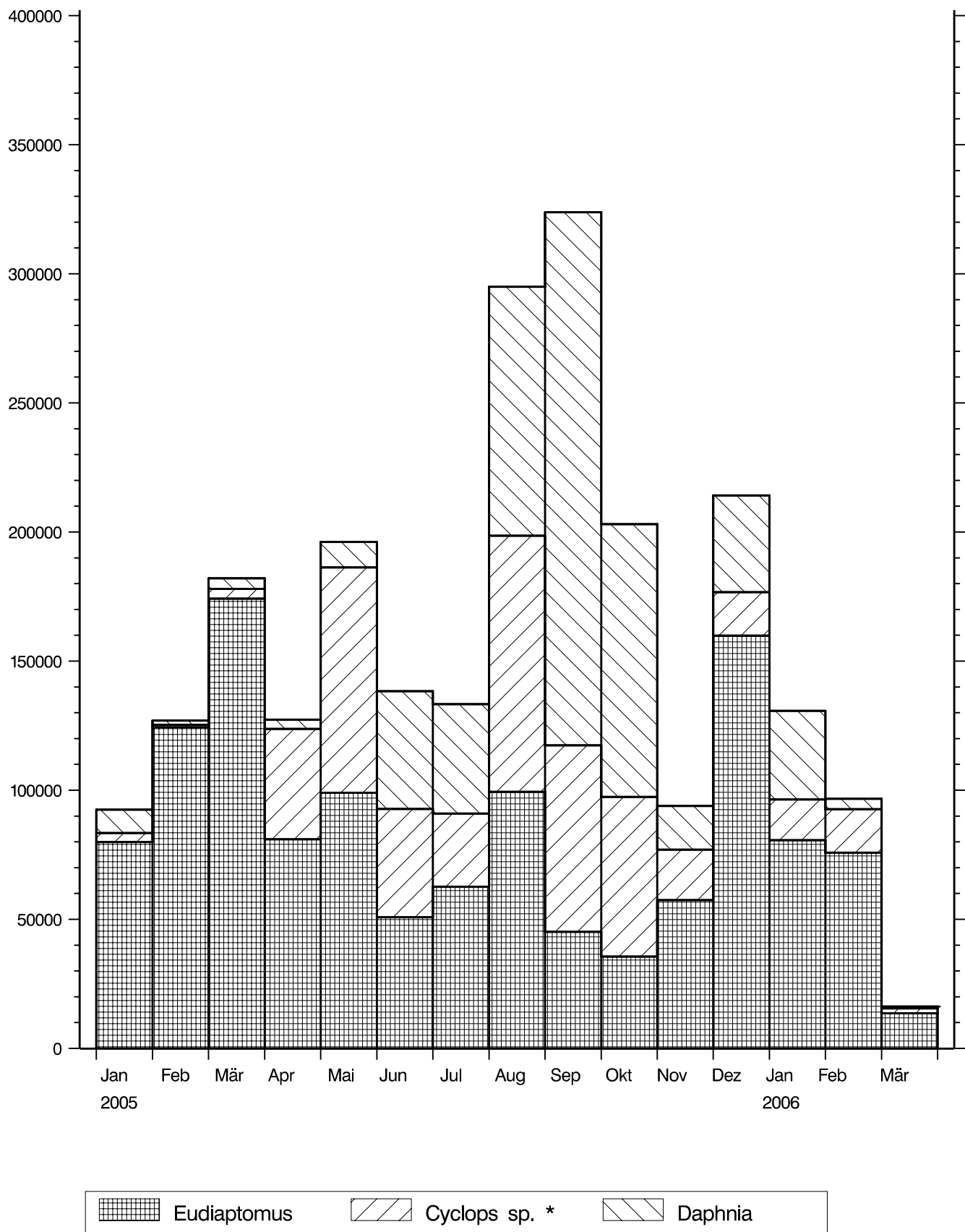
Abb. 28: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Entwicklung der Cladoceren
Tiere/m², Monatsmittelwerte



* Cyclops sp. (Summe der Copepoden *C. abyssorum*, *C. vicinus*, *Mesocyclops*, *Acanthocyclops*)

Abb. 29: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:

Entwicklung der Copepoden, adulte Tiere und Copepodide,
Tiere/m², Monatsmittelwerte



* Cyclops sp. (Summe der Copepoden *C. abyssorum*, *C. vicinus*, *Mesocyclops*, *Acanthocyclops*)

Abb. 30: Bodensee – Obersee, Fischbach–Uttwil:
Entwicklung der herbivor lebenden Crustaceen,
Tiere/m², Monatsmittelwerte

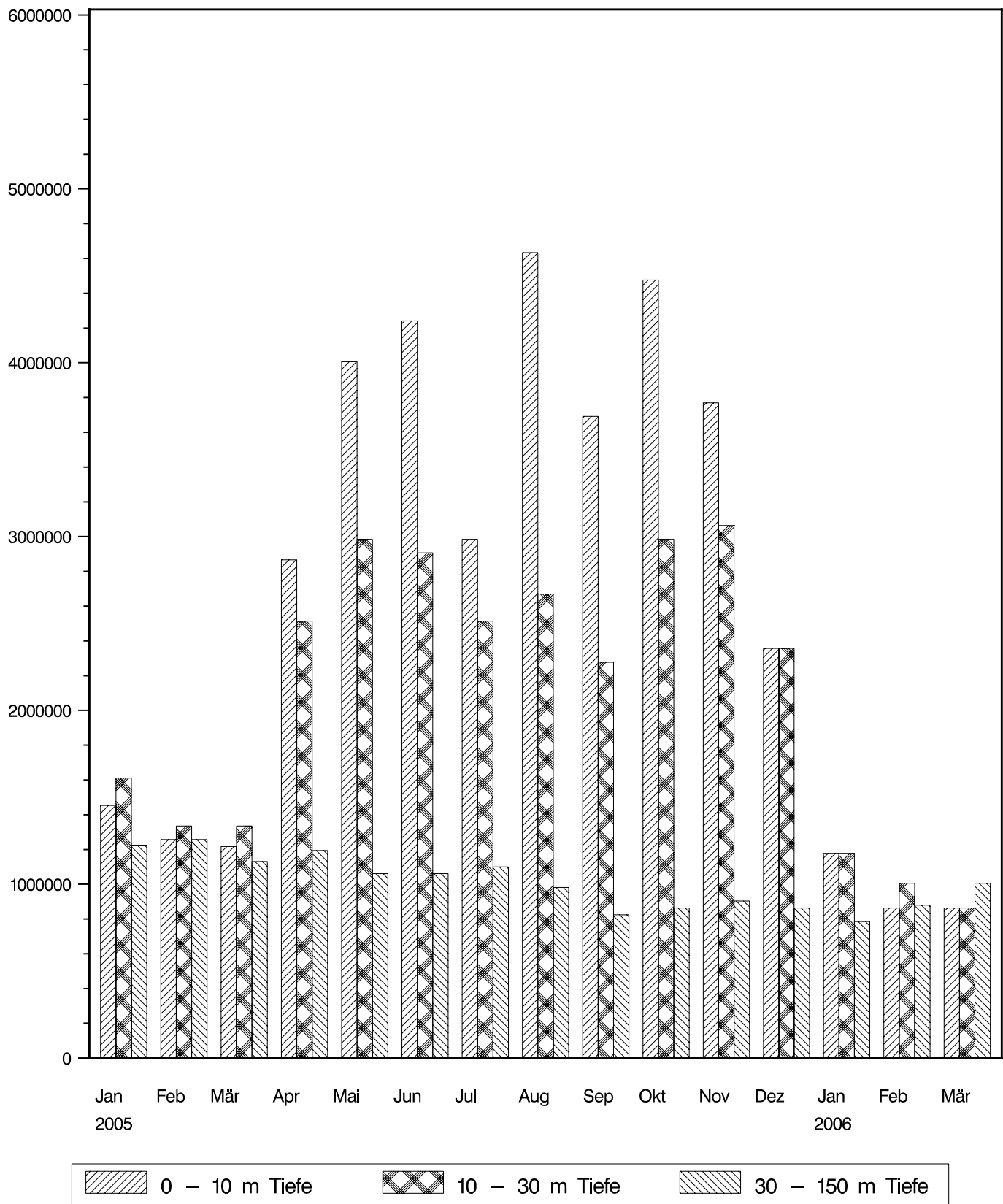


Abb. 31: Bodensee – Obersee, Fischbach – Uttwil:
Entwicklung des Bakterienplanktons,
Gesamtkeimzahlen (Bakterien/ml), Monatsmittelwerte

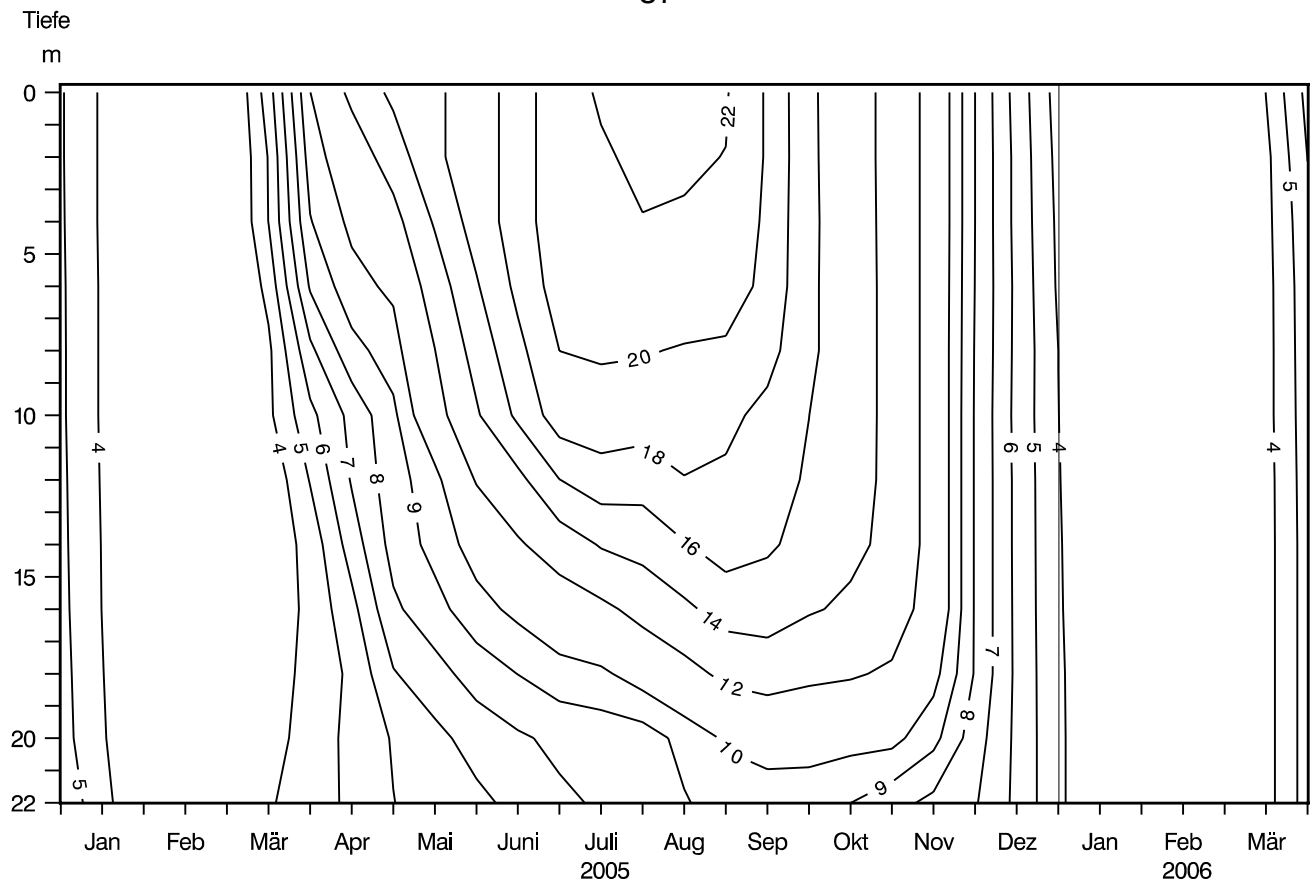


Abb. 32: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Temperatur °C

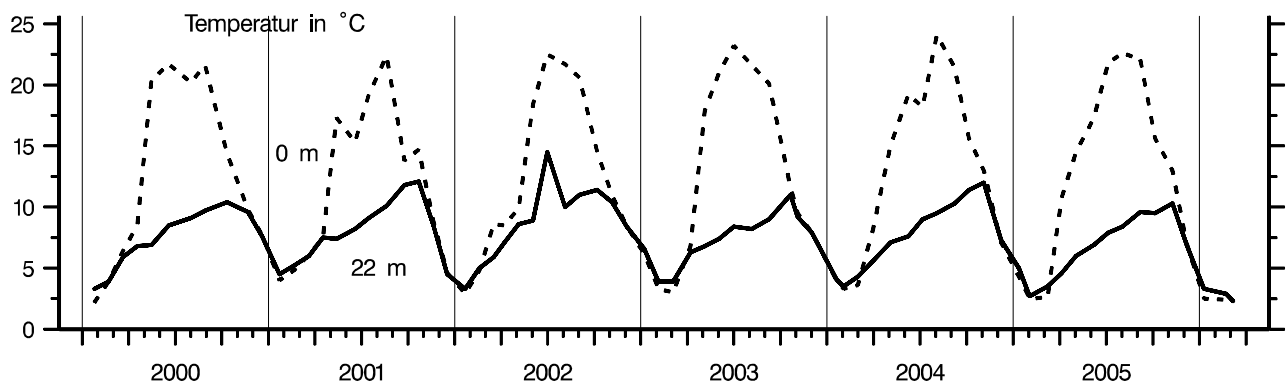
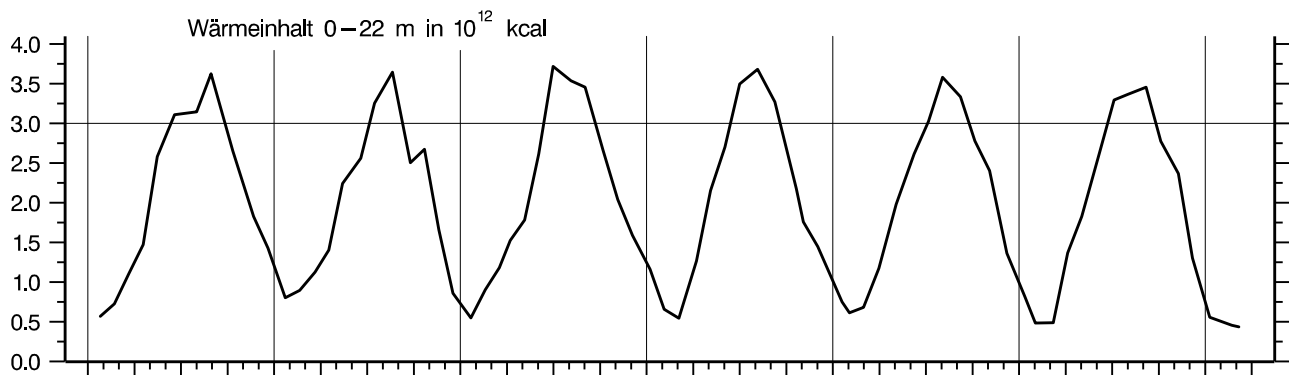


Abb. 33: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Thermik

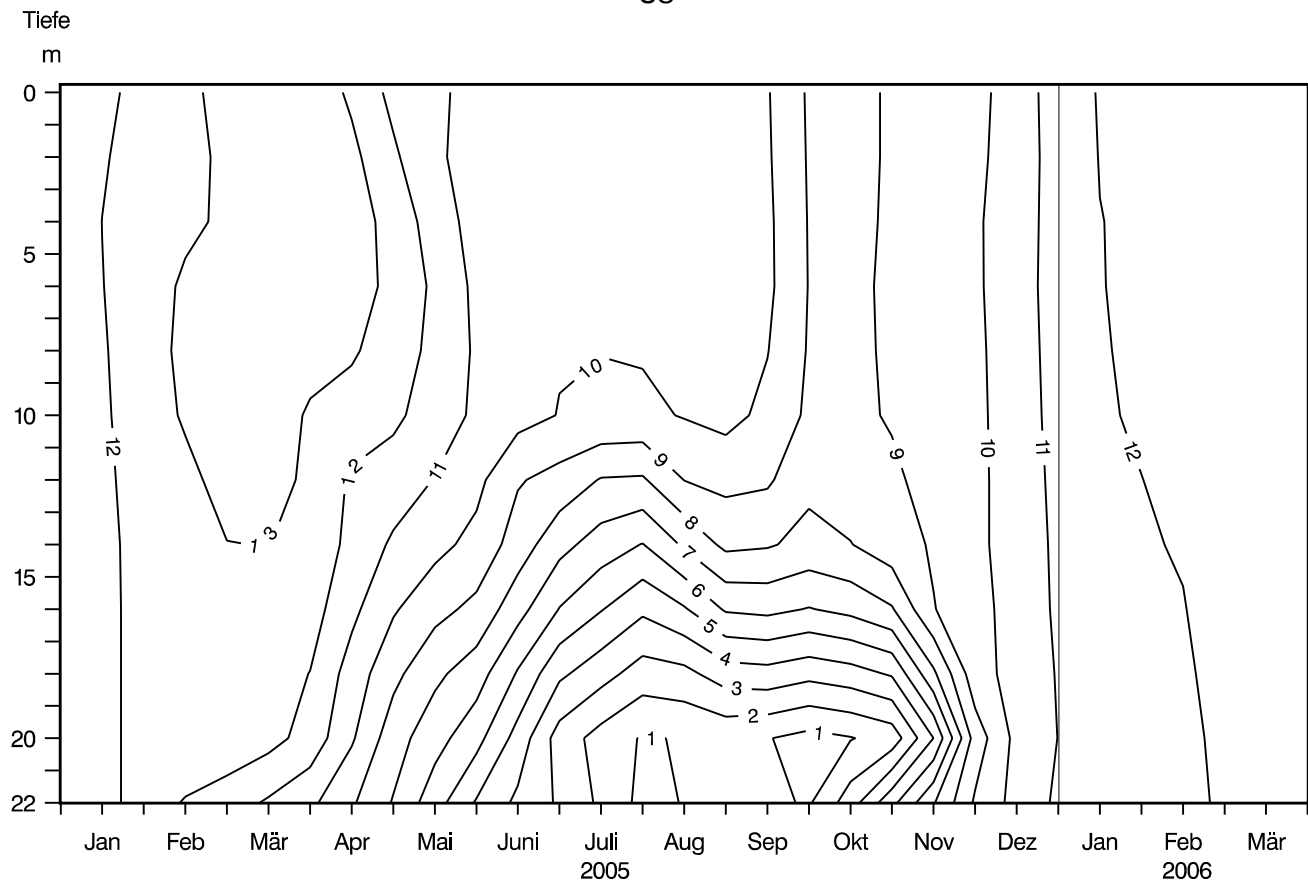


Abb. 34: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoff (mg/l)

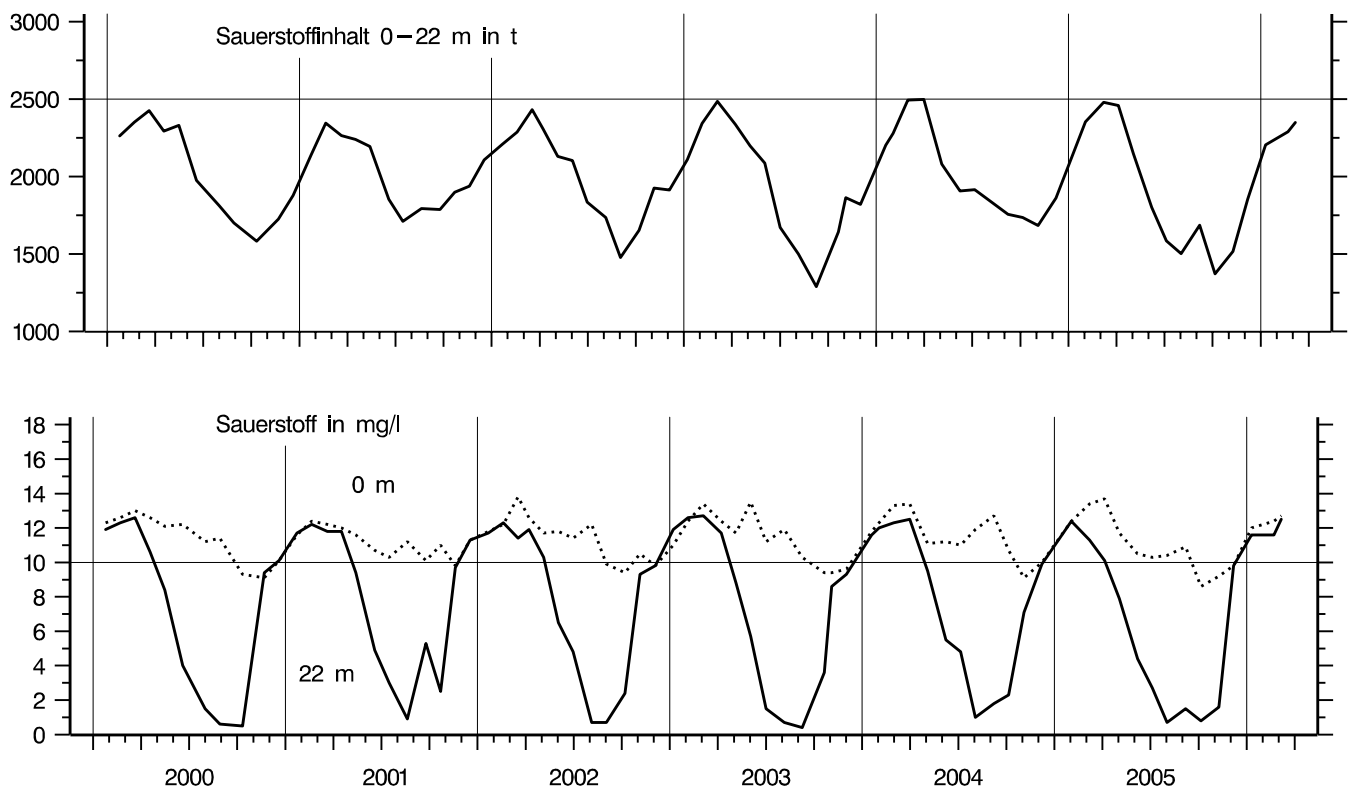
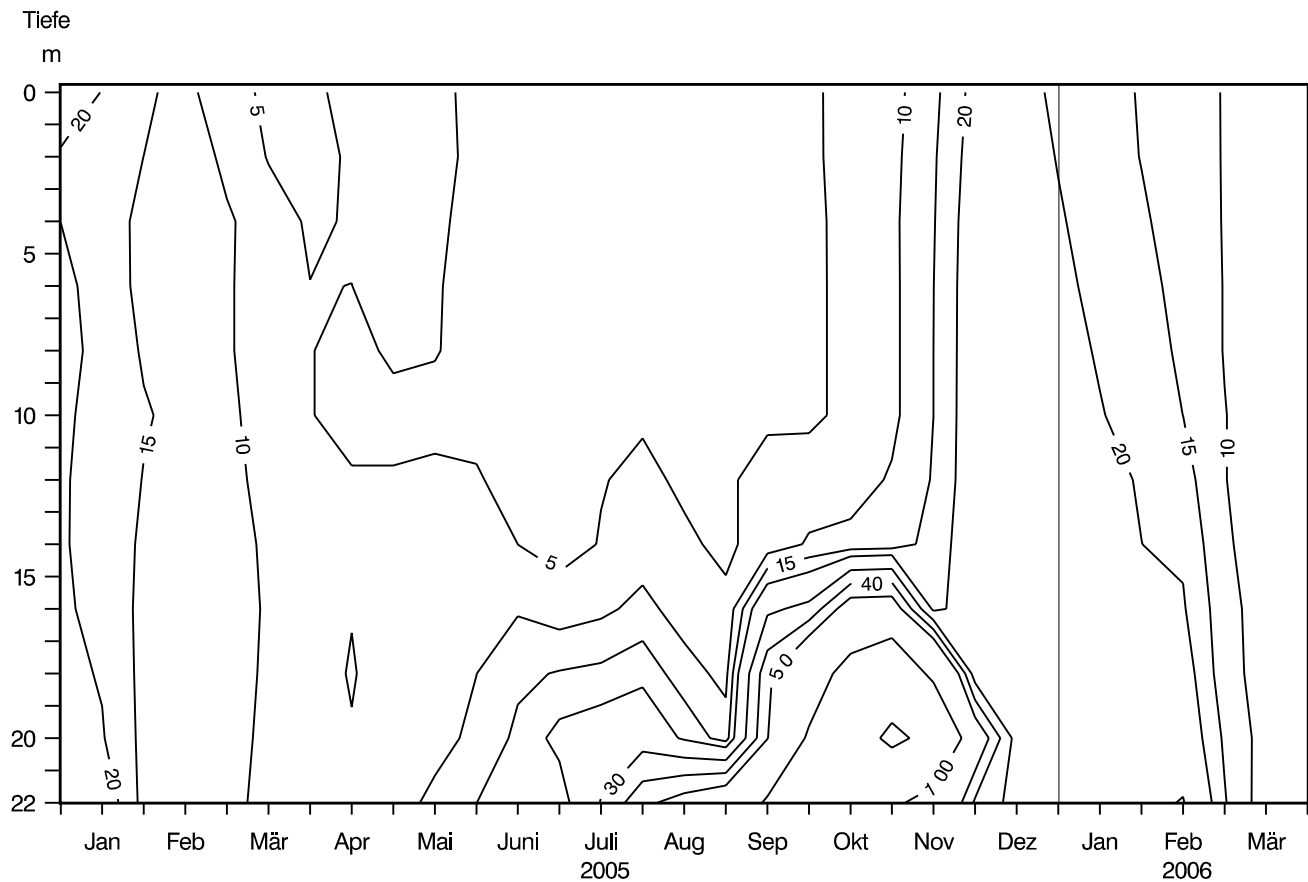
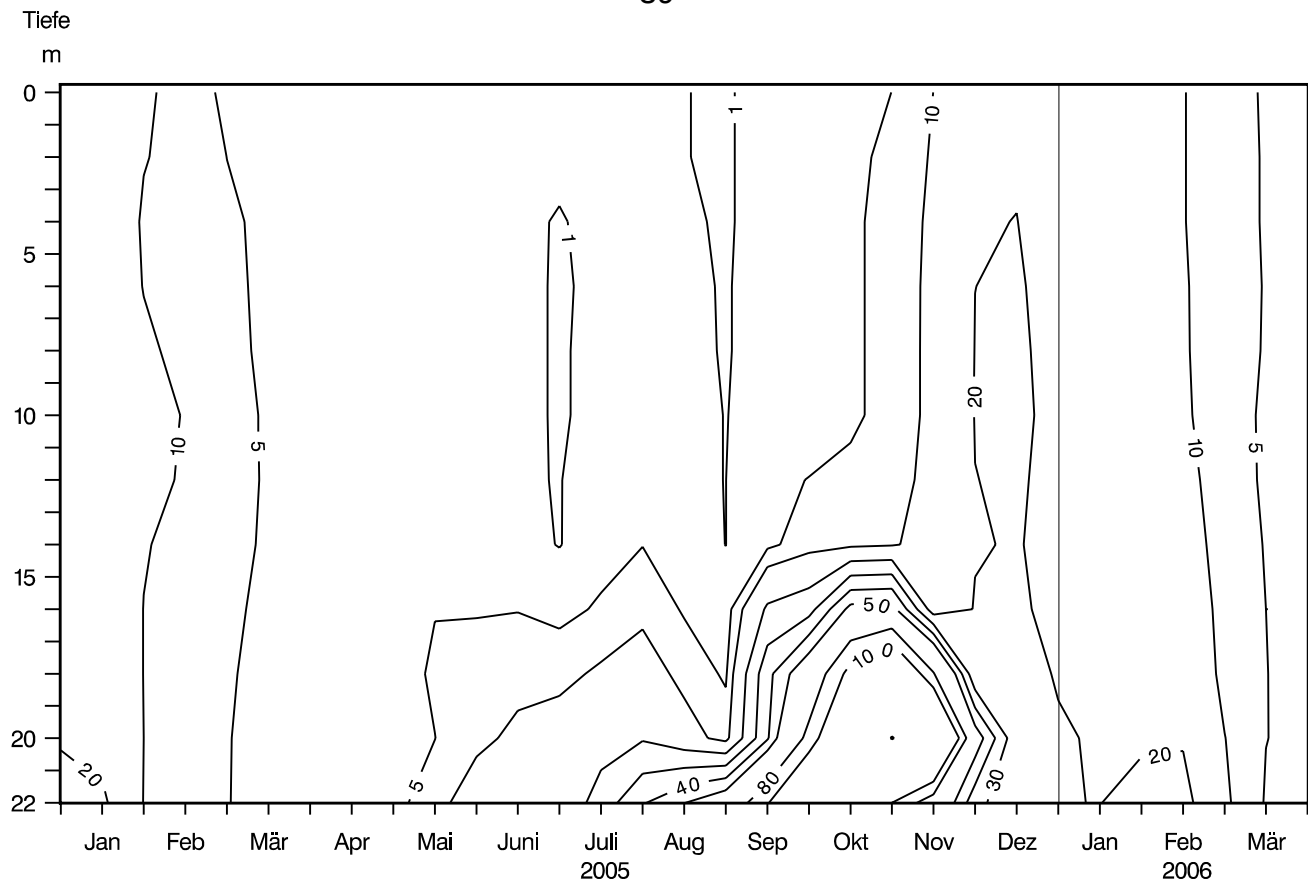


Abb. 35: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Sauerstoffinhalt 0–22 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 22 m Tiefe



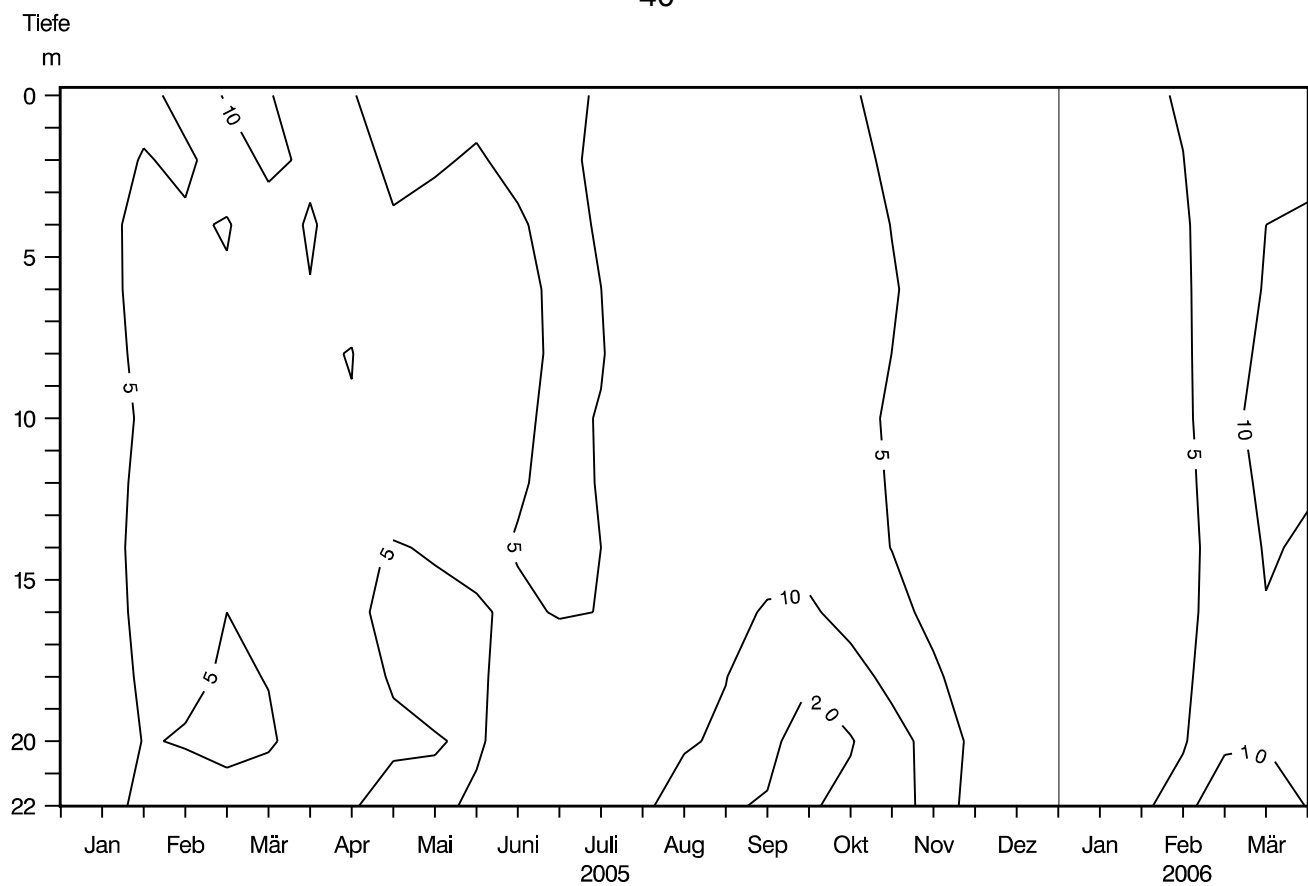


Abb. 38: Bodensee – Untersee, Zellersee:
partikulärer Phosphor (mg/m^3)

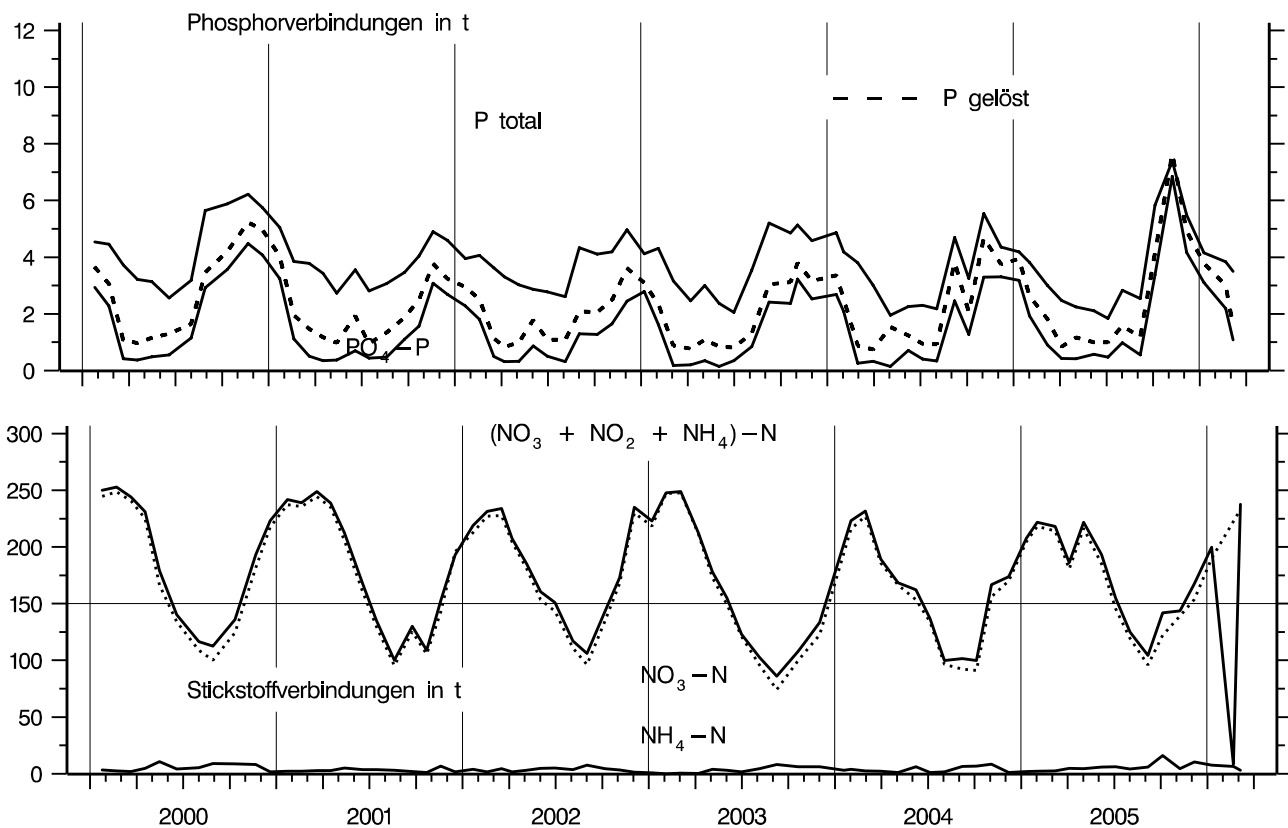


Abb. 39: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt 0–22 m Tiefe

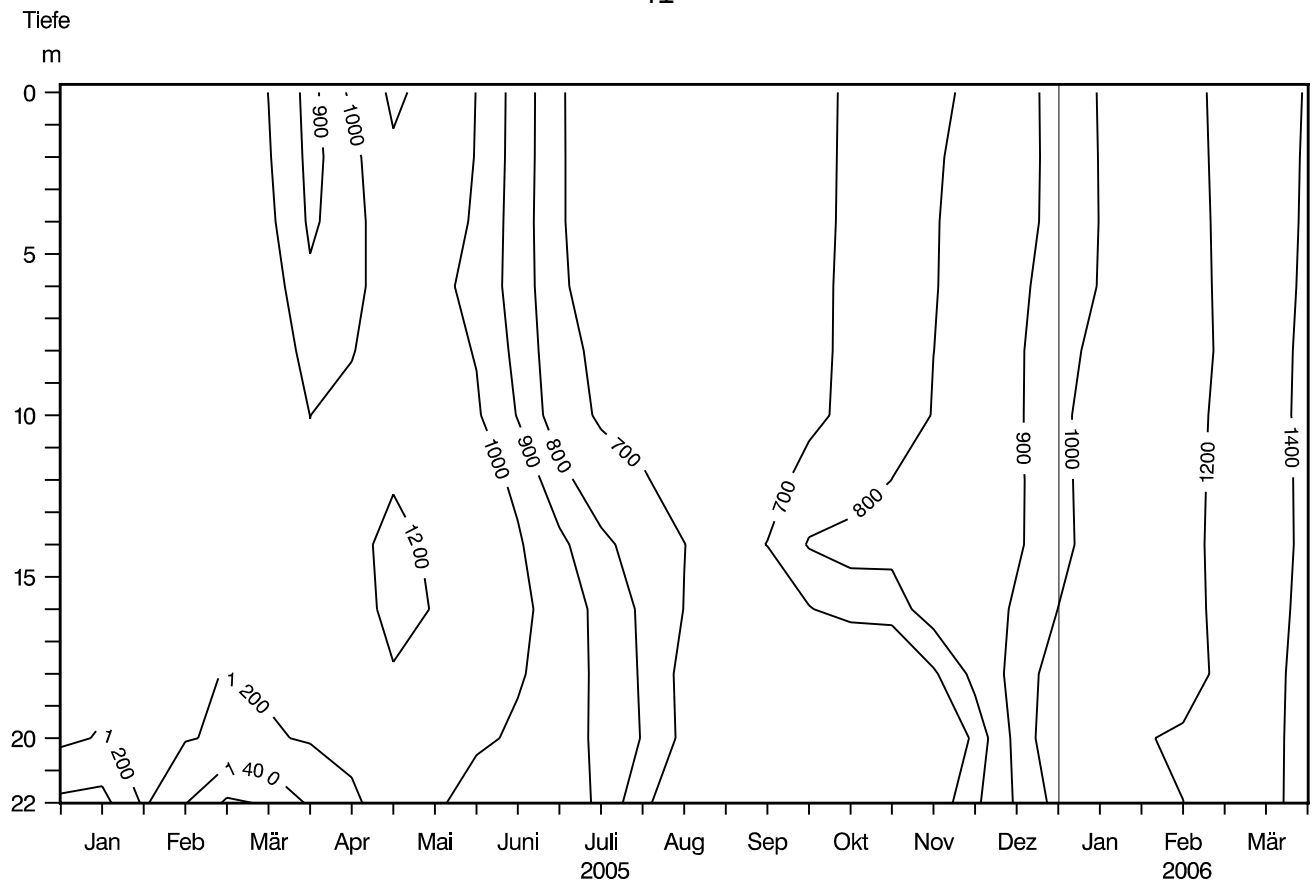


Abb. 40: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

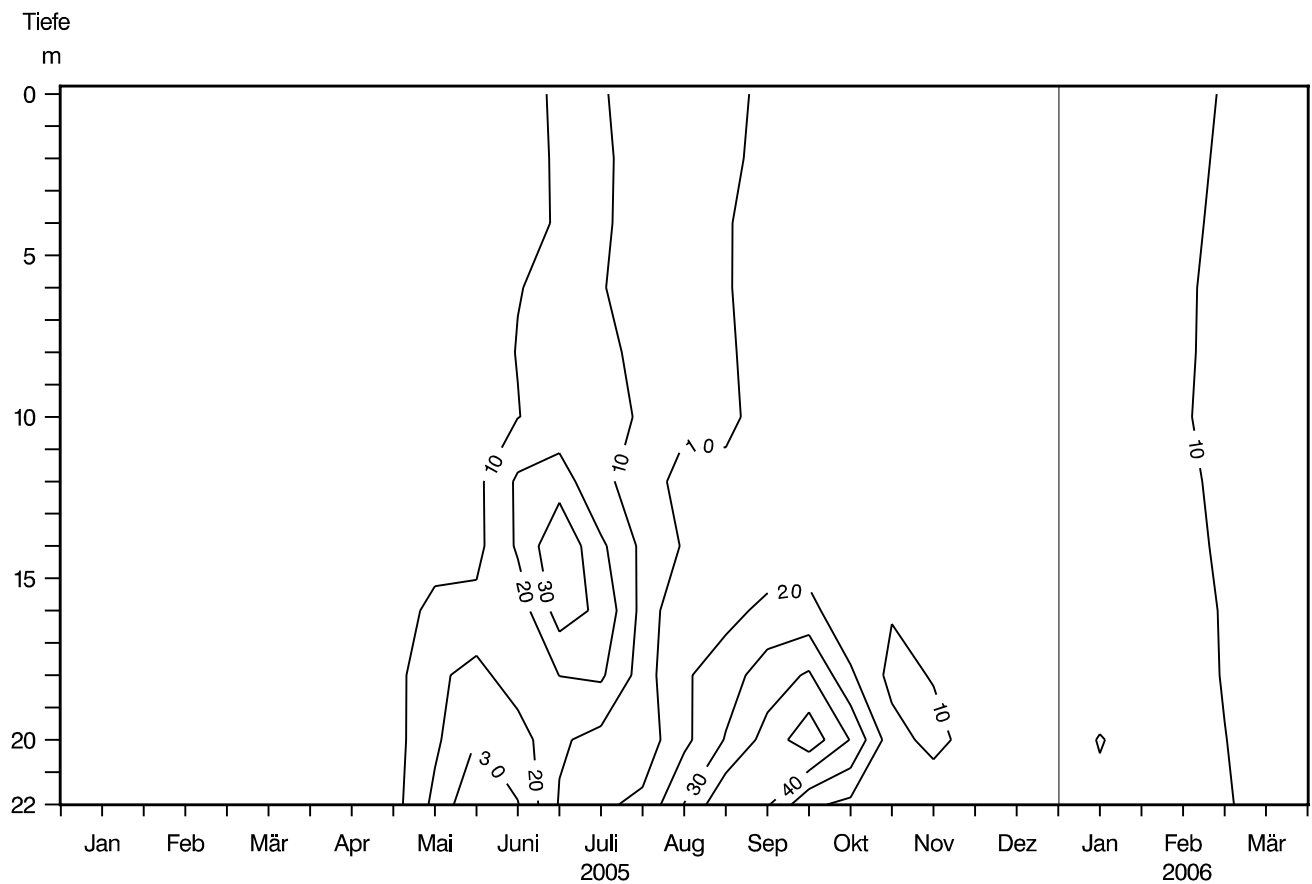


Abb. 41: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

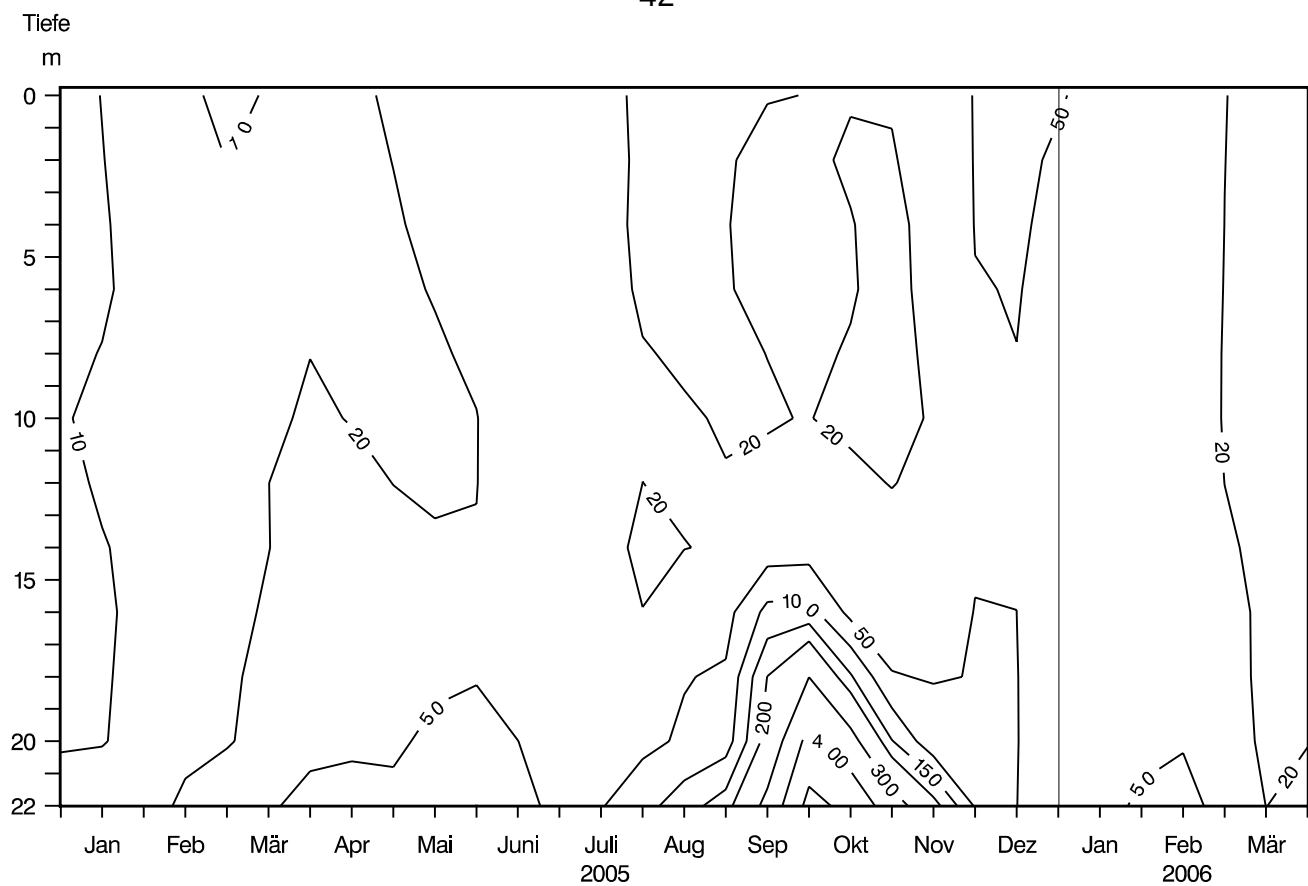


Abb. 42: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

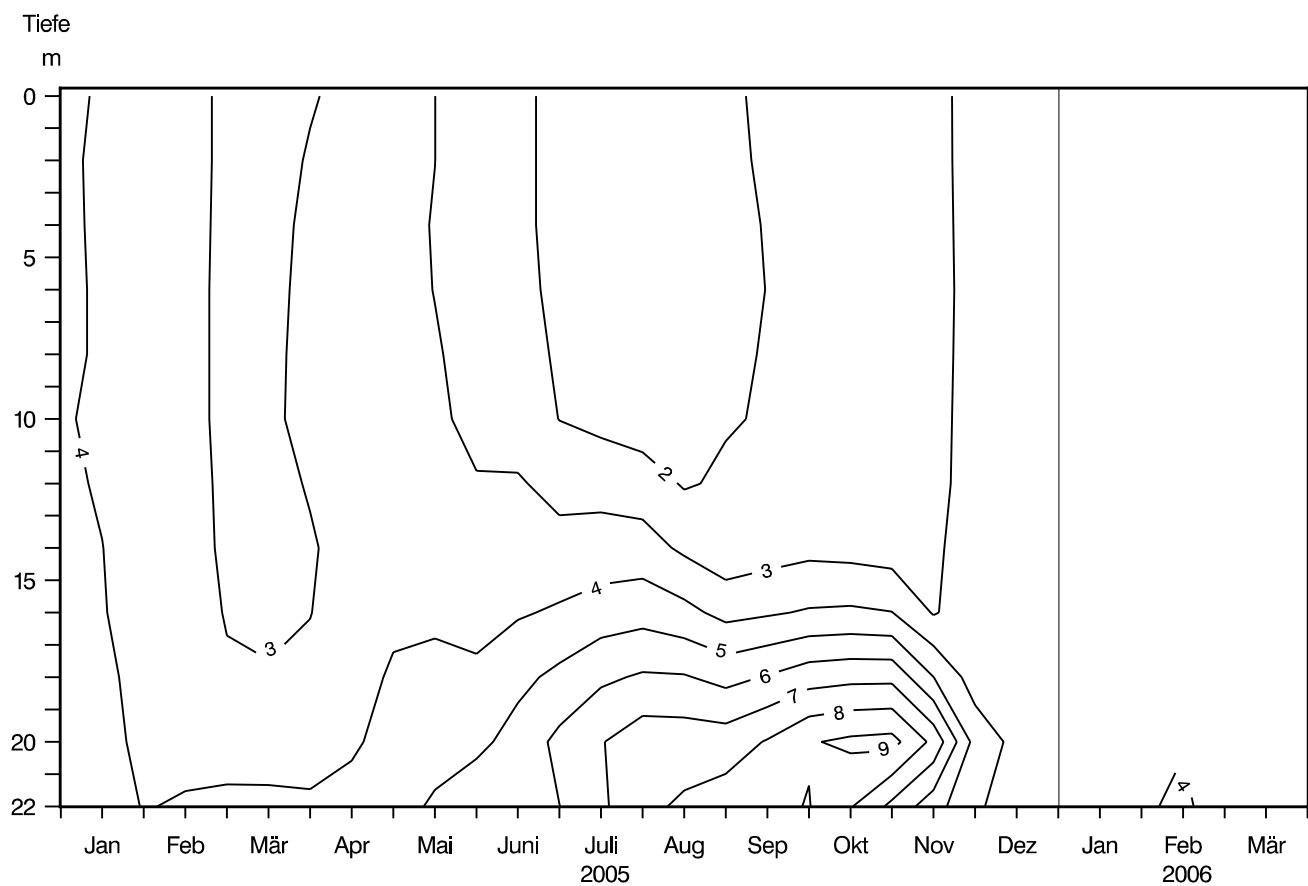


Abb. 43: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Silikat (mg/l)

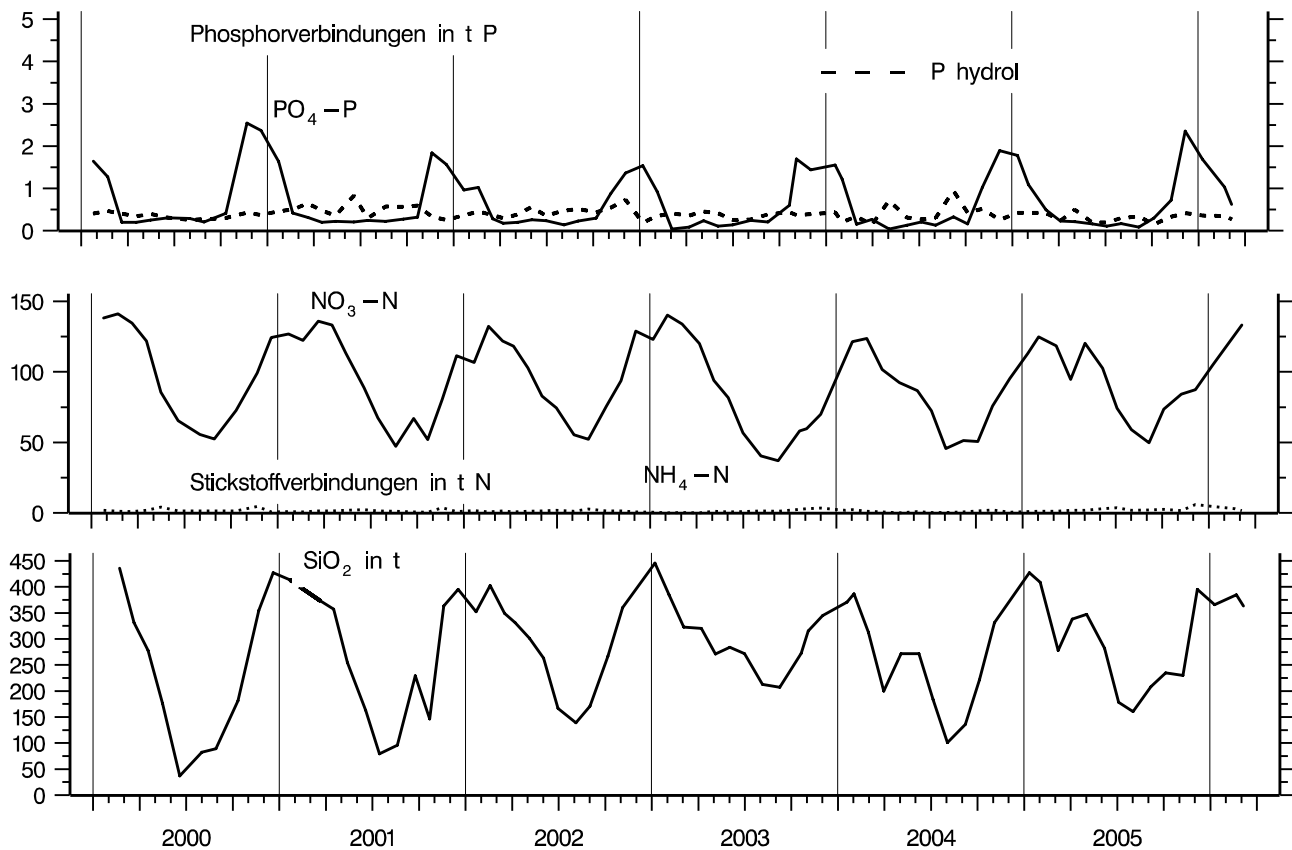


Abb. 44: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

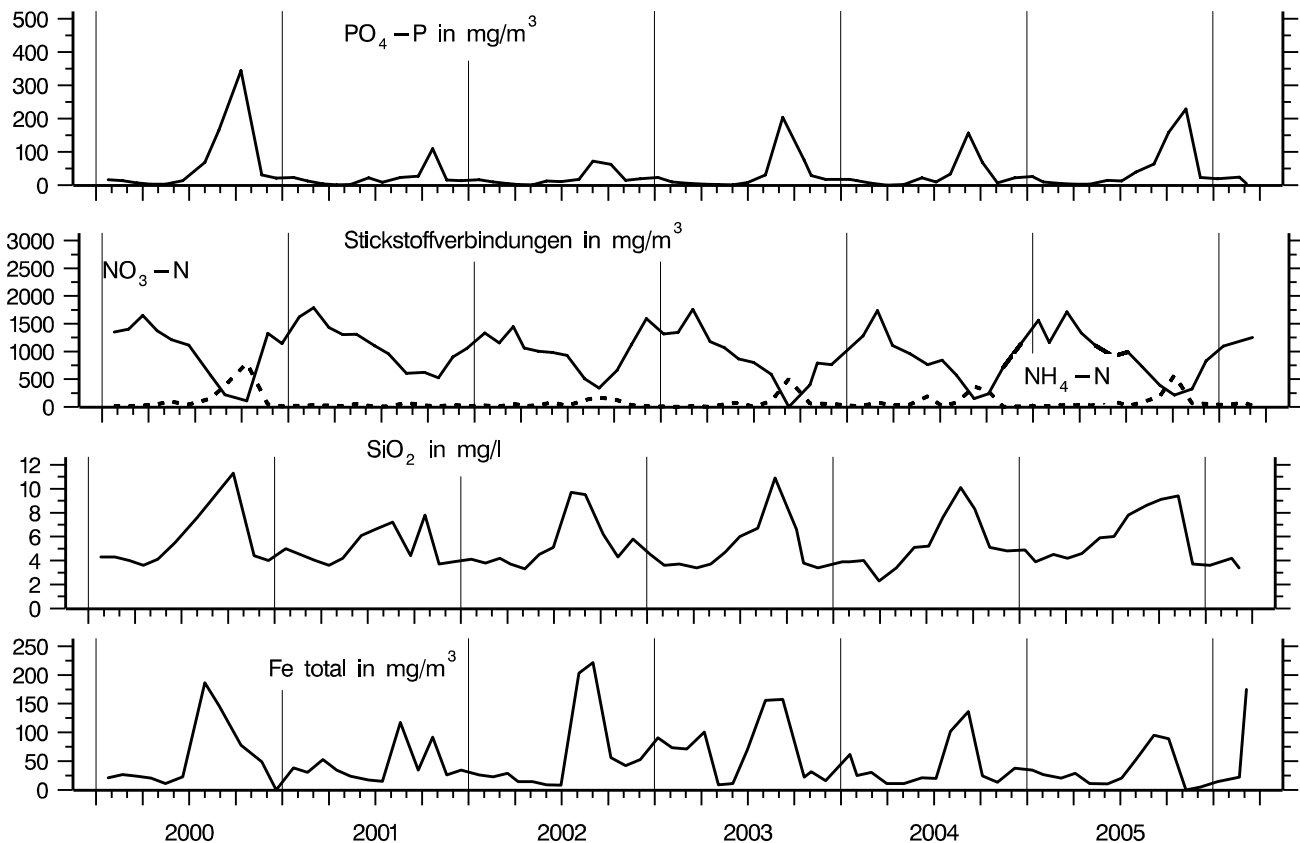


Abb. 45: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Nährstoffkonzentration in 22 m Tiefe

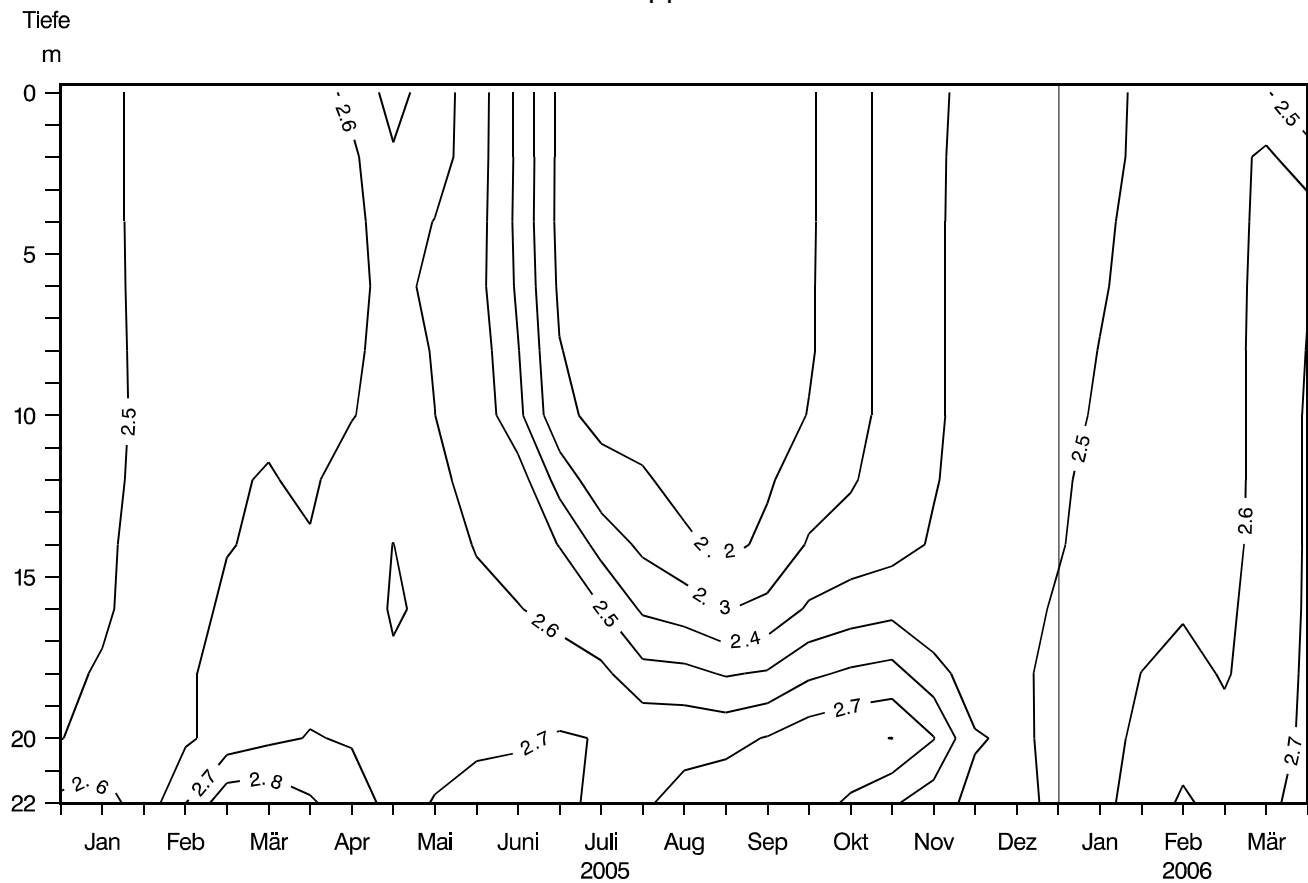


Abb. 46: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

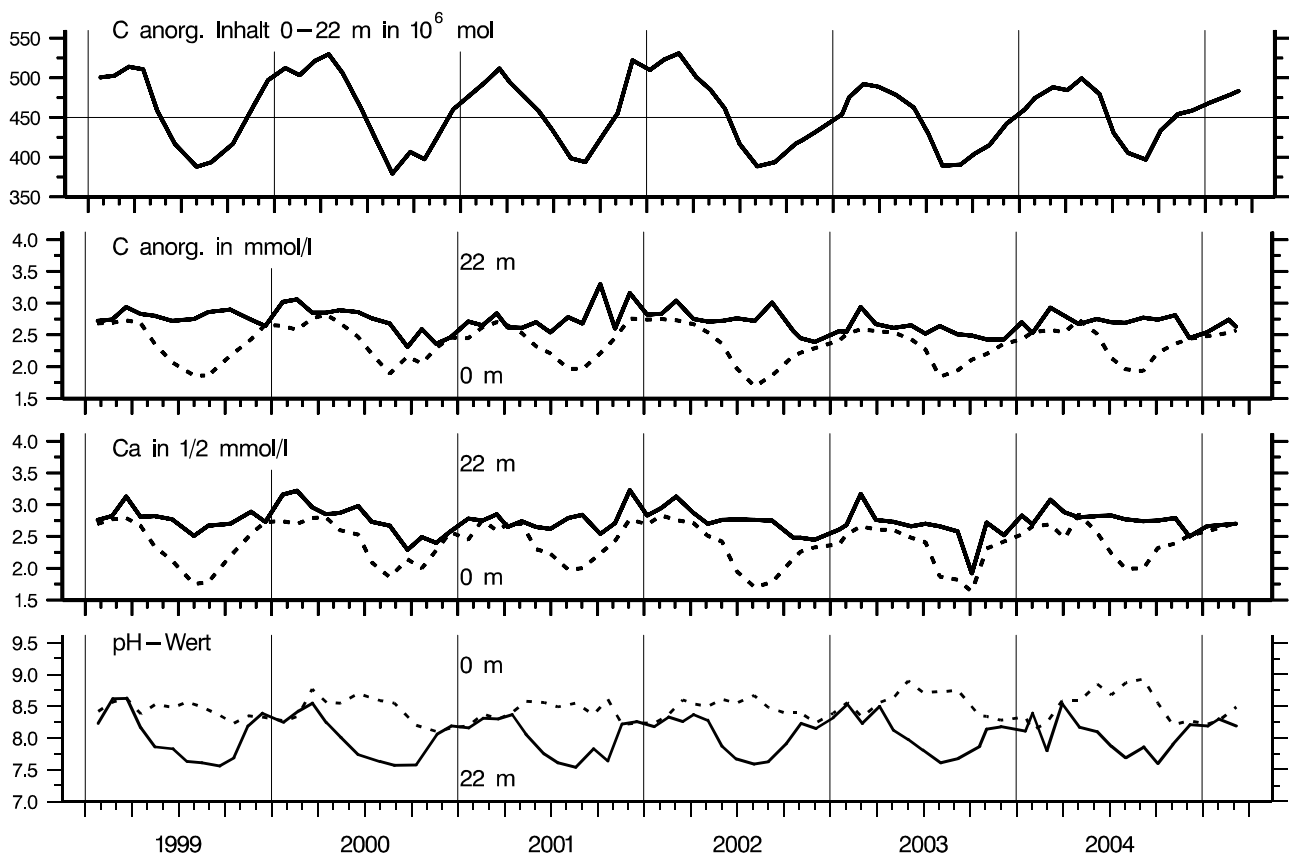


Abb. 47: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–22 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH–Wert

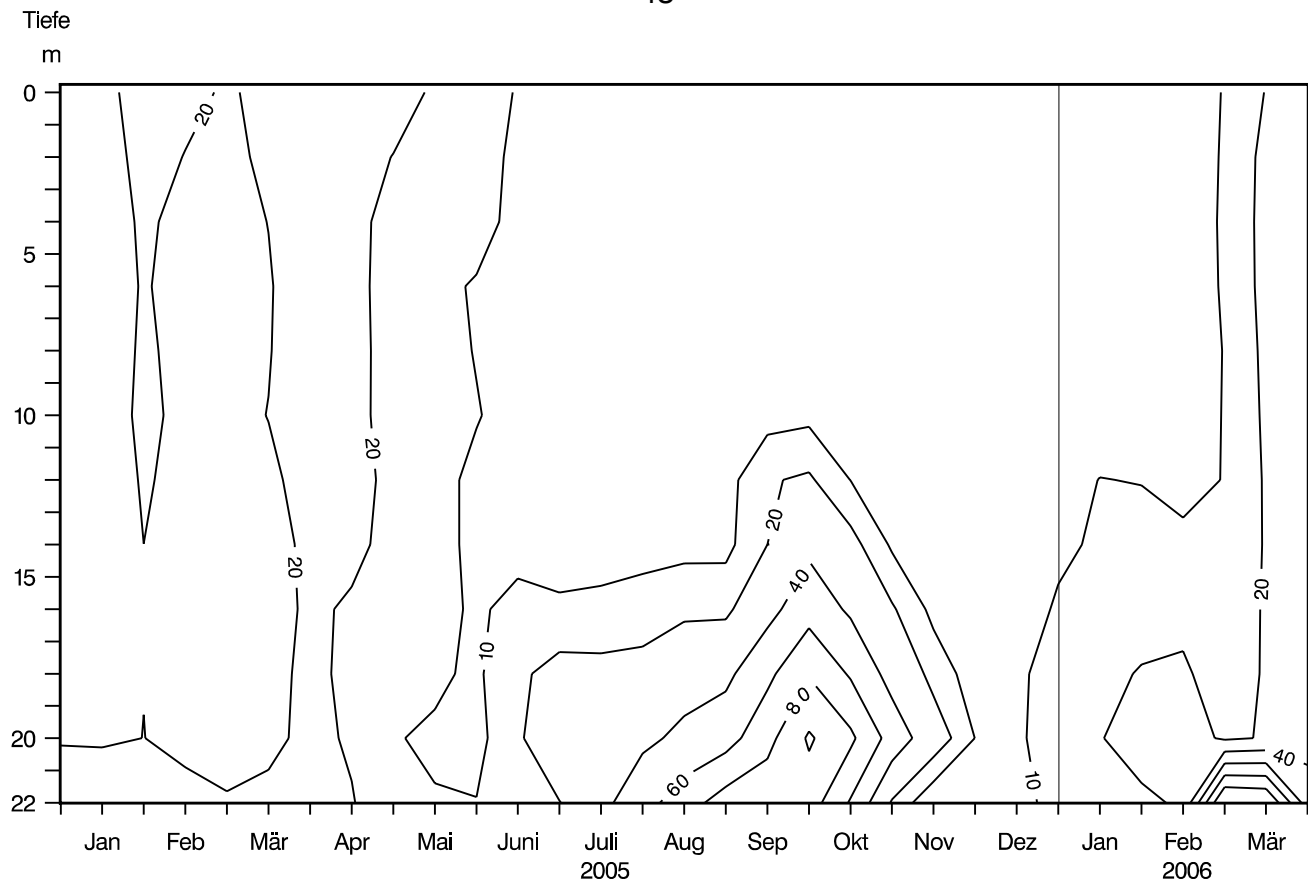


Abb. 48: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Konzentration von Eisen total (mg/m^3)

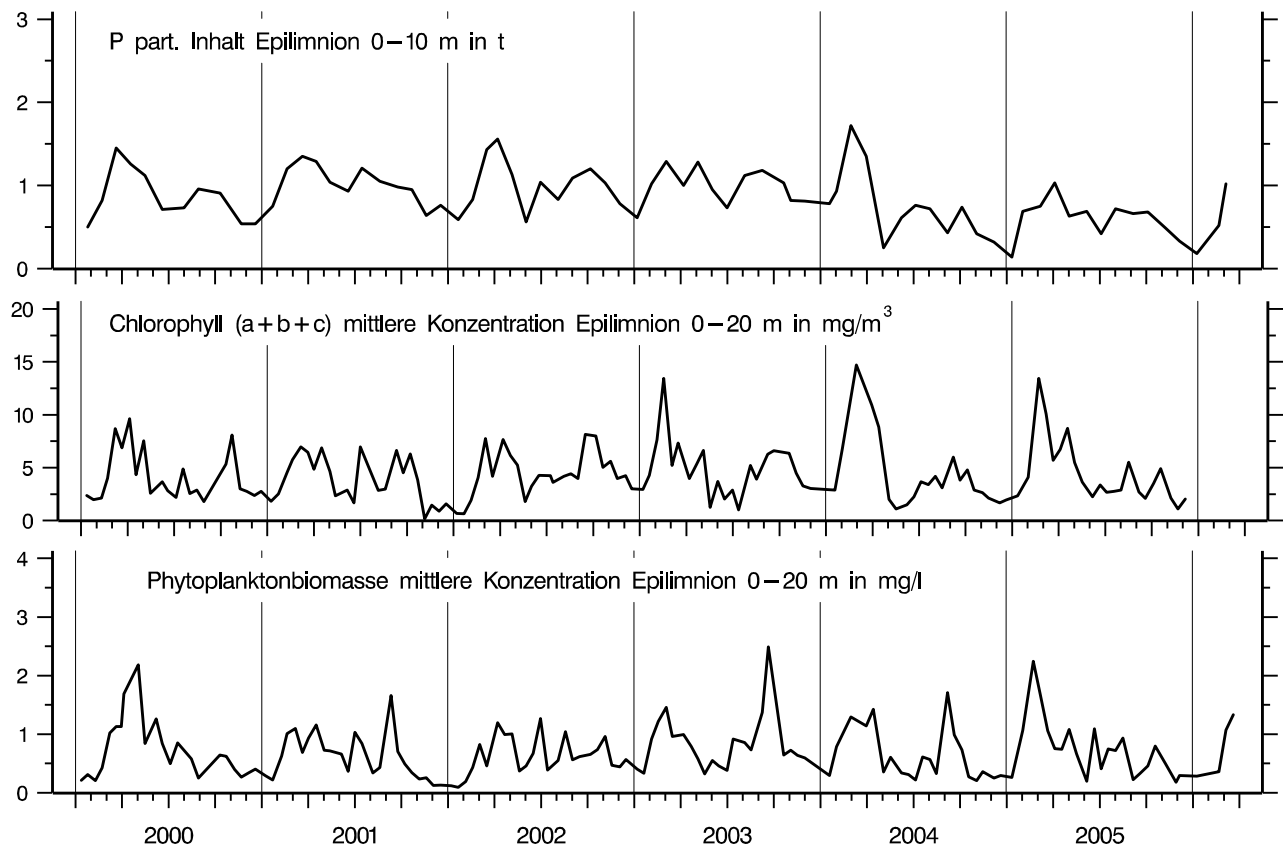


Abb. 49: Bodensee – Untersee, Zellersee:
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

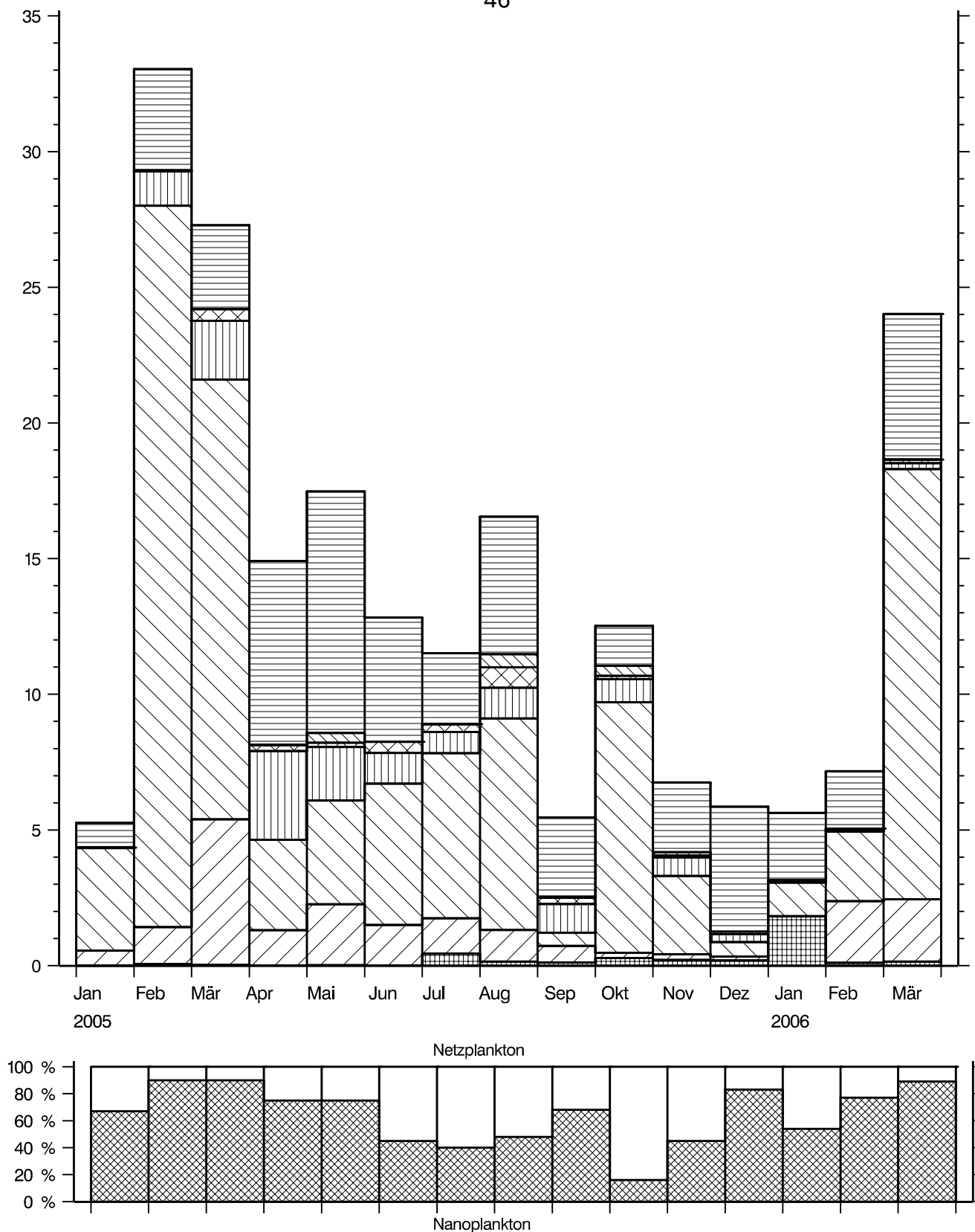


Abb. 50: Bodensee – Untersee, Zellersee:

Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der systematischen Gruppen in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

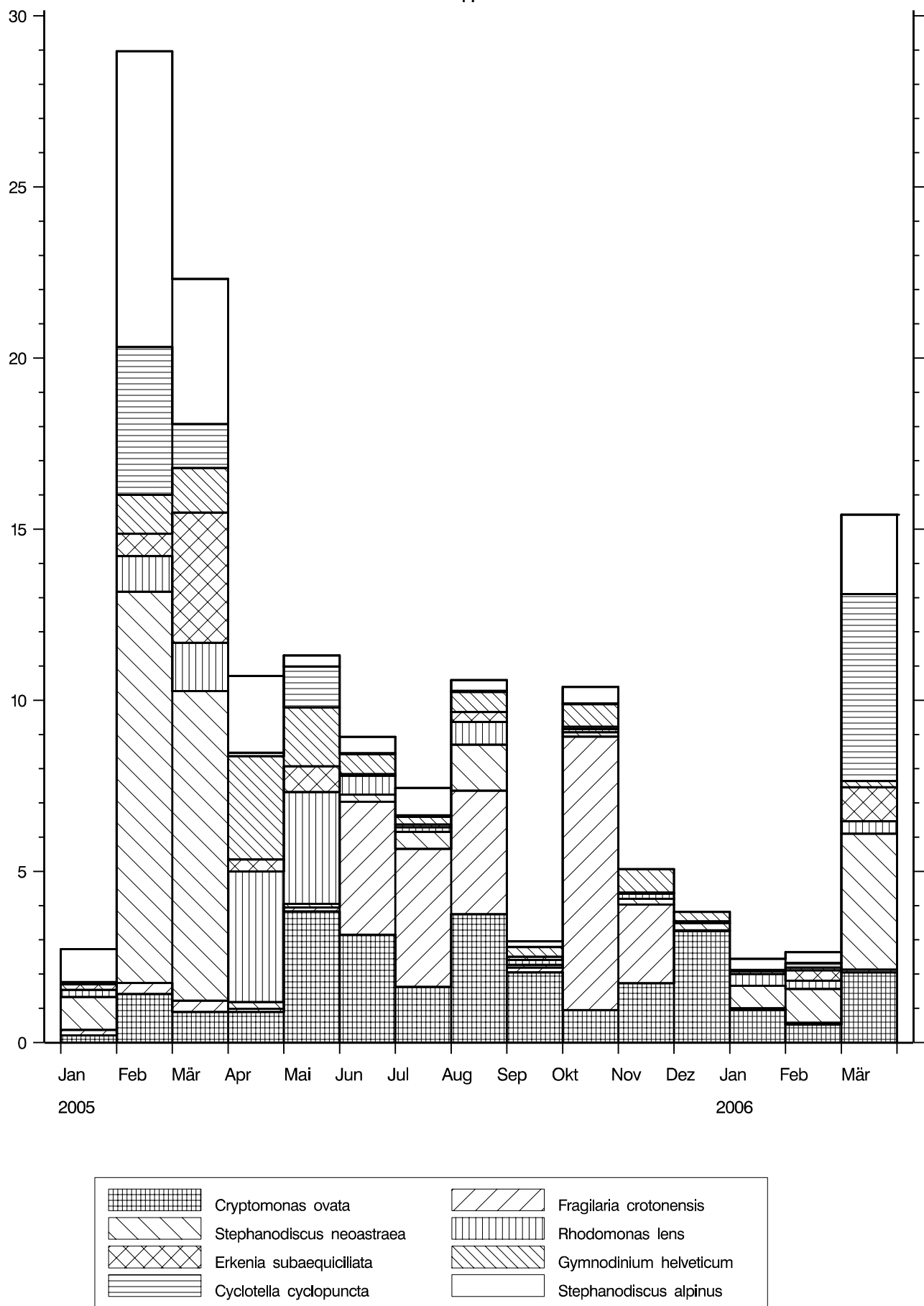


Abb. 51: Bodensee – Untersee, Zellersee:

Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der Hauptarten in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

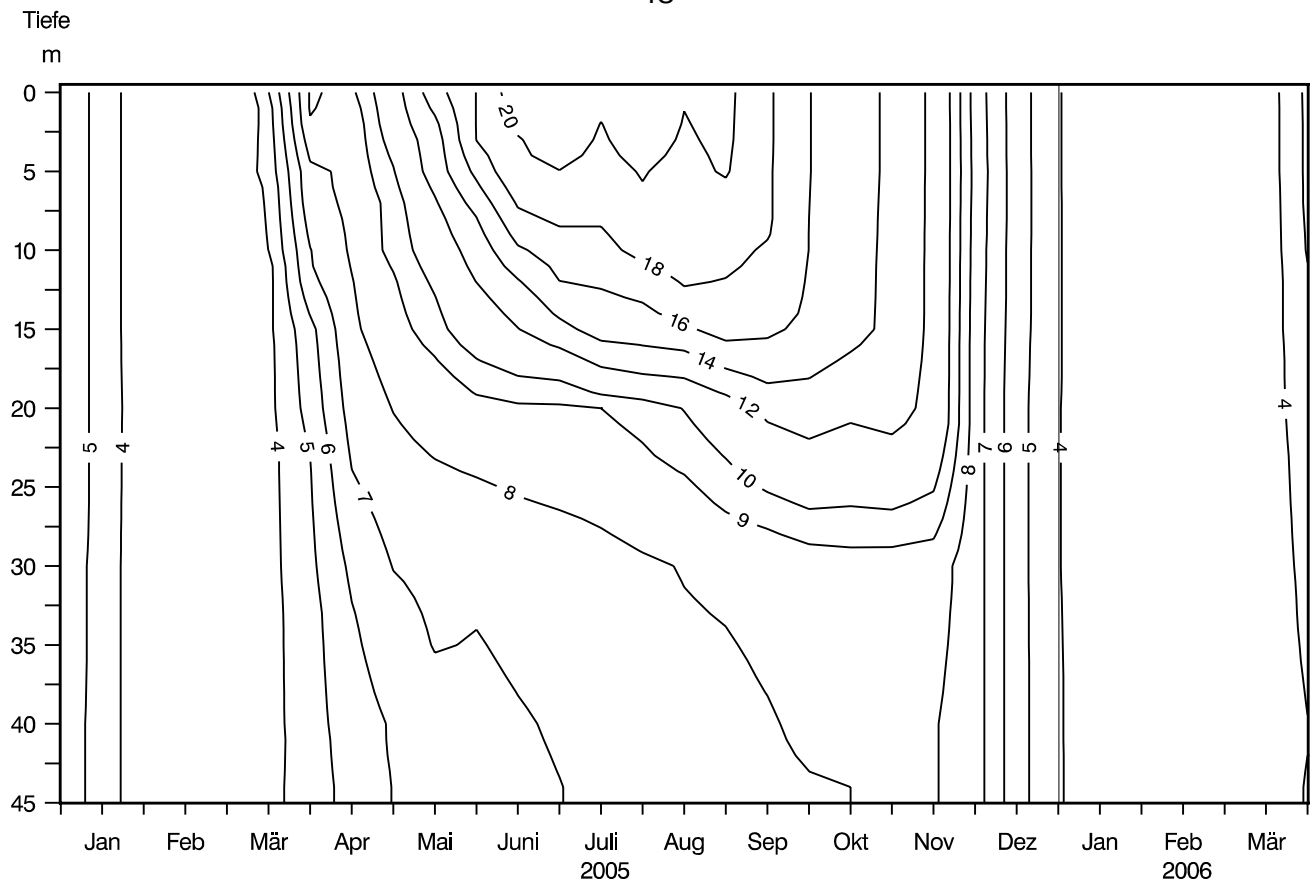


Abb. 52: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Temperatur °C

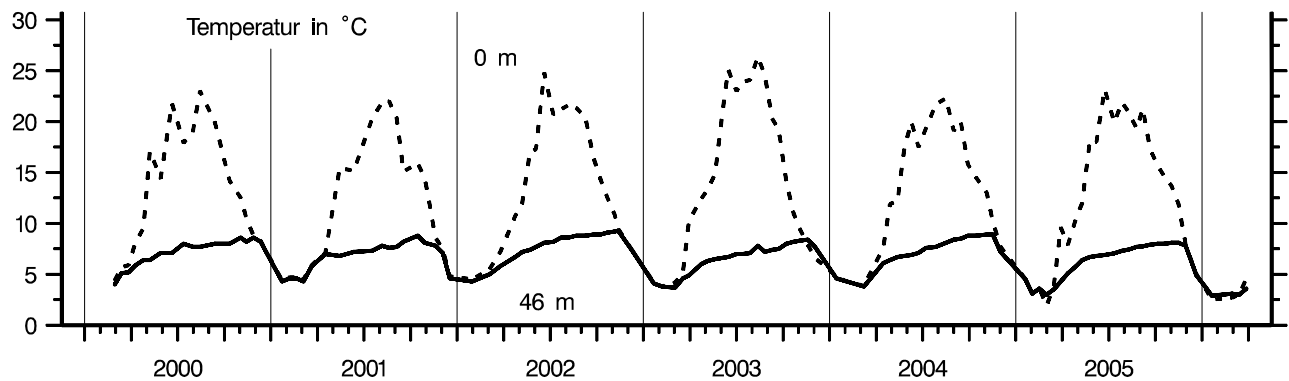
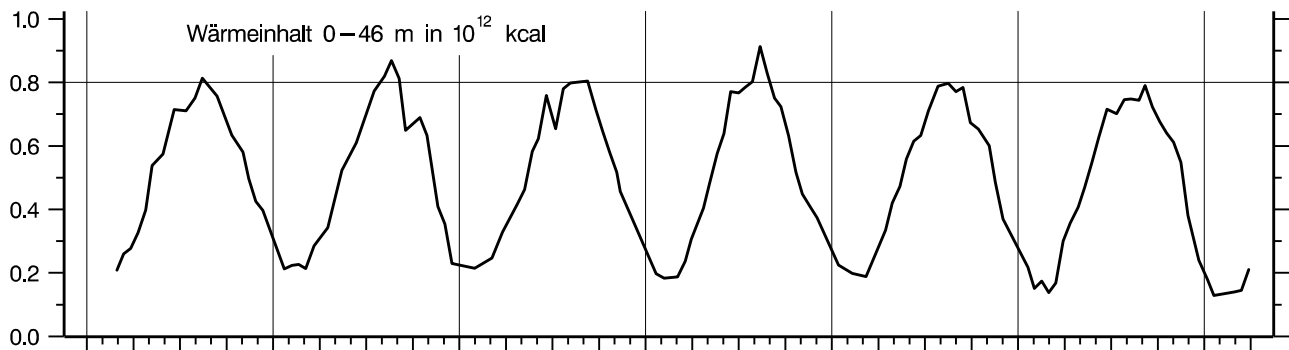


Abb. 53: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Thermik

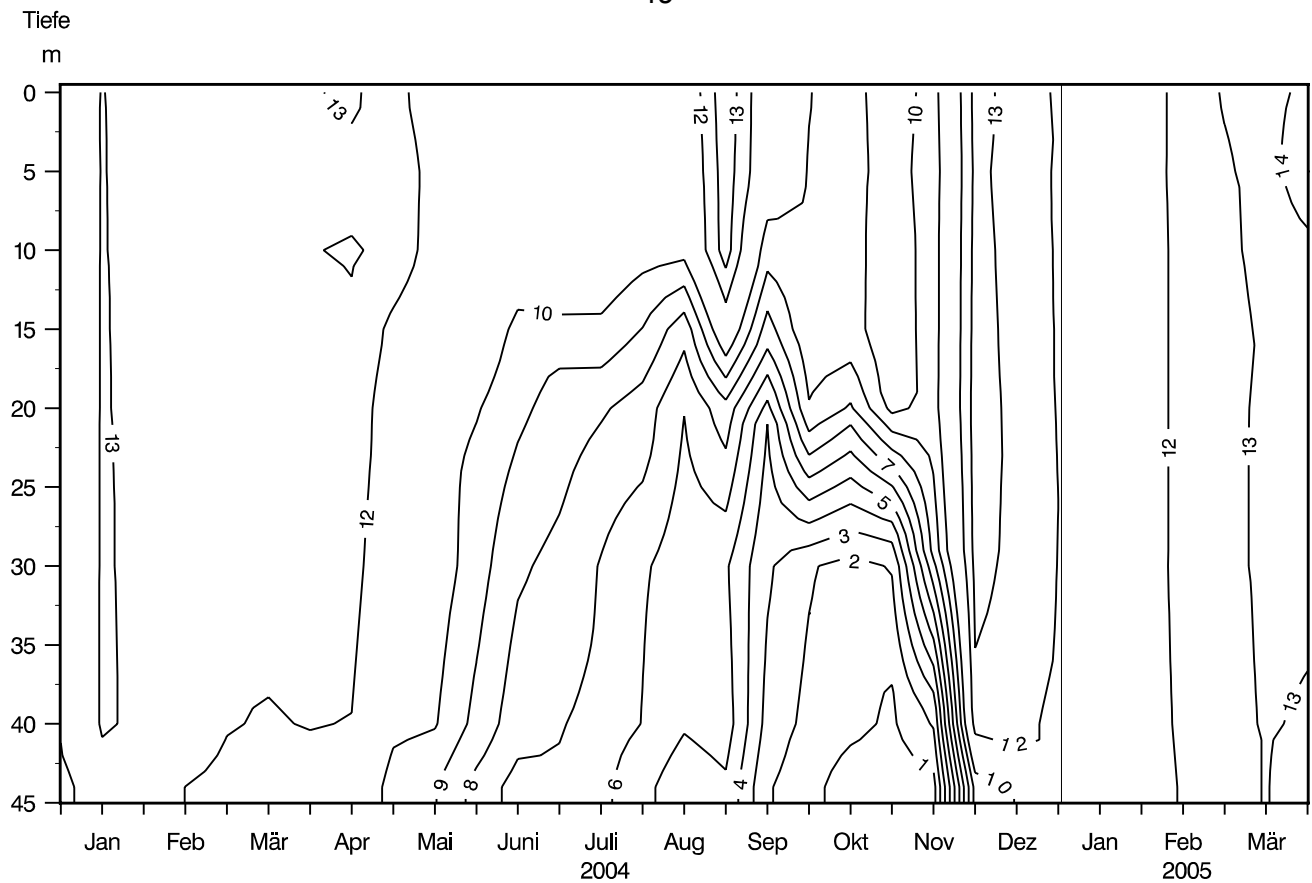


Abb. 54: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoff (mg/l)

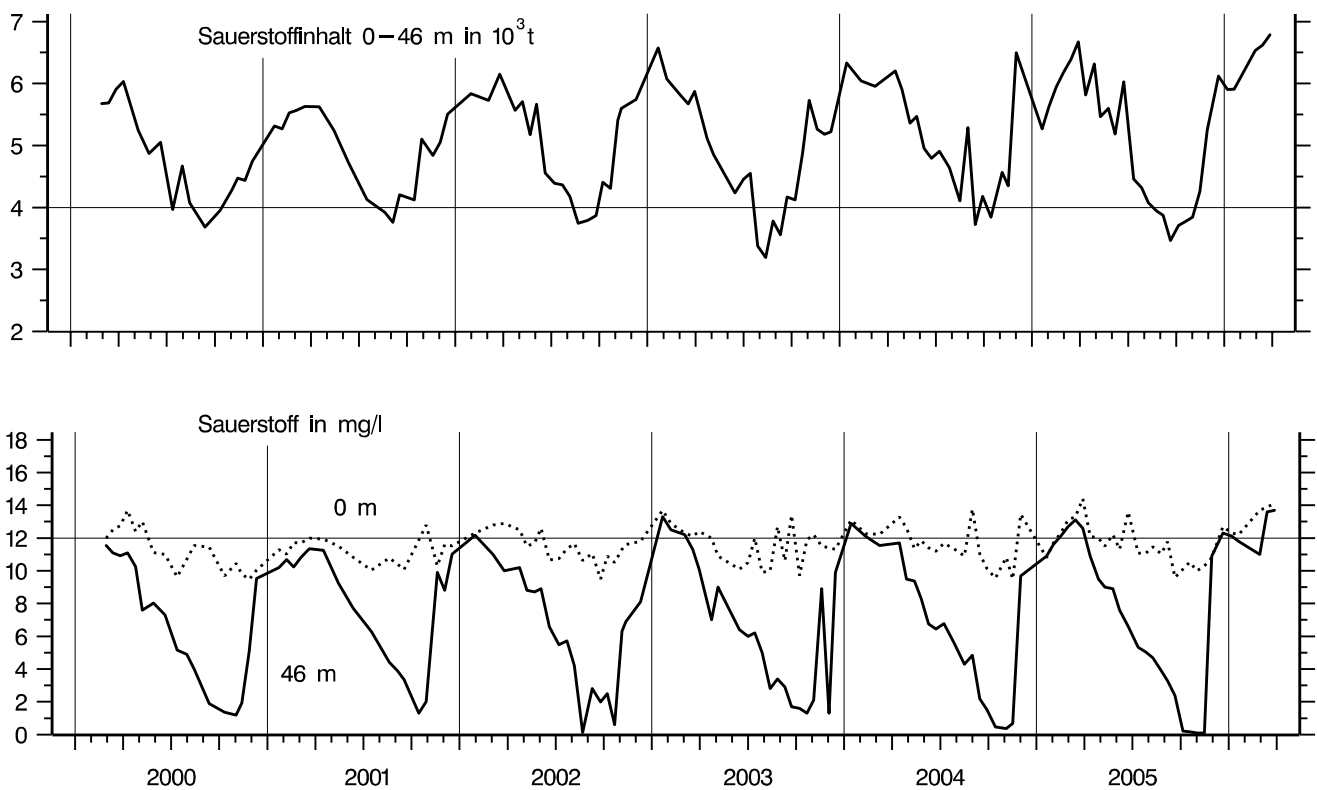


Abb. 55: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Sauerstoffinhalt 0–46 m und Sauerstoffkonzentration in 0 und 46 m Tiefe

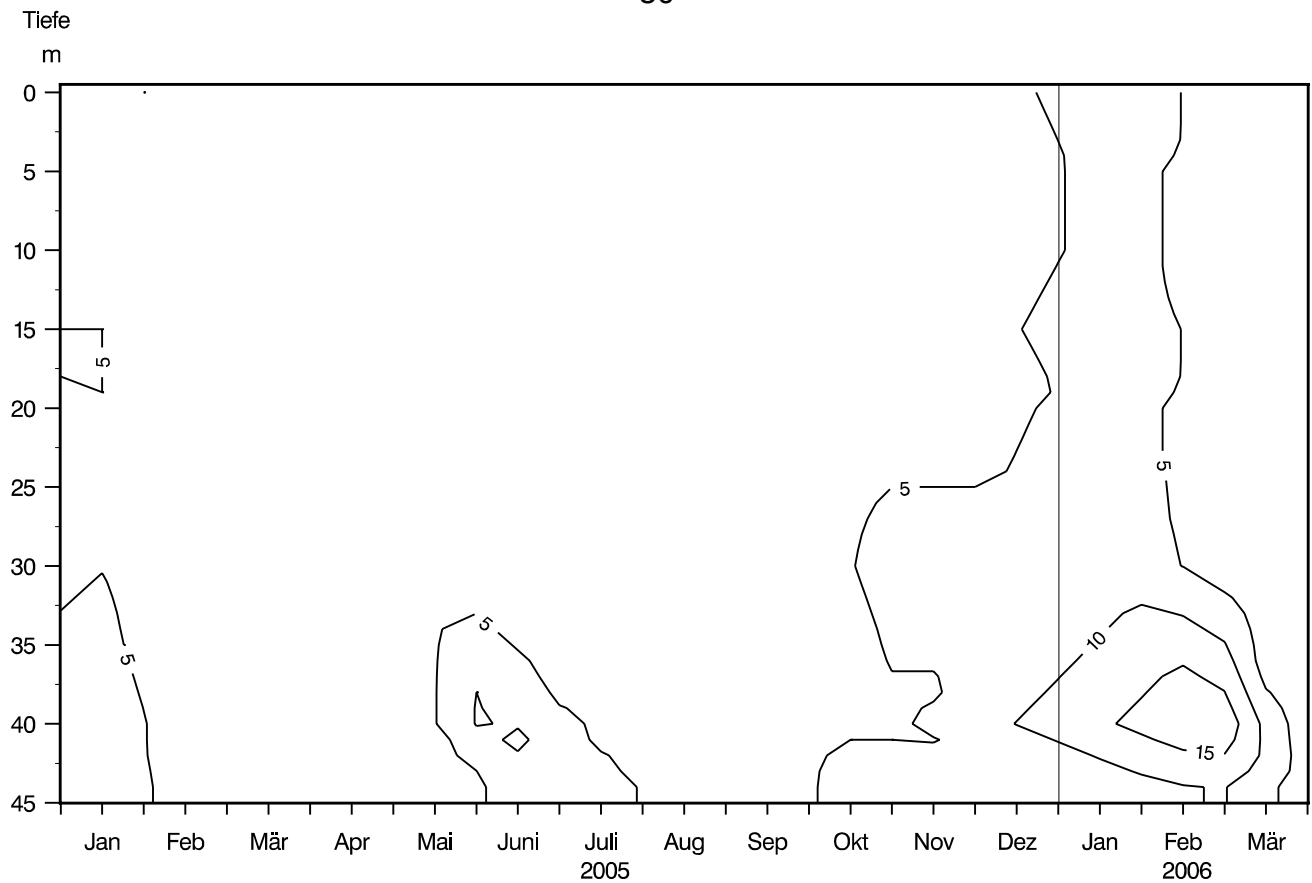


Abb. 56: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Orthophosphat – Phosphor (mg/m^3)

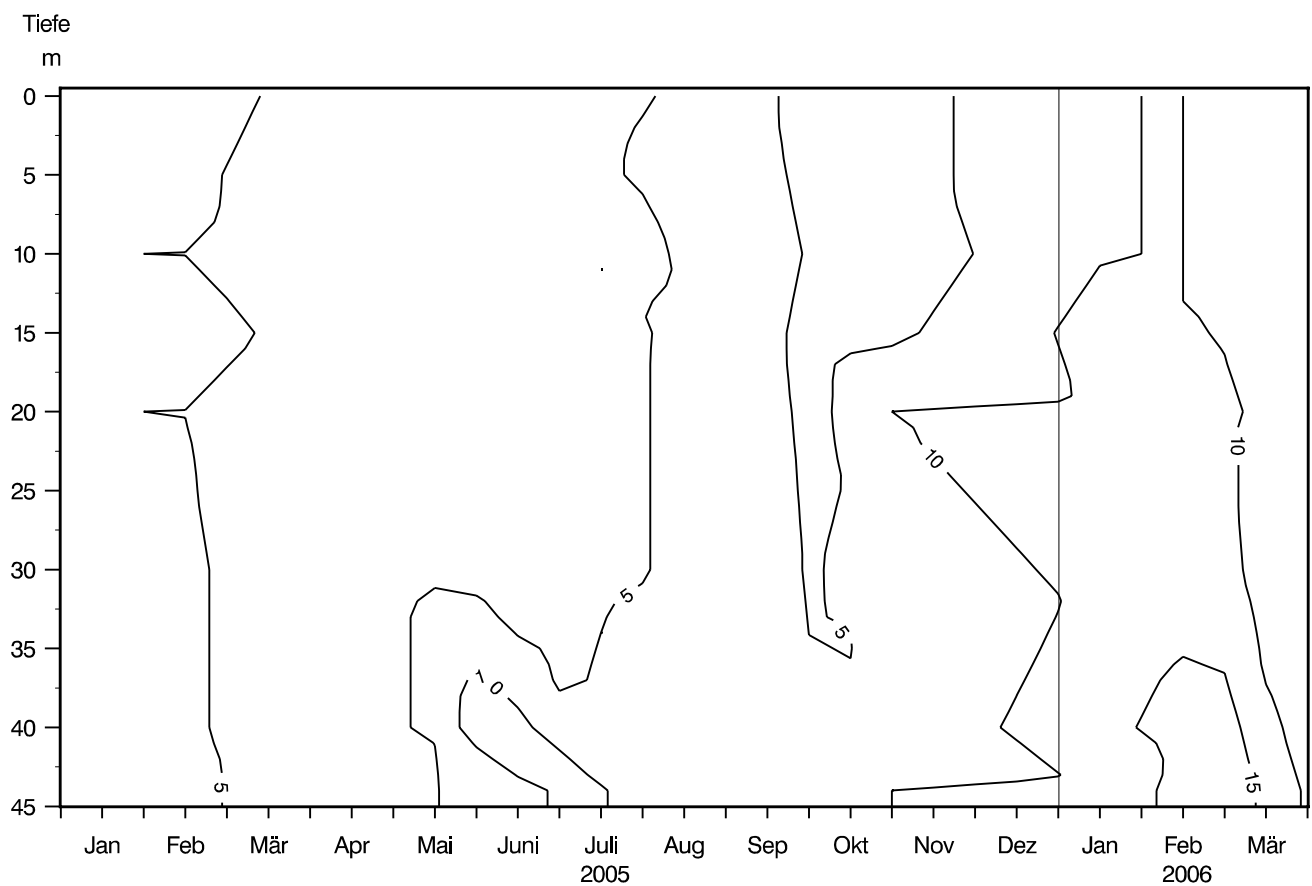


Abb. 57: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Gesamt gelöster Phosphor (mg/m^3)

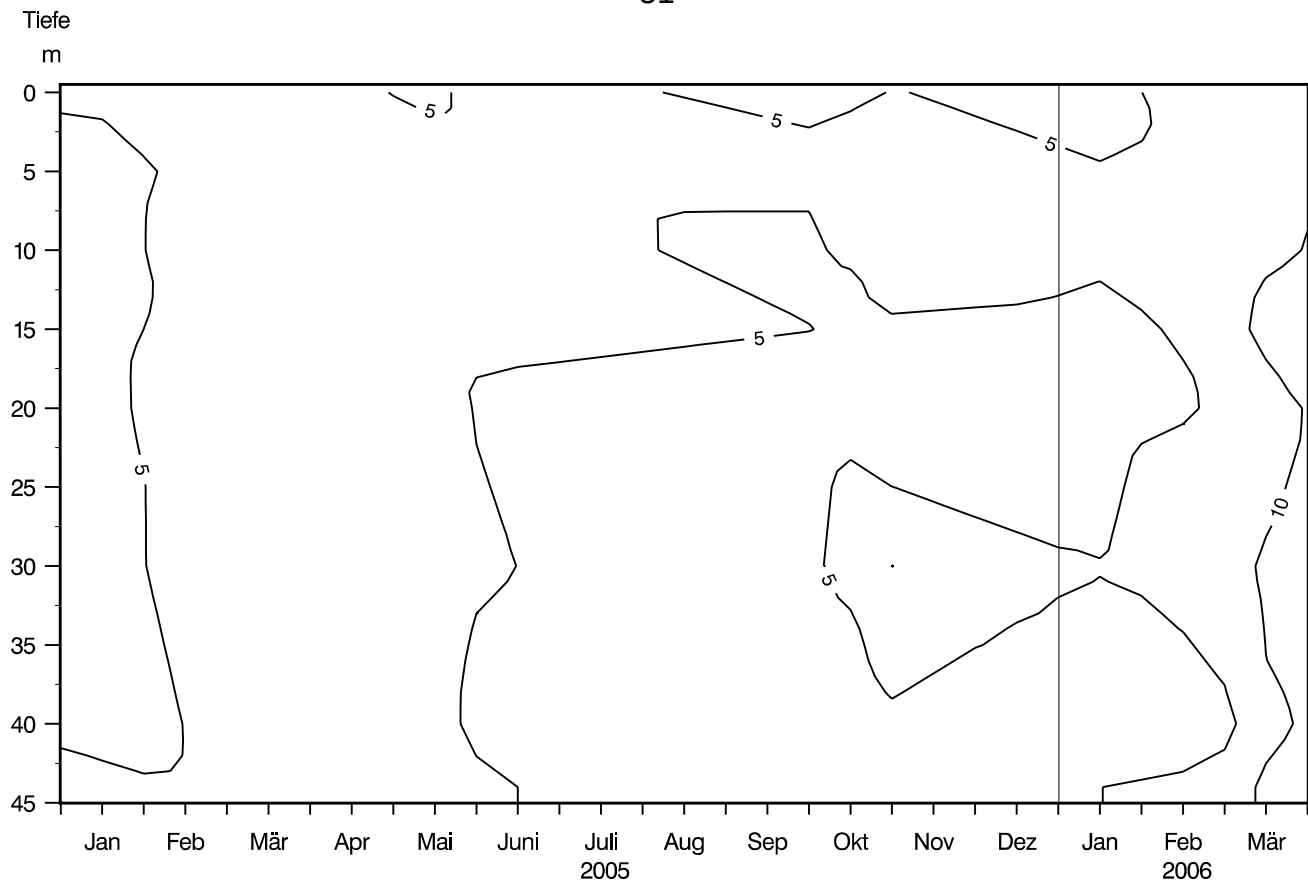


Abb. 58: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Partikulärer Phosphor (mg/m^3)

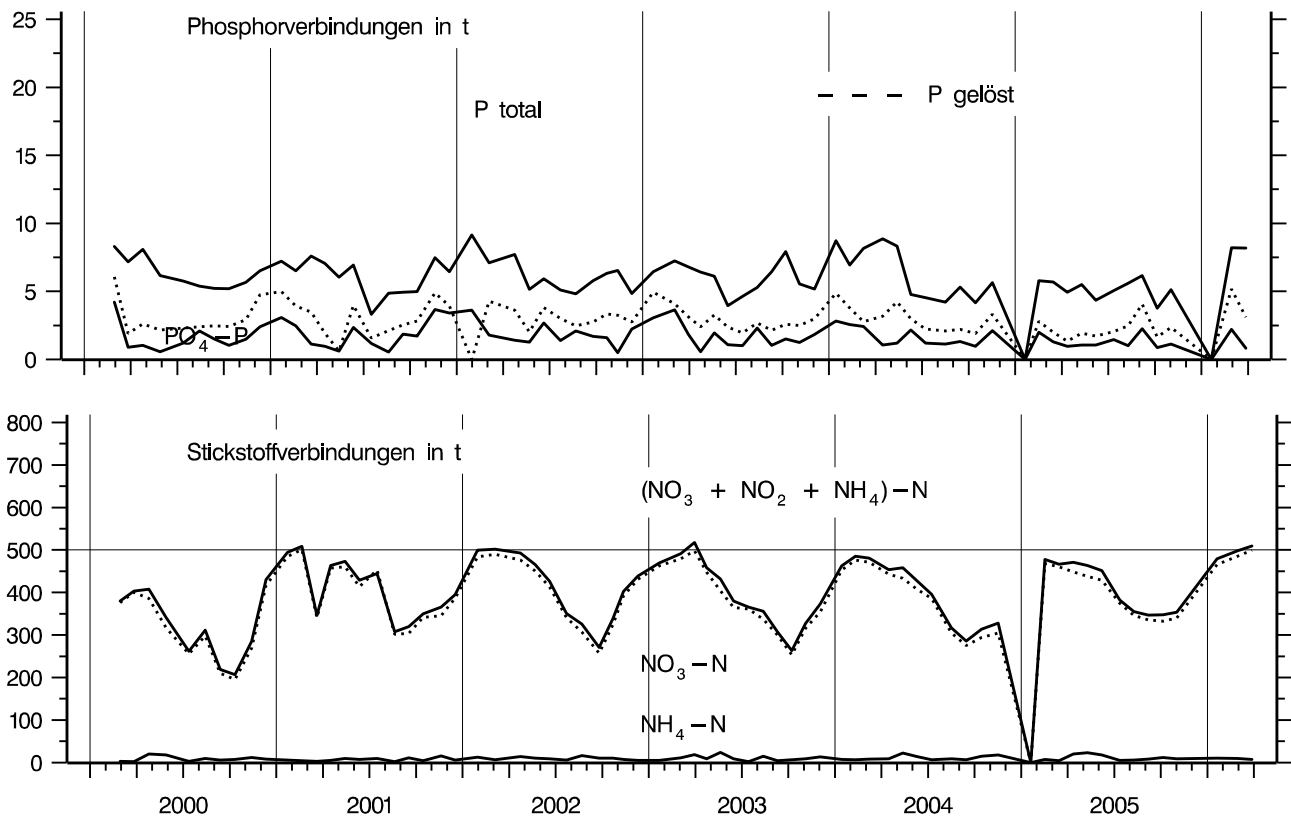


Abb. 59: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt 0–46 m Tiefe

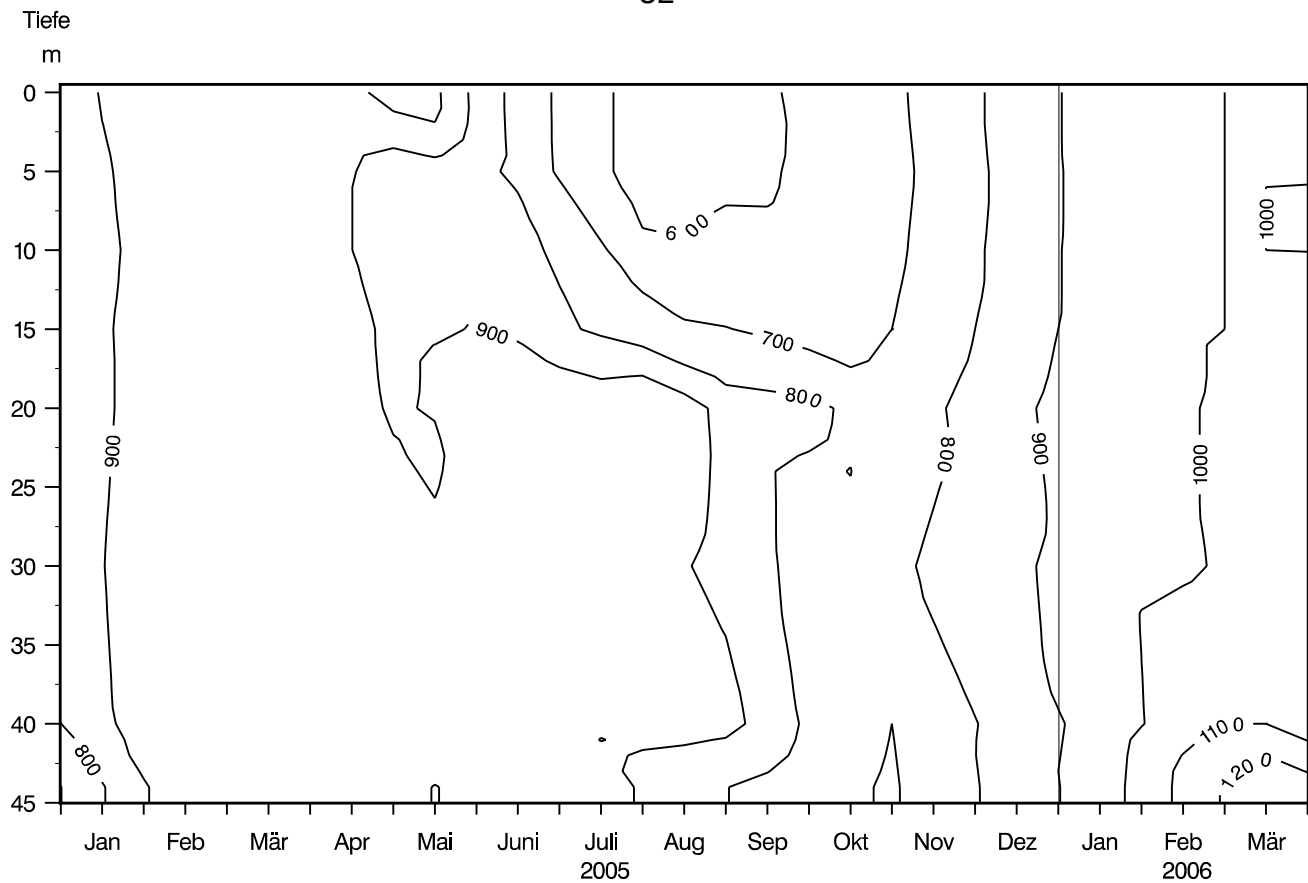


Abb. 60: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrat – Stickstoff (mg/m^3)

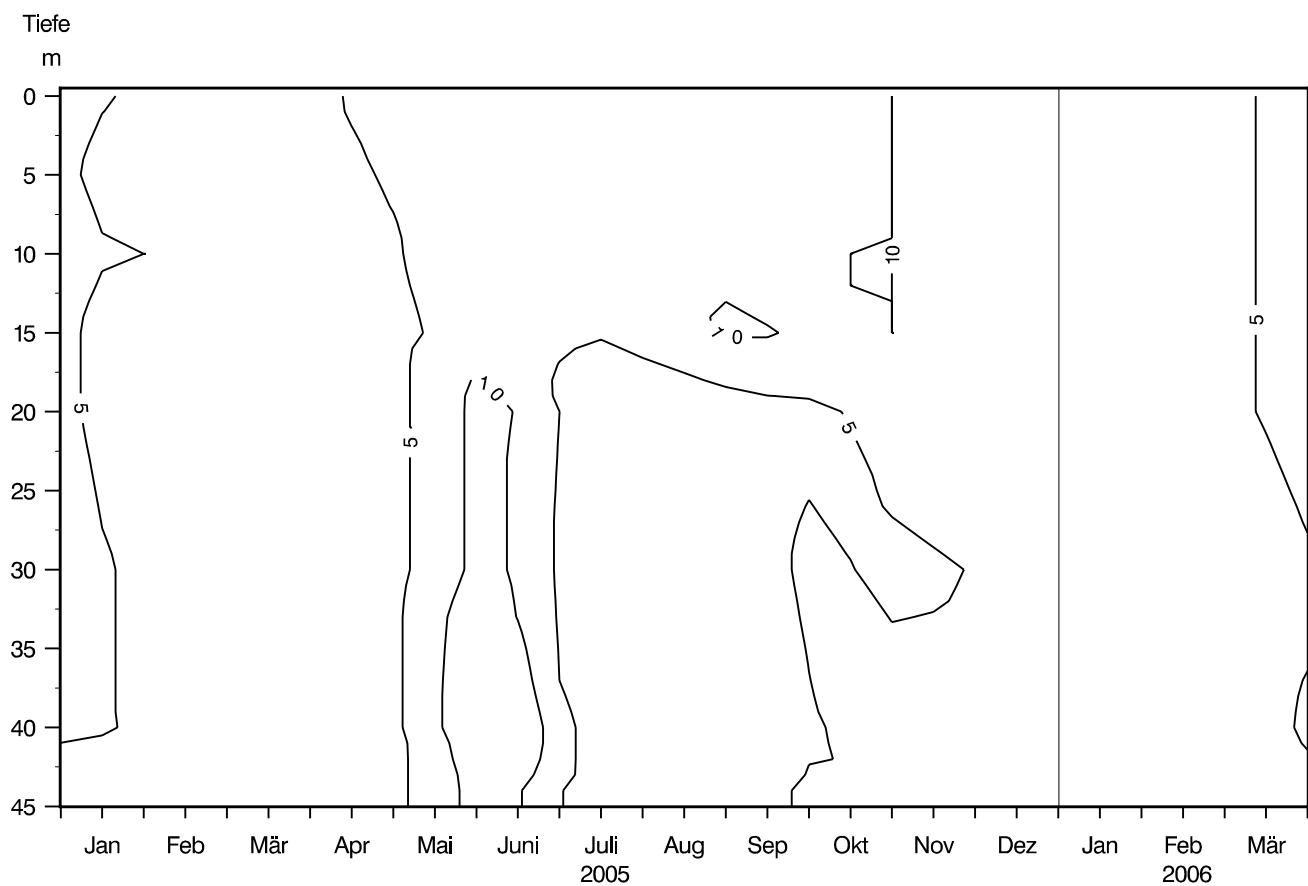


Abb. 61: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nitrit – Stickstoff (mg/m^3)

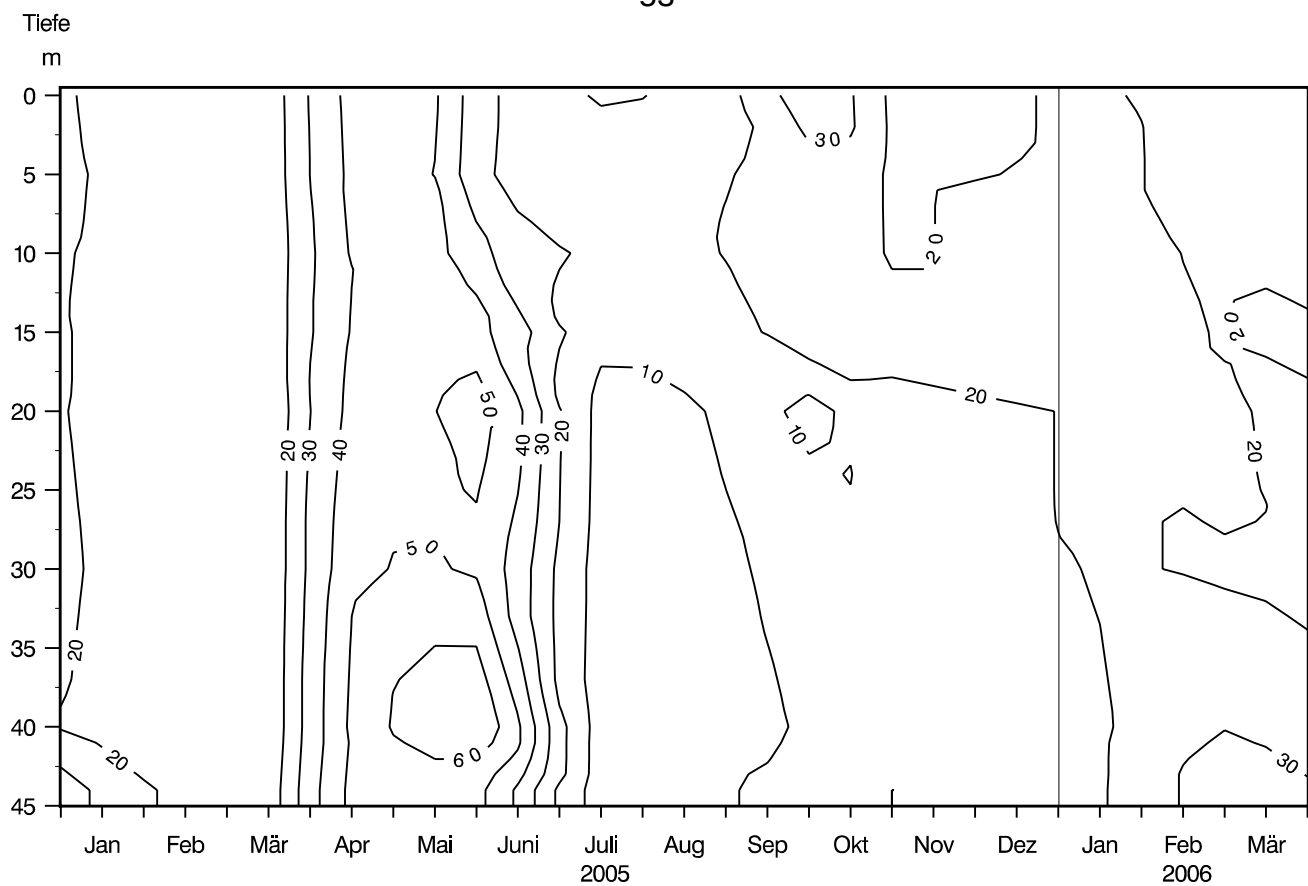


Abb. 62: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Ammonium – Stickstoff (mg/m^3)

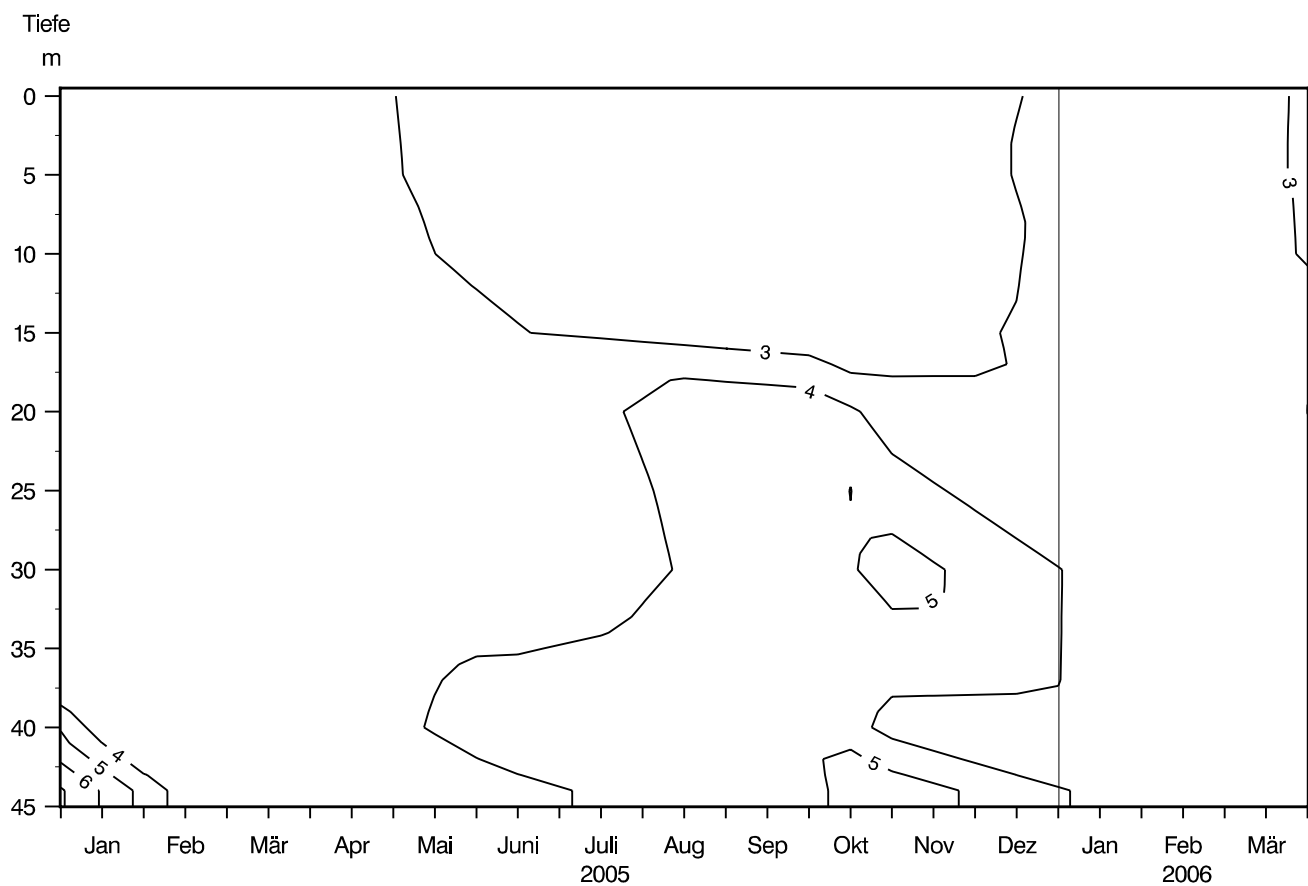


Abb. 63: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Silikat (mg/l)

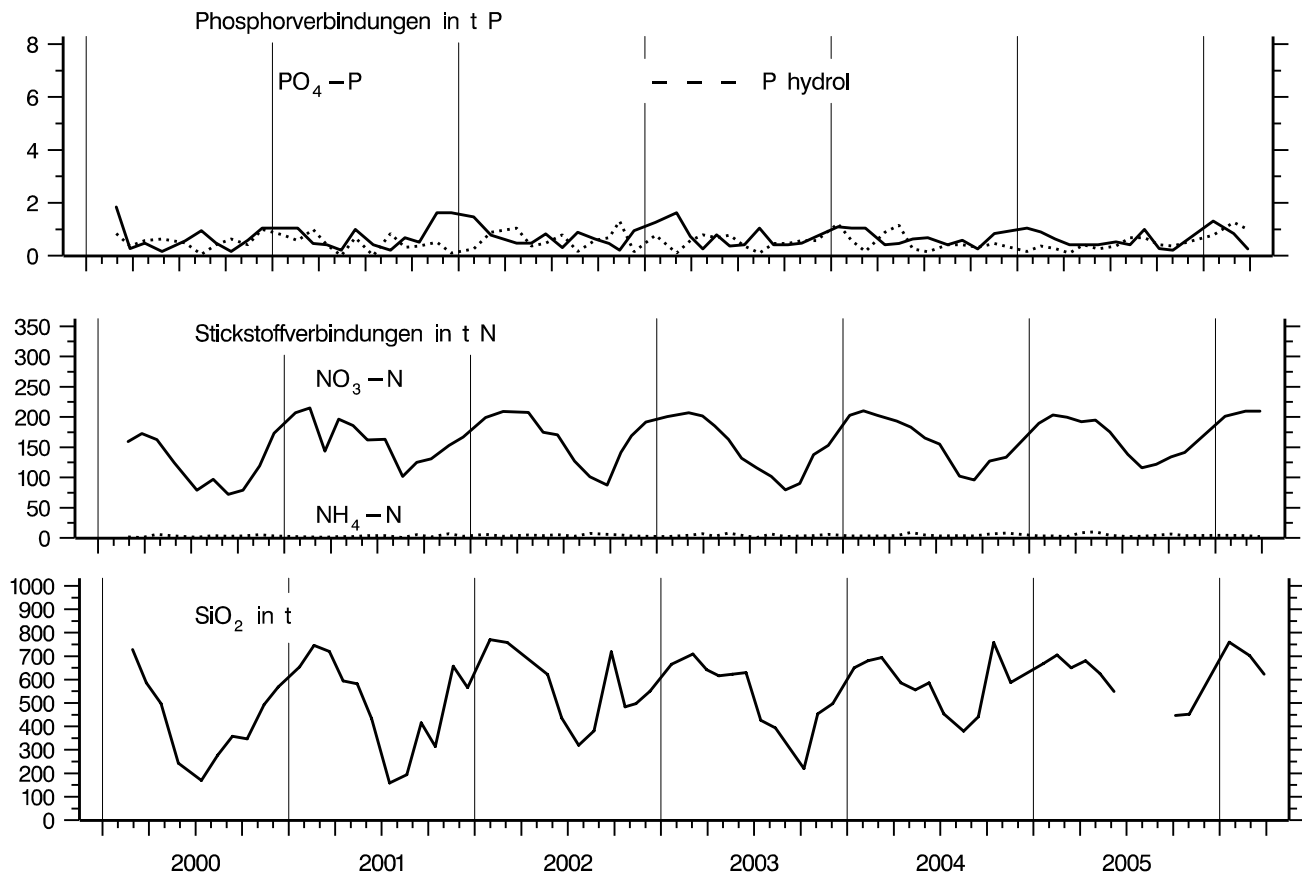


Abb. 64: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffinhalt im Epilimnion 0–10 m Tiefe

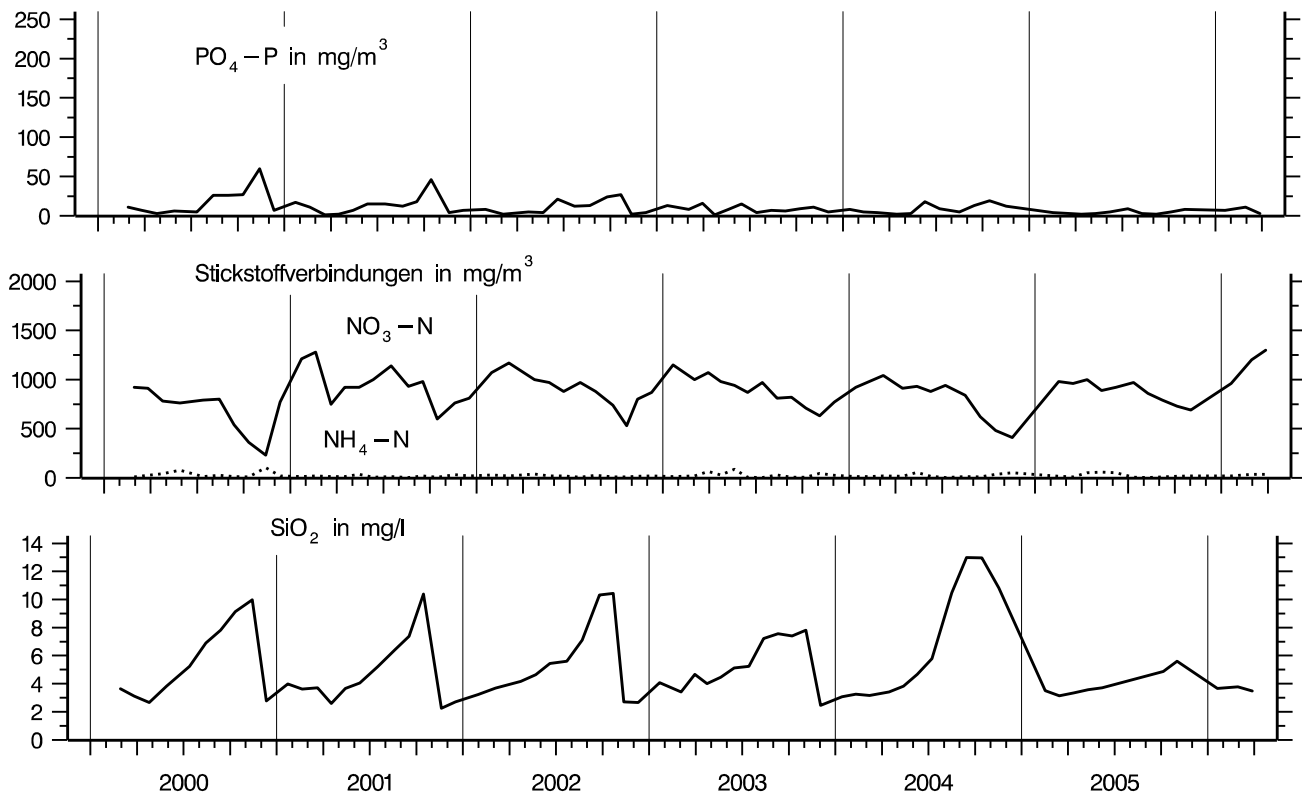


Abb. 65: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Nährstoffkonzentration in 46 m Tiefe

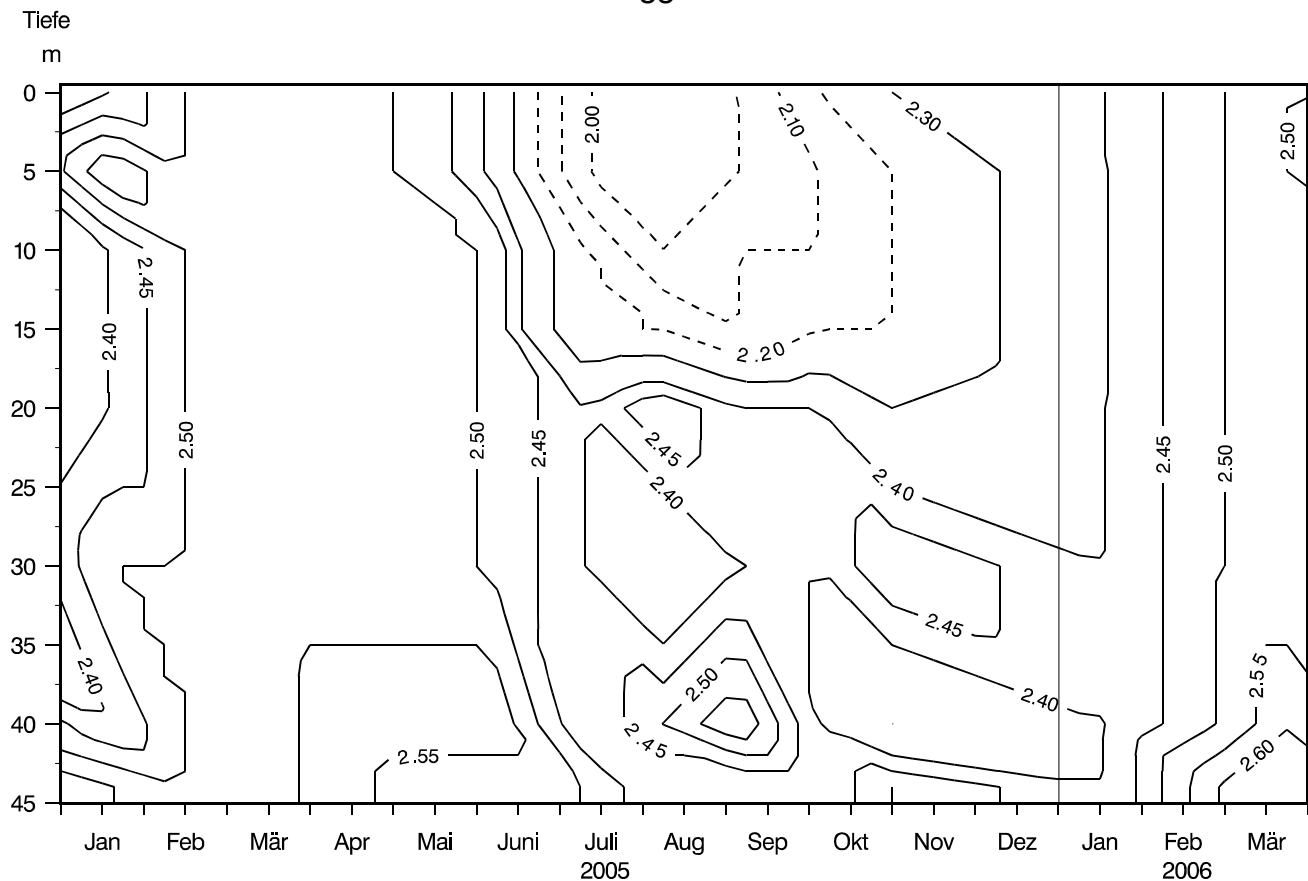


Abb. 66: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Anorganischer Kohlenstoff (mmol/l)

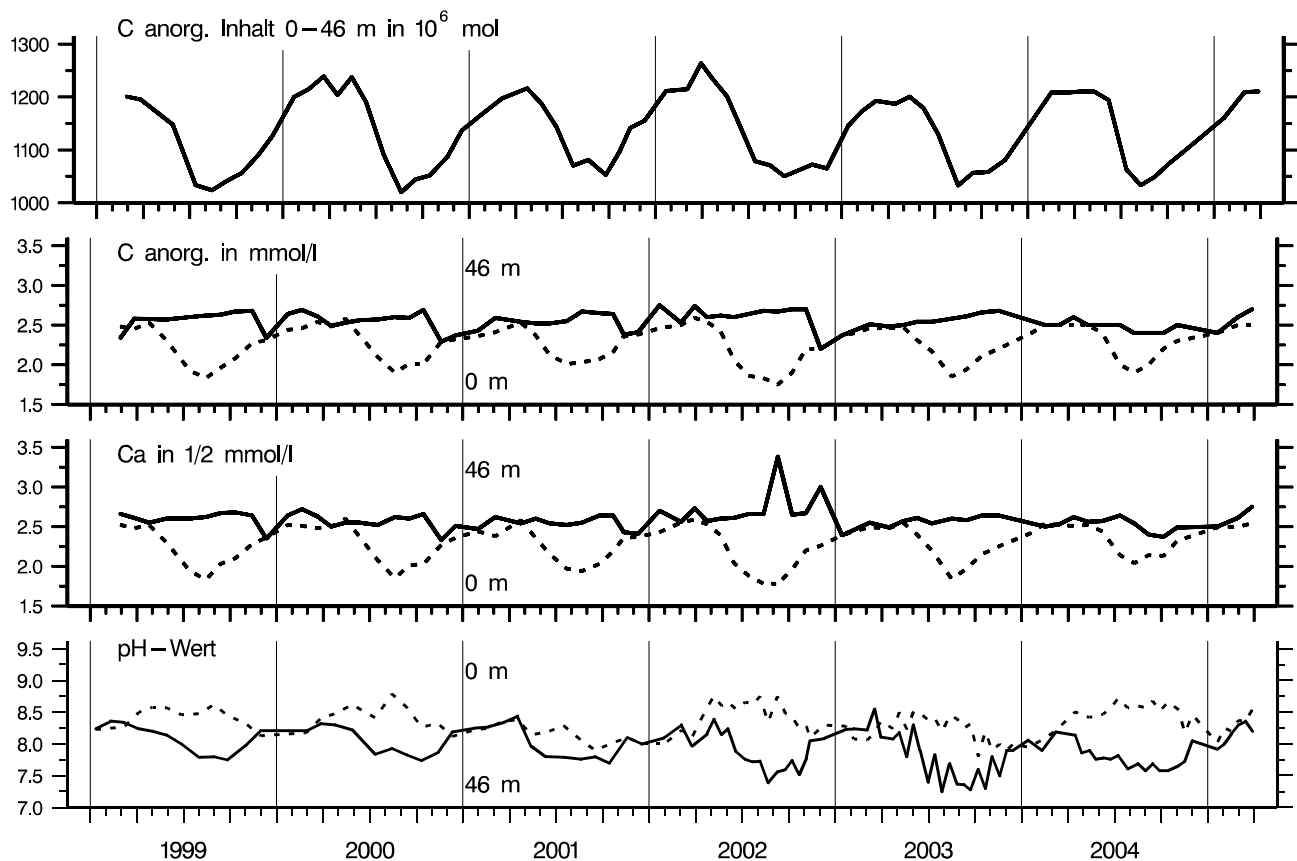


Abb. 67: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Anorganischer Kohlenstoff, Inhalt 0–46 m Tiefe
Konzentration von anorg. Kohlenstoff, Calcium; pH-Wert

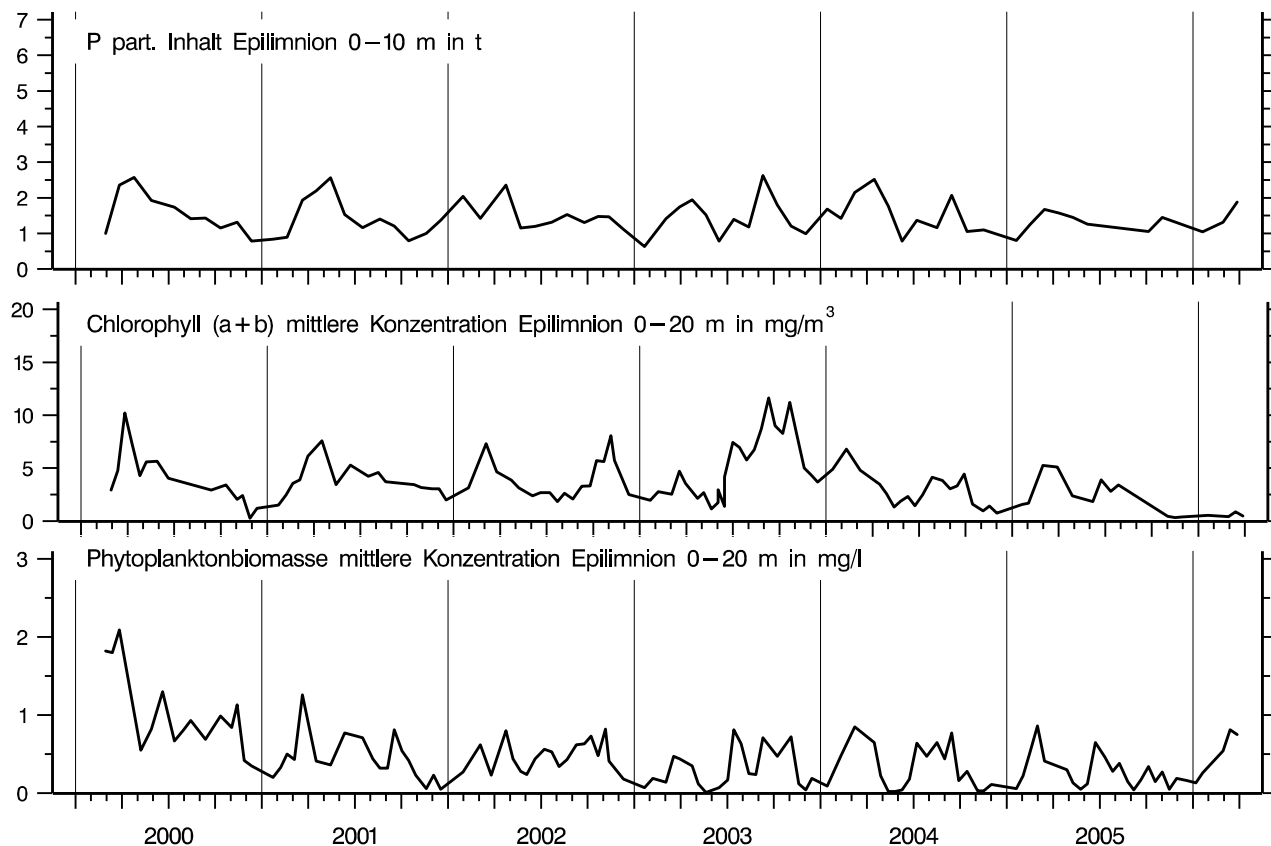


Abb. 68: Bodensee – Untersee, Rheinsee (Berlingen):
Chemische Biomasseindikatoren und Phytoplanktonbiomasse

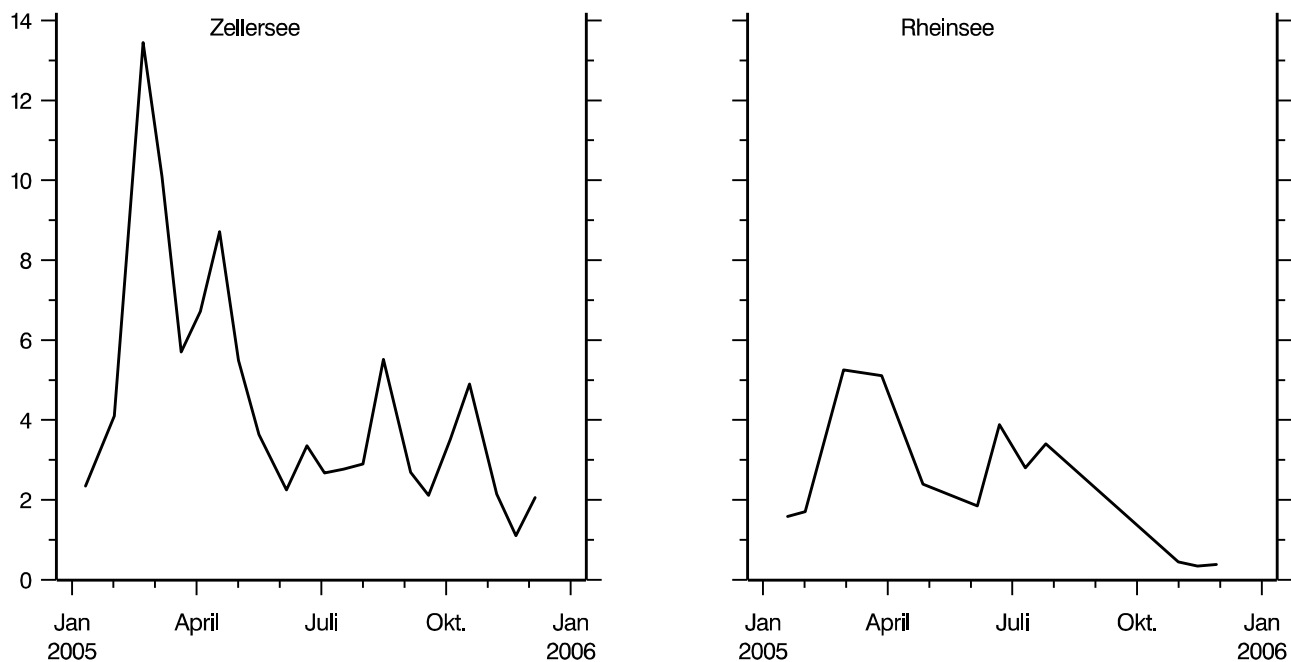


Abb. 69: Bodensee – Untersee
Chlorophyll a in mg/m^3 im Zellersee
und Chlorophyll a+b in mg/m^3 im Rheinsee;
mittlere Konzentration 0–20 m Tiefe

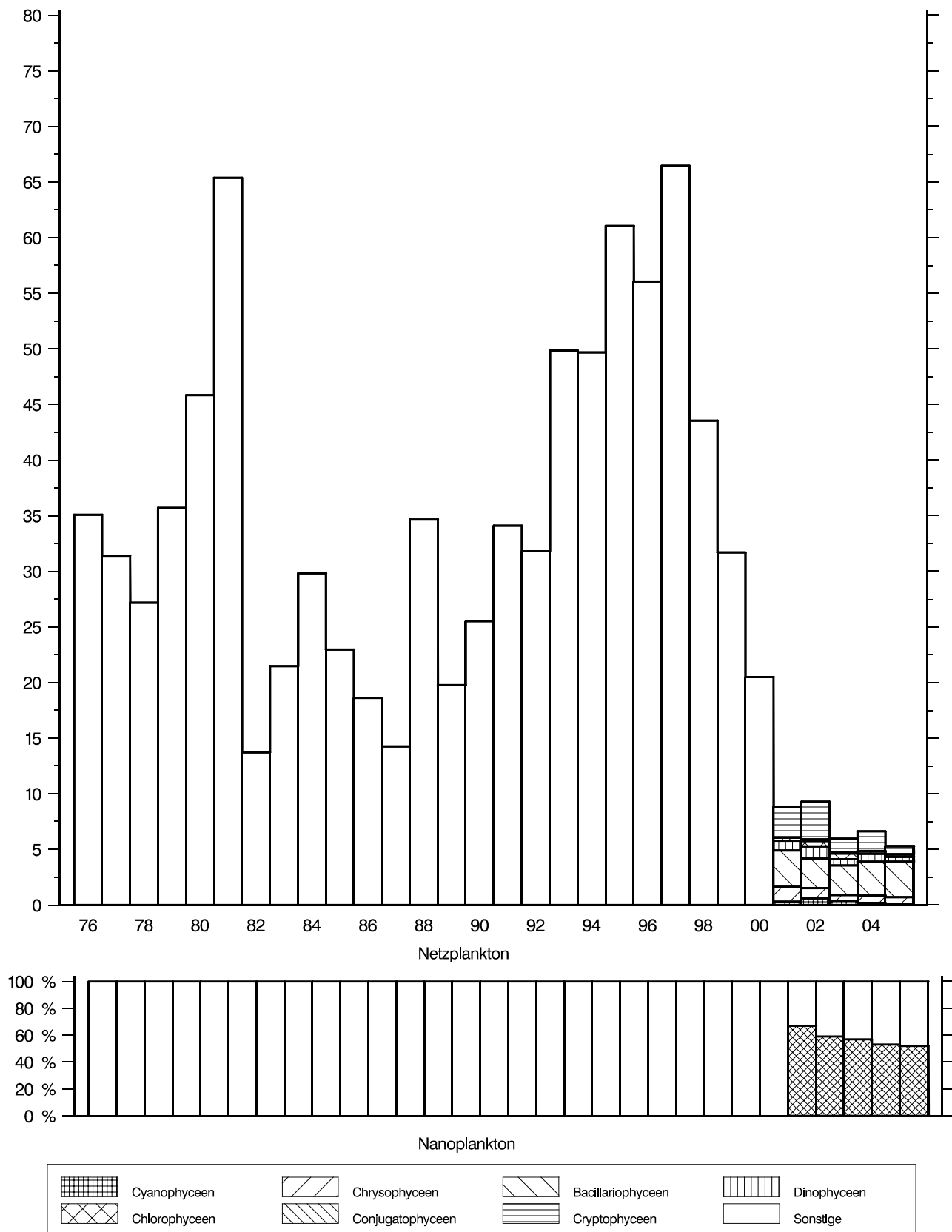


Abb. 70: Bodensee – Untersee, Rheinsee:

Langfristige Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der systematischen Gruppen in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Jahresmittelwerte

1976 bis 2000 nur Summe aus den einzelnen Gruppen. Eingetragen

unter "Sonstige", Netz- und Nanoplankton-Werte fehlen

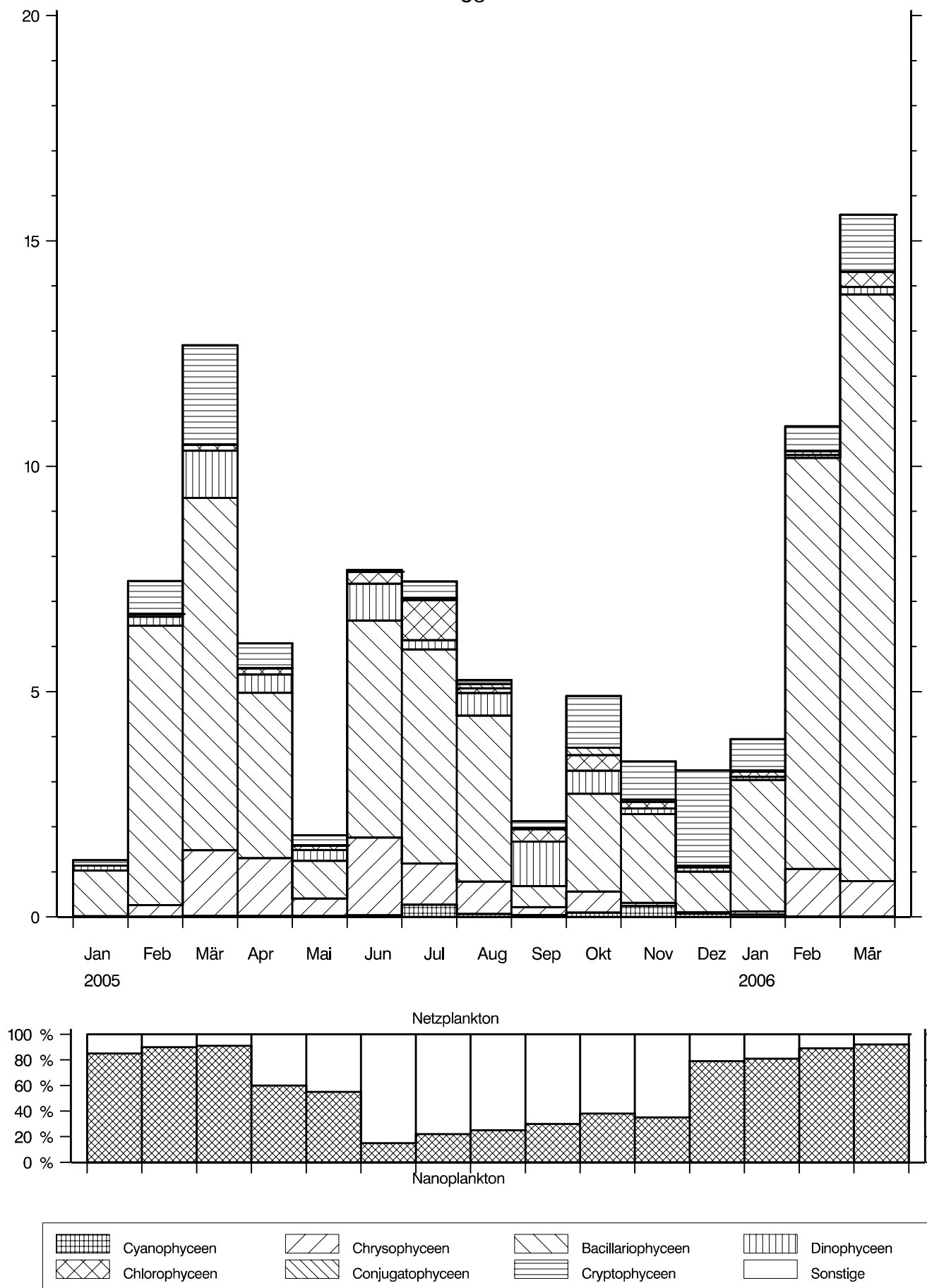


Abb. 71: Bodensee – Untersee, Rheinsee:
 Entwicklung des Phytoplanktons
 Biomasse der systematischen Gruppen in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

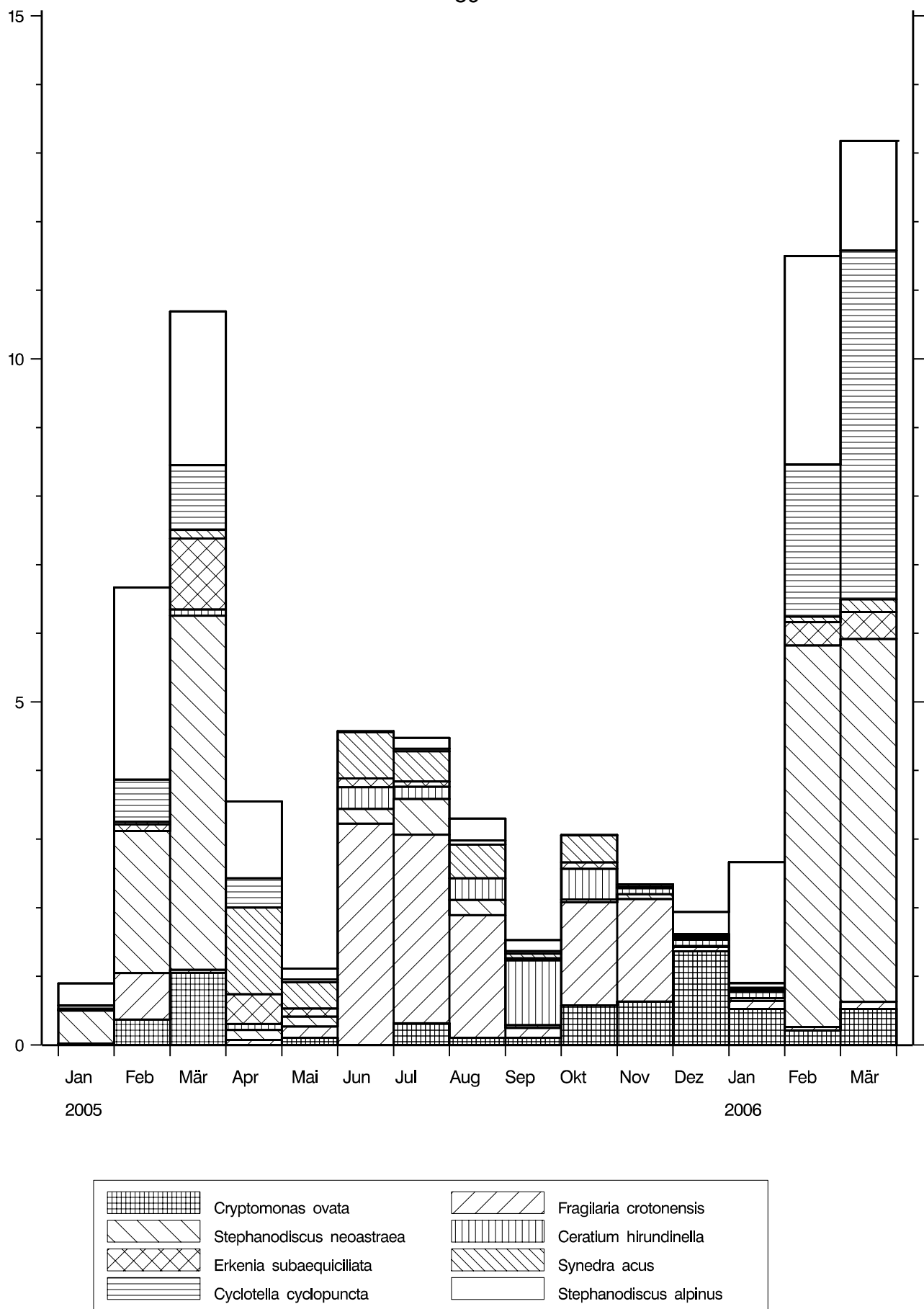


Abb. 72: Bodensee – Untersee, Rheinsee:

Entwicklung des Phytoplanktons

Biomasse der Hauptarten in g/m^2 (0–20 m Tiefe), Monatsmittelwerte

Tabellen

Tabelle 1 (1)**Normal - Tiefenserien an den Stationen**

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

Zellersee: 0, 5, 10, 15, 20, 21 oder 22 oder 23 m *

Rheinsee: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 44 oder 45 oder 46 m *

* je nach Wasserstand

Tabelle 1 (2)

Untersuchungstermine Januar 2005 bis März 2006 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F),
und Bregenzer Bucht (B) und von Januar 2005 bis März 2006
an den Stationen Zellersee (Z) und Rheinsee bei Berlingen (R)

Obersee - Stationen

10.01. 2005	F	
12.01.		B
31.01.	F	
21.02.	F	B
07.03.	F	
16.03.		B
21.03.	F	
23.03.		B
04.04.	F	
06.04.		B
18.04.	F	B
20.04.		B
02.05.	F	
04.05.		B
09.05.		B
17.05.	F	
19.05.		B
06.06.	F	
08.06.		B
15.06.		B
20.06.	F	
21.06.		B
04.07.		
05.07.		B
06.07.	F	
18.07.	F	
20.07.	F	B
01.08.		
03.08.		B
15.08.	F	
16.08.		B
05.09.	F	
07.09.		B
14.09.		B
20.09.	F	
21.09.		B
04.10.	F	
06.10.		B
17.10.	F	
18.10.	F	
19.10.		B
07.11.	F	
09.11.		B
21.11.	F	
23.11.		B
05.12.	F	
07.12.		B
12.12.		B
10.01.	F	
23.01.		B
30.01.	F	
13.02. 2006	F	
14.02.		B
06.03.	F	
20.03.	F	
23.03.		B
03.04.	F	
18.04.	F	

Untersee - Stationen

11.01. 2005	Z	
19.01.		R
01.02.	Z	R
15.02.		R
22.05.	Z	
01.03.		R
08.03.	Z	
15.03.		R
22.03.	Z	
29.03.		R
05.04.		
12.04.		R
19.04.	Z	
28.04.		R
03.05.	Z	
10.05.		R
18.05.	Z	
25.05.		
07.06.	Z	R
22.06.	Z	
23.06.		R
05.07.	Z	
12.07.		R
19.07.	Z	
27.07.		R
02.08.	Z	
09.08.		R
17.08.	Z	
25.08.		R
06.09.	Z	R
19.09.	Z	
20.09.		R
05.10.	Z	R
18.10.		R
19.10.	Z	
01.11.		R
08.11.	Z	
15.11.		R
22.11.	Z	
29.11.		R
06.12.	Z	
20.12.		R
06.01. 2006		R
09.01.	Z	
19.01.		R
21.02.	Z	
28.02.		R
07.03.	Z	
14.03.		R
28.03.		R

Tabelle 1 (3)

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

Leitfähigkeit bei 20 °C	F	B	Z	R
pH	F	B	Z	R
Sauerstoff	F	B	Z	R
Säurekapazität KS 4,3	F	B	Z	R
Gesamthärte	F	B	Z	R
Calcium	F	B	Z	R
Magnesium	F	B		
Silikat	F		Z	R
Orthophosphat	F	B	Z	R
Phosphor gelöst (im Filtrat nach Aufschluß)	F	B	Z	R
Phosphor partikulär	F		Z	R
Phosphor total	F	B	Z	R
(im Rohwasser nach Aufschluß)				
Ammonium	F	B	Z	R
Nitrit	F	B	Z	R
Nitrat	F	B	Z	R
partikulärer Stickstoff direkt	F			R
Chlorophyll a	F		Z	R
Chlorophyll (a+b) - HPLC	F			R
Chlorid	F	B	Z	R
Sulfat	F	B	Z	R
Eisen total	F		Z	
Mangan total	F		Z	
Natrium	F	B		R
Kalium	F	B		R
UV – Extinktion (260 nm)				R

Berechnete Inhaltsstoffe:

pH korrigiert auf aktuelle Temperatur	F		Z	R
Sauerstoffsättigung in %	F	B	Z	R
Rest - Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen Komponenten	F		Z	R
Rest - Sauerstoff nach Oxidation der anorganischen und organischen Komponenten	F			
Anorganischer Kohlenstoff	F		Z	R
Gleichgewichts - CO ₂			Z	R
Magnesium (aus Gesamthärte und Calcium)			Z	R
H ₂ CO ₃ + CO ₂	F		Z	R
Hydrogenkarbonat	F		Z	R
Karbonat	F		Z	R
Gleichgewichtskohlensäure	F		Z	R
Calcitsättigung	F		Z	R
ausgefallener Kalk (nach Jacobsen / Langmuir)	F		Z	R
Phosphor total (P gelöst + P part.)	F	B	Z	R
Phosphor hydrolysierbar (P gelöst - PO ₄ -P)	F	B	Z	R
Organischer Stickstoff gelöst (N-KJF - NH ₄ -N)	F			
Organischer Stickstoff total (N-KJF + NH ₄ -N)	F			
Gesamtsstickstoff anorganisch (NO ₃ + NO ₂ + NH ₄) - N	F	B	Z	R
Gesamtstickstoff	F			
Summe der Kationen	F	B	Z	R
Summe der Anionen	F	B	Z	R

Tabelle 2: Seekemdaten

Bodensee-Obersee (Fischbach-Uthwil), Seejahr 2005 (Messdaten vom 21.03.05 bis 20.03.06)

IV-XII: Monate 2005; I, II, III-06: Monate 2006

Parameter		Messwerte		Stoffinhalt						Stoffbilanz			
		(a)		(b)						(b)			
		Epilimnion (0 -10 m)	Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Epilimnion (0 -10 m)		Hypolimnion (200 -252.5 m)		Beginn bis Ende Seejahr	21.03.2005 bis 05.09.2005 05.09.2005 bis 20.03.2006		
Maximum Minimum	Maximum Minimum	Beginn 21.03.2005	Ende 20.03.2006	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit				
Thermik	22.4	VII	4.4	IX, I	209.0	185.7	322.9	X	85.6	VIII	7.1	I	-137
	3.9	III	3.7	III			185.7	III	16.6	III	6.2	III	
Sauerstoff	14.0	V	11.3	III	536.7	537.4	538.5	IV	56.5	V	18.1	III	79
	8.0	IX	7.5	VIII			451.3	XI	38.6	IX	14.9	XI	
Orthophosphat - P	4.3	III	15.5	VIII	238.4	220.3	238.4	III	17.9	I	17.2	VIII	29
	0.5	VII, X-XII	4.5	II, III			125.5	XI	2.5	XI	7.0	II	
Phosphor, hydrolysiert.	4.1	III	3.0	IV	110.7	64.8	110.7	III	15.1	III	4.0	III	-16
	1.5	VII	1.4	III			57.0	VIII	6.7	VII	2.1	VIII	
Phosphor, gelöst	6.8	III	17.9	VII	349.0	285.1	349.0	III	26.6	III	20.5	VIII	14
	2.1	VII	6.3	II, III			218.9	X	9.7	VII	9.9	II	
Phosphor, partikulär	11.5	IV	4.9	III	106.3	135.2	335.3	IX	42.1	IV	5.5	III	-200
	1.2	III	1.6	VIII			71.0	XII	5.7	III	1.5	XII	
Phosphor, total	17.0	IV	20.7	VIII	455.4	420.3	606.8	IX	64.2	IV	24.2	VIII	-187
	4.8	VII	8.1	II			300.1	XII	27.9	XII	12.9	II	
Nitrat - N	975.0	III	1111.0	III	46346.9	46638.3	46638.3	III	4124.4	III	1685.9	III	2378
	575.0	VIII	928.0	II			42423.8	V	2553.3	VIII	1489.8	V	
Nitrit - N	10.8	IX	4.0	III	3.3	30.1	93.5	VI	39.9	IX	4.1	III	-58
	0.4	I-III	0.0	IV-VI, VIII-XII			3.3	III	1.7	I, II	0.0	IV-VI, VIII-XI	
Ammonium - N	28.6	V	12.9	III	79.4	122.1	332.5	V	92.2	V	11.1	III	-23
	0.3	VI	0.6	IX			28.5	VI	2.2	III	1.6	V	
Stickstoff, partikulär	55.0	IV	14.0	I	633.9	452.4	924.5	IX	211.0	IV	22.4	IX	-924
	5.0	I	0.0	VI			221.4	I	39.4	III	1.6	VI	
Silikat (SiO ₂)	3.5	III	5.4	VIII	166.4	164.1	169.3	XII	14.7	III	7.2	XII	-2
	1.1	VIII	3.4	II, III			142.9	VII	5.4	VIII	5.5	II, III	
Kalium	1.5	XII	1.6	XII	62.0	61.9	71.8	XII	6.4	XII	2.6	XII	-62
	1.2	VI-VIII	1.3	IV, VI, VII, IX, III			61.0	VII	5.1	VI-VIII	2.1	VI, III-06	
Natrium	5.0	VI	5.3	I	214.9	227.0	233.1	II	20.7	II	8.4	I	-3
	4.1	VII, IX	4.5	XI			206.3	IV	17.9	VII	7.2	XI	

Parameter	Messwerte		Stoffinhalt						Stoffbilanz	
	(a)		(b)						(b)	
	Epilimnion (0 - 10 m)	Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Epilimnion (0 - 10 m)		Hypolimnion (200 - 252.5 m)		Beginn bis Ende Seejahr	
	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Beginn Ende	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	21.03.2005 20.03.2006	21.03.2005 bis 05.09.2005 05.09.2005 bis 20.03.2006
Calcium (a) mg l ⁻¹ , (b) 10 ³ t	2.5 2.1	2.7 2.5	V, I-II-06 VIII	119.1 119.0	120.6 118.6	XI VIII	10.6 9.0	4.2 4.0	0	119
Magnesium (a) mg l ⁻¹ , (b) 10 ³ t	0.7 0.6	0.7 0.7	V IX	31.6 31.8	32.5 31.3	V IX	2.9 2.6	1.1 1.1	0	31
Chlorid - Cl (a) mg l ⁻¹ , (b) 10 ³ t	5.8 5.1	6.8 5.6	VI, III VII-X	260.8 278.6	278.6 253.1	III V	24.5 22.0	10.3 8.9	18	0
Sulfat - SO₄ (a) mg l ⁻¹ , (b) 10 ³ t	34.4 30.2	35.3 33.1	III VI	1585.0 1643.4	1643.4 1568.4	III VII	145.4 131.6	56.3 53.5	58	-12
Eisen total (a) mg m ⁻³ , (b) t	61.0 3.9	87.9 8.0	IX VIII	505.8 595.7	6469.3 262.1	IX VIII	145.7 19.8	126.5 9.6	90	5963
Mangan total (a) mg m ⁻³ , (b) t	3.2 0.0	8.7 1.3	V XI	50.7 48.3	155.7 15.1	IX XI	10.8 1.1	6.0 1.4	-2	105
Kohlenstoff anorg. (a) mg l ⁻¹ , (b) 10 ³ t	29.8 24.6	30.6 29.4	III VII-VIII	1392.3 1403.7	1403.7 1372.5	III IX	126.2 106.5	48.3 47.5	11	-4
Säurekapazität KS 4.3 (a) mmol l ⁻¹ , (b) 10 ⁶ kmol	2.5 2.1	2.6 2.5	III VII-VIII	117.0 118.0	118.0 115.3	III IX	10.6 9.0	4.1 4.0	1	0
elektr. Leitfähigkeit µS cm ⁻¹ , 20 °C	299.0 250.0	305.0 296.0	III VII			III				
pH-Wert	8.7 8.1	8.1 7.9	V III			III				
Chlorophyll a Mittelwert 0-20m (a) mg m ⁻³	10.7 1.6	— —	VI V			— —				

Tabelle 3

Vergleich von Messwerten der verschiedenen Teile des Bodensees - Obersee
 Seejahr 2005 / 2006 an den Stationen Fischbach-Uttwil (F) und Bregenzer Bucht (B)

Messwerte in "0" m		F	B
Temperatur in °C	Maximum	22.4	16.7
	Minimum	3.9	6.2
Sauerstoff in mg O ₂ l ⁻¹	Maximum	12.8	12.0
	Minimum	9.0	9.9
Leitfähigkeit bei 20° C in µS cm ⁻¹	Maximum	297.0	288.5
	Minimum	253.0	252.7
pH in pH-Einheiten	Maximum	8.6	8.3
	Minimum	8.1	7.9
Orthophosphat in mg PO ₄ -P m ⁻³	Maximum	4.2	6.0
	Minimum	0.5	3.0
Phosphor gelöst in mg P m ⁻³	Maximum	6.0	9.0
	Minimum	2.1	5.0
Phosphor total in mg P m ⁻³	Maximum	13.4	16.0
	Minimum	4.8	10.0
Nitrat in mg NO ₃ -N m ⁻³	Maximum	960.0	851.0
	Minimum	575.0	667.0
Ammonium in mg NH ₄ -N m ⁻³	Maximum	23.2	31.2
	Minimum	0.6	5.8
Eisen total in mg Fe m ⁻³	Maximum	24.8	—
	Minimum	3.9	—
Kohlenstoff anorg. in mmol C l ⁻¹	Maximum	29.8	29.8
	Minimum	25.0	27.4
Phosphor partikulär in mg P m ⁻³	Maximum	8.0	—
	Minimum	1.3	—
Stickstoff partikulär in mg N m ⁻³	Maximum	47.0	—
	Minimum	5.0	—

Messwerte in Seebodennähe		F 250m	B 60m
Temperatur in °C	Maximum	4.4	16.7
	Minimum	3.7	6.2
Sauerstoff in mg O ₂ l ⁻¹	Maximum	11.3	12.0
	Minimum	7.5	9.9
Leitfähigkeit bei 25° C in µS cm ⁻¹	Maximum	305.0	288.5
	Minimum	296.0	252.7
pH in pH-Einheiten	Maximum	8.1	8.3
	Minimum	7.9	7.9
Orthophosphat in mg PO ₄ -P m ⁻³	Maximum	15.5	6.0
	Minimum	4.5	3.0
Nitrat in mg NO ₃ -N m ⁻³	Maximum	1111.0	851.0
	Minimum	928.0	667.0
Ammonium in mg NH ₄ -N m ⁻³	Maximum	12.9	31.2
	Minimum	0.6	5.8
Eisen total in mg Fe m ⁻³	Maximum	87.9	—
	Minimum	8.0	—
Kohlenstoff anorg. in mmol C l ⁻¹	Maximum	30.9	29.8
	Minimum	29.8	27.4
Phosphor total in mg P m ⁻³	Maximum	20.7	16.0
	Minimum	8.1	10.0

Tabelle 4: Seekeimdaten
Bodensee-Untersee (Zellersee), Seejahr 2005 (Messdaten vom 11.01.05 bis 09.01.06)
 I-XII: Monate 2005, I, II, III+06: Monate 2006

Parameter	Messwerte (a)		Stoffinhalt (b)				Stoffbilanz (b)	
	Epilimnion (0 -10 m)	Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Epilimnion (0 -10 m)		Beginn Ende Seejahr	11.01.2005 bis 02.08.2005 02.08.2005 bis 09.01.2006
	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Beginn 11.01.2005 Ende 09.01.2006	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit		
Thermik (a) °C, (b) 10 ⁹ Kcal	22.6 2.5 II, III, I+06	IX II	IX II	IX III	IX III	IX II	0 3	-3
Sauerstoff (a) mg l ⁻¹ , (b) t	14.3 8.6 X	IV X	II VIII	III X	III X	IV X	2091	1494 597
Orthophosphat - P (a) mg m ⁻³ , (b) t*	22.8 0.8 VII, IX	XII IX	X IV	X IV	XI IX	XII IX	0 -2	2
Phosphor, hydrolisierb. (A) mg m ⁻³ , (b) t*	5.7 1.3 X	II, V X	X VI	X IV	III IV	V X	0 0	0 0
Phosphor, gelöst (a) mg m ⁻³ , (b) t*	26.8 2.4 VII	XII VII	X IV	X IV	XI IV	XII VII	0 -2	2
Phosphor, partikulär (a) mg m ⁻³ , (b) t*	11.7 1.0 I	III I	X I	IV I	IV I	IV I	0 1	-1
Phosphor, total (a) mg m ⁻³ , (b) t*	30.1 5.8 VII	XII VII	X XI	X XI	XI VII	XII VII	0 -2	2
Nitrat - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	1246.0 416.0 IX	V IX	III X	III X	II IX	II IX	-12 -79	67
Nitrit - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	17.3 4.8 IV	XII IV	IX VII	IX VII	X VII	XII IV	1 0	0
Ammonium - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	57.1 8.3 I, III	XII I, III	X II	X II	X II	XII I	6 2	4
Silikat (SiO₂) (a) mg l ⁻¹ , (b) t	4.0 1.5 VIII	I VIII	X I	X I	I VII	I VIII	-103	-279 176
Calcium (a) mg l ⁻¹ , (b) t	57.1 39.9 IX	V IX	III XII	V XII	V IX	V IX	17	-118 135
Chlorid (a) mg l ⁻¹ , (b) t	12.8 6.0 IX	I IX	III IX	III IX	I IX	I IX	292	-641 933

Parameter	Messwerte (a)		Stoffinhalt (b)				Stoffbilanz (b)	
	Eplimnion (0 -10 m)	Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Eplimnion (0 -10 m)		Beginn Ende Seejahr	11.01.2005 bis 02.08.2005 02.08.2005 bis 09.01.2006
	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Ende 09.01.2006	Maximum Minimum	Maximum Minimum		
Eisen total (a) mg m ⁻³ , (b) t	35.9 4.1	95.3 0.0	IX VIII, IX	2.3 1.9	IV XII	3.7 0.5	0	-1
								0
Kohlenstoff anorg. (a) mg l ⁻¹ , (b) t	32.6 23.0	34.9 29.2	V IX	5.2 5.3	V IX	3.4 2.5	0	-1
								1
Säurekapazität KS 4,3 (a) mmol l ⁻¹ , (b) 10 ³ kmol	2.7 1.9	2.9 2.5	V IX	0.4 0.4	V IX	0.3 0.2	0	0
								0
elektr. Leitfähigkeit µS cm ⁻¹ , 20 °C	326.0 244.0	378.0 305.0	V VIII					
pH-Wert	8.8 8.0	8.5 7.2	IV VII					
Chlorophyll a Mittelwert 0-20m mg m ⁻³	13.4 1.1	— —	II XI					

Tabelle 5: Seekennndaten
Bodensee-Untersee (Rheinsee, Berlingen), Seejahr 2005 (Messdaten vom 19.01.05 bis 19.01.06)
 I-XII: Monate 2005, I, II, III - 06: Monate 2006

Parameter	Messwerte (a)			Stoffinhalt (b)				Stoffbilanz (b)	
	Epilimnion (0 -10 m)		Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Epilimnion (0 -10 m)		Beginn Ende Seejahr	19.01.2005 bis 09.08.2005 19.01.2006
	Maximum	Minimum	Maximum Minimum	Beginn 19.01.2005	Ende 19.01.2006	Maximum Minimum	Maximum Minimum		
	Zeit	Zeit	Zeit	Zeit	Zeit	Zeit	Zeit		
Thermik (a) °C, (b) 10 ⁹ Kcal	23.2 1.9	VI III	8.1 2.9	XI I	136.0	831.8 136.0	IX I	0	1 -1
Sauerstoff (a) mg l ⁻¹ , (b) t	16.1 9.5	VI IX	13.1 0.1	III XI	6219.1	7021.9 3650.3	III IX	668	-1235 1903
Orthophosphat - P (a) mg m ⁻³ , (b) t	7.0 1.0	I X, XI	9.0 2.0	VII IV, IX	3.2	3.2 0.9	I X	0	-1 2
Phosphor, hydrolisierb. (A) mg m ⁻³ , (b) t	4.0	VIII-IX, I-06	7.0	IX	2.1	2.1	I	2	1 0
Phosphor, gelöst (a) mg m ⁻³ , (b) t	10.0 2.0	I IV, XI	12.0 3.0	VII IV	5.4	5.4 1.4	I IV	2	0 2
Phosphor, partikulär (a) mg m ⁻³ , (b) t	9.0 3.0	III, XI I	10.0 3.0	V XI	2.3	3.9 1.9	III I	0	-2 2
Phosphor, total (a) mg m ⁻³ , (b) t	16.0 7.0	I X	16.0 10.0	I X	7.7	7.7 4.0	I X	3	1 1
Nitrat - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	1100.0 542.0	V VIII-IX	1000.0 690.0	IV XI	490.1	492.8 349.6	II VIII	31	-94 126
Nitrit - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	10.0 3.0	VI, X-XI III	14.0 2.0	VI VII, VIII	3.6	5.3 1.5	VI III	1	1 0
Ammonium - N (a) mg m ⁻³ , (b) t	50.0 9.0	V III, VII	59.0 4.0	V VIII	11.2	24.7 4.4	V III	3	-2 5
Silikat (SiO₂) (a) mg l ⁻¹ , (b) t	3.7 2.1	I X	5.6 3.1	XI III	1821.6	1821.6 1464.2	I X	204	-1605 1809
Calcium (a) mg l ⁻¹ , (b) t	51.3 40.9	IV VIII	52.9 47.5	VII X	2523.8	2596.5 2262.9	IV VIII	23	-76 99
Chlorid (a) mg l ⁻¹ , (b) t	7.3 5.5	I IX	9.1 6.5	IV IX	3687.8	3687.8 2880.1	I IX	780	258 522

Parameter	Messwerte (a)		Stoffinhalt (b)				Stoffbilanz (b)
	Epilimnion (0 -10 m)	Seebodennähe (1m über Grund)	See total		Epilimnion (0 -10 m)		
			Beginn 19.01.2005	Ende 19.01.2006	Maximum Minimum	Zeit	
Kohlenstoff anorg. (a) mg l ⁻¹ , (b) t	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	Beginn 19.01.2005 bis Ende Seejahr 09.08.2005 09.08.2005 bis 19.01.2006
	30.9 22.6	30.9 28.6	14760.9 14533.5	IV VIII-IX, X I	6438.1 4952.2	I-V VIII	
Säurekapazität KS 4,3 (a) mmol l ⁻¹ , (b) 10 ³ kmol	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	-28 -162 134
	2.6 1.9	2.6 2.4	1240.4 1221.3	IV VIII-IX, X I	541.0 416.2	I-V VIII	
UV - Extinktion m ⁻¹ (260 nm), d = 5 cm	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	
	0.04 0.03	0.04 0.03	1274.1 1087.6	III-06 I-06			
elektr. Leitfähigkeit µS cm ⁻¹ , 20 °C	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	
	301.0 29.0	324.0 281.0		II XI			
pH-Wert	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	
	8.7 7.9	8.4 7.4		III XI			
Chlorophyll a mg m ⁻³	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Maximum Minimum	Zeit	Maximum Minimum	Zeit	
	5.3 0.3	3.8 0.5		III XI-06			

Tabelle 6

Vergleich von Messwerten der verschiedenen Teile des Bodensee - Untersees
 Seejahr 2005 / 2006 an den Stationen Zellersee (Z), Rheinsee Station Berlingen (R)

Messwerte in " 0 " m		Z	R
Temperatur in °C	Maximum	22.6	23.2
	Minimum	2.5	1.9
Sauerstoff in mg O ₂ l ⁻¹	Maximum	13.7	14.4
	Minimum	8.6	9.6
pH in pH-Einheiten	Maximum	8.7	8.6
	Minimum	8.0	8.0
Orthophosphat in mg PO ₄ -P m ⁻³	Maximum	20.8	7.0
	Minimum	0.8	1.0
Phosphor partikulär in mg P m ⁻³	Maximum	11.7	7.0
	Minimum	1.0	4.0
Nitrat in mg NO ₃ -N m ⁻³	Maximum	1246.0	1100.0
	Minimum	416.0	542.0
Ammonium in mg NH ₄ -N m ⁻³	Maximum	57.1	50.0
	Minimum	8.3	9.0
Eisen total in mg Fe m ⁻³	Maximum	33.0	—
	Minimum	4.1	—

Messwerte in Seebodennähe		Z 20 - 22m	R 44 - 46m
Temperatur in °C	Maximum	10.4	8.1
	Minimum	2.7	2.9
Sauerstoff in mg O ₂ l ⁻¹	Maximum	12.8	13.1
	Minimum	0.6	0.1
pH in pH-Einheiten	Maximum	8.5	8.4
	Minimum	7.2	7.4
Orthophosphat in mg PO ₄ -P m ⁻³	Maximum	228.8	9.0
	Minimum	1.2	2.0
Nitrat in mg NO ₃ -N m ⁻³	Maximum	1715.0	1000.0
	Minimum	147.0	690.0
Ammonium in mg NH ₄ -N m ⁻³	Maximum	573.1	59.0
	Minimum	9.0	4.0
Eisen total in mg Fe m ⁻³	Maximum	174.0	—
	Minimum	4.1	—

ANHANG

Bericht der Sachverständigen zum Fachbereich Einzugsgebiet

1. Abwasserbeseitigung

	2004	2005
Zahl der Einwohner in ARA-Einzugsgebieten des Bodensees	1'549'800	1'558'800
Zahl der an Abwasserreinigungsanlagen angeschlossenen Einwohner	1'499'500 ¹⁾	1'511'200 ¹⁾
Zahl der nicht angeschlossenen Einwohner	50'300	47'600
davon: - Abwasser ordnungsgemäss entsorgt ²⁾	31'050	31'500
- Abwasser nicht ordnungsgemäss entsorgt ²⁾	19'250	16'100
Anschlussgrad (in Prozent)	96.8	97.0
Anzahl Abwasserreinigungsanlagen (IGKB-Kategorien):		
- Kategorie I (50 – 1000 EW)	69	69
- Kategorie II (>1000 – 40'000 EW)	121	121
- Kategorie III (>40'000 EW)	33	33
Gesamtzahl der Abwasserreinigungsanlagen	223	223
davon mit: - Nitrifikation	153	153
- Denitrifikation	90	97
- Phosphorelimination, davon	153	154
- weitergehende Reinigung (z.B. Flockungsfiltration)	13	14
Regen- und Mischwasser:		
- Flächenanteil im Mischsystem (in Prozent) ²⁾	82.6 ³⁾	82.8 ³⁾
- Ausbaugrad Mischsystem (in Prozent) ²⁾	80.5	82.6
Ablaufmengen:		
- Jahresabwassermenge (in 1000 m ³)	251'908	250'243
- Gesamtphosphor (in t)	90.8	88.2
- CSB (in t)	8'405 ⁴⁾	7778 ⁵⁾
- N _{anorg.} (in t)	3'617	3047

Ende der Berichtsperiode 2004 bis 2005 waren von den über 1,55 Millionen Einwohnern in ARA-Einzugsgebieten des Bodensees gut 1,51 Millionen an eine zentrale Abwasserreinigungsanlage angeschlossen. Daneben wird das Abwasser von etwa 95'000 Einwohner zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets übergeleitet. Ende 2005 betrug der Anschlussgrad 97,0 Prozent. Abb. 1 dokumentiert die bisherige Entwicklung dieser baulichen Massnahmen.

1) Abwasser von weiteren etwa 94'000 Einwohnern (2004) bzw. etwa 95'000 Einwohnern (2005) geht zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets

2) Begriffe gelten im Sinne des Arbeitsmanuals

3) ohne Vorarlberg

4) 518 Tonnen TOC (St.Gallen) mit Faktor 4 in CSB umgerechnet

5) 421 Tonnen TOC (St.Gallen) mit Faktor 4 in CSB umgerechnet

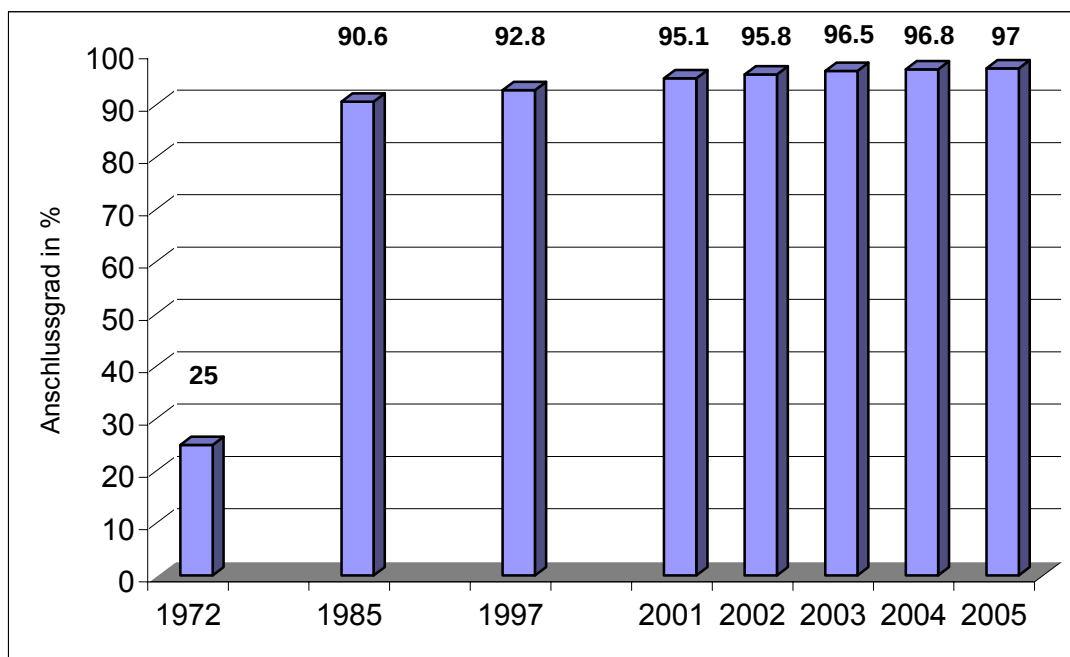


Abb. 1: Entwicklung des Anschlussgrades an zentrale Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensees

Die Jahresabwassermenge aus den insgesamt 223 Abwasserreinigungsanlagen im Bodensee-Einzugsgebiet betrug in den beiden Jahren 2004 und 2005 jeweils rund 250 Mio. m³. 25,7 Prozent dieses Abwassers wurden im Jahr 2004 in dreizehn Anlagen bzw. 29,5 Prozent im Jahr 2005 in 14 Anlagen einer weitergehenden Reinigung (z.B. Flockungsfiltration) unterzogen. Die jahresmittlere Ablaufkonzentration in diesen Anlagen betrug im Durchschnitt in beiden Jahren nicht ganz 0,20 mg/l P_{ges}. In weiteren 140 Anlagen wurden 71,4 Prozent (2004) bzw. 67,5 Prozent (2005) der Abwassermenge durch Phosphatfällung behandelt (jahresmittlere Ablaufkonzentration 2004 und 2005 jeweils durchschnittlich 0,40 mg/l P_{ges}). Insgesamt wurden somit in beiden Jahren gut 97 Prozent der im Bodensee-Einzugsgebiet anfallenden Abwassermenge in einer zentralen Abwasserreinigungsanlage einer Phosphorelimination unterzogen. Im Jahresmittel 2005 ergab sich im Ablauf aller Abwasserreinigungsanlagen mit 0,35 mg/l P_{ges} eine gegenüber dem Jahr 2004 (0,36 mg/l P_{ges}) etwas niedrigere durchschnittliche Phosphorkonzentration. Die Restfracht an Phosphor im Abwasser aller Abwasserreinigungsanlagen im Bodensee-Einzugsgebiet sank dadurch. Mit rund 88,2 Tonnen lag sie knapp 3 Prozent tiefer als im Jahr 2004. An diese Fracht trugen die am Obersee anliegenden Anlagen, die jeweils in den bisherigen gross angelegten 10-Jahresuntersuchungen beprobt worden sind, 18,7 Tonnen im Jahr 2005 bzw. 19,45 Tonnen im Jahr 2004 bei.

Die Restfracht an Phosphor im Ablauf aller Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensees hat in den letzten fünf Jahren von 114,4 Tonnen auf 88,2 Tonnen abgenommen. Gegenüber dem Jahr 1997 beträgt die Differenz 23,5 Tonnen, was einer Abnahme von 21 Prozent entspricht. Die Entwicklung ist in Abb. 2 dargestellt. Daraus geht hervor, dass die mittlere Phosphorkonzentration im Abwasser aller Abwasserreinigungsanlagen im Jahr 2003 gegenüber dem Vorjahr zwar leicht angestiegen ist und im Jahr 2004 auf dem Stand von 2002 blieb.

Demgegenüber sank die Jahressumme der Restfrachten an Phosphor aller Anlagenabläufe von 2002 auf 2003 ganz erheblich und nahm in den Folgejahren weiter ab. Die niederschlagsarmen Sommer der Jahre 2003 und 2004 haben zu diesem Sachverhalt beigetragen.

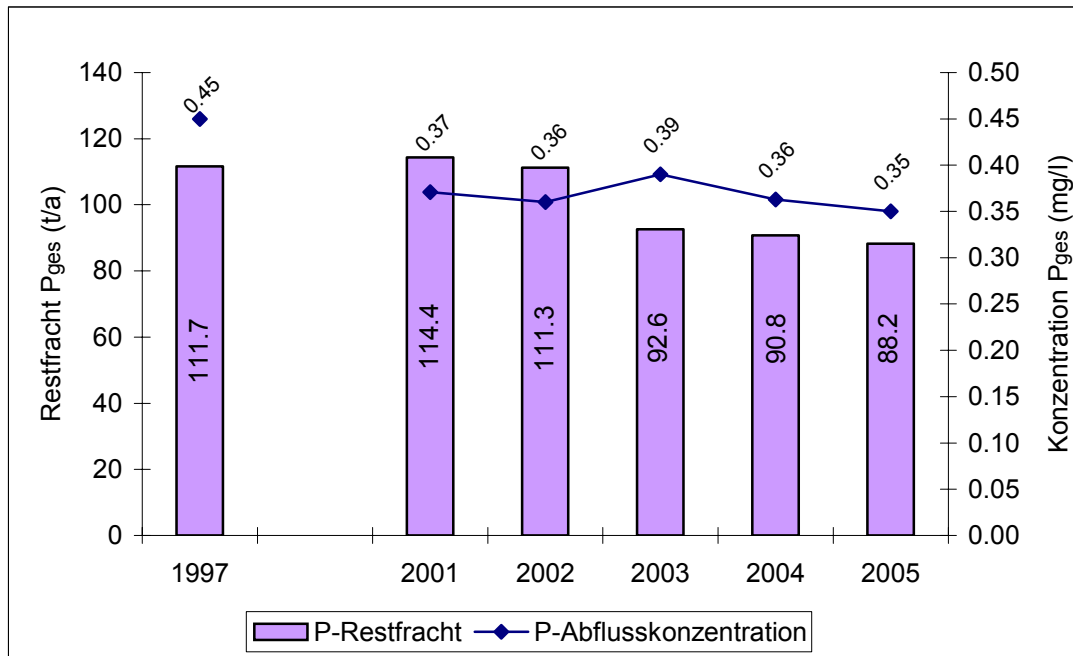


Abb. 2: Entwicklung der Restfracht an Phosphor im Ablauf aller Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensees

In Bezug auf die Restschmutzfracht (Restfracht an oxidierbaren Stoffen; gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf [CSB]) im Ablauf aller Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensees ergaben sich folgende Änderungen: Im Jahr 2004 betrug die ermittelte Restschmutzfracht 8405 Tonnen und im Jahr 2005 rund 7780 Tonnen. In den vergangenen fünf Jahren hat sie sich erheblich verringert. Gegenüber dem Jahr 1997 beträgt die Differenz 1851 Tonnen, was einer Abnahme von 19,2 Prozent entspricht. Abb. 3 zeigt die Entwicklung von 2001 bis 2005.

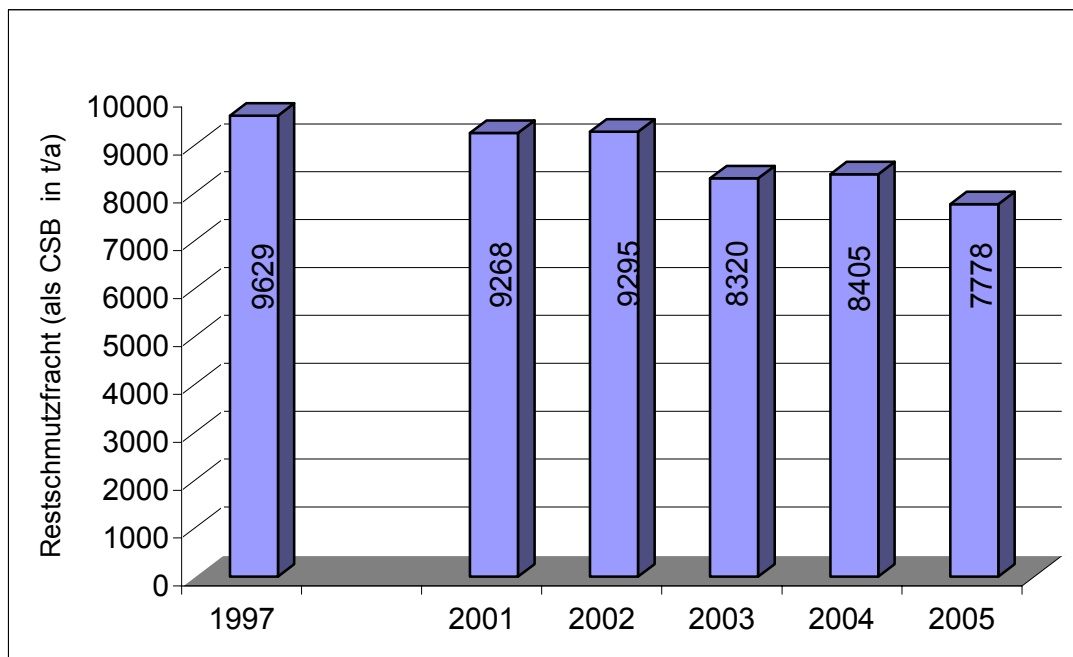


Abb. 3: Entwicklung der Restschmutzfracht im Ablauf aller Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensees (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf, CSB)

Auch wenn der Stickstoff für die Algen im Bodensee praktisch nicht wachstumsbegrenzend wirkt, so kommt ihm doch für die Lebensgemeinschaften im See hohe Bedeutung zu. Über das N/P-Verhältnis beeinflusst er das Artenspektrum. Die Entwicklung der Ablauffrachten aus den Abwasserreinigungsanlagen wird deshalb verfolgt, aller Anlagen im Bodensee-Einzugsgebiet allerdings erst seit dem Jahr 2002. Seither ist die Stickstofffracht erheblich gesunken, nämlich von 3917 Tonnen im Jahr 2002 auf 3047 Tonnen im Jahr 2005. Dies entspricht einer Verminderung um gut 22 Prozent.

2. Fließgewässer

Die Untersuchungen zur Feststellung des chemischen und biologischen Zustandes der Hauptfließgewässer wurden in der Berichtsperiode von den Ländern und Kantonen nach Massgabe nationaler Methoden fortgeführt. Die Befunde aus den Jahren 2004 und 2005 zeigen im Vergleich zu den Vorjahren insgesamt keine wesentliche Änderung des dokumentierten Standes. Obschon die Güteinstufung in den einzelnen Ländern und Kantonen nach unterschiedlichen Bewertungskriterien erfolgt, sind Gütedefizite nach wie vor an den Unterläufen der Zuflüsse Dornbirnerach, Lustenauer Kanal, Alter Rhein, Steinach, Salmsacher Aach und Schussen zu verzeichnen. In Ergänzung zu den üblichen Standardparametern wurden die 2003 an ausgewählten Standorten in Bayern und Vorarlberg begonnenen Untersuchungen von prioritären Stoffen fortgesetzt.

3. Ländliches Areal

Für den vorliegenden Bericht konnte nicht mehr auf Landwirtschaftsdaten der Arbeitsgruppe Landwirtschaft/Umweltschutz der IBK zurückgegriffen werden. Die Tierbestände und die landwirtschaftliche Nutzfläche im Bodensee-Einzugsgebiet

wurden deshalb vom Fachbereich Einzugsgebiet direkt erhoben. Weil sich das Bearbeitungsgebiet der IGKB

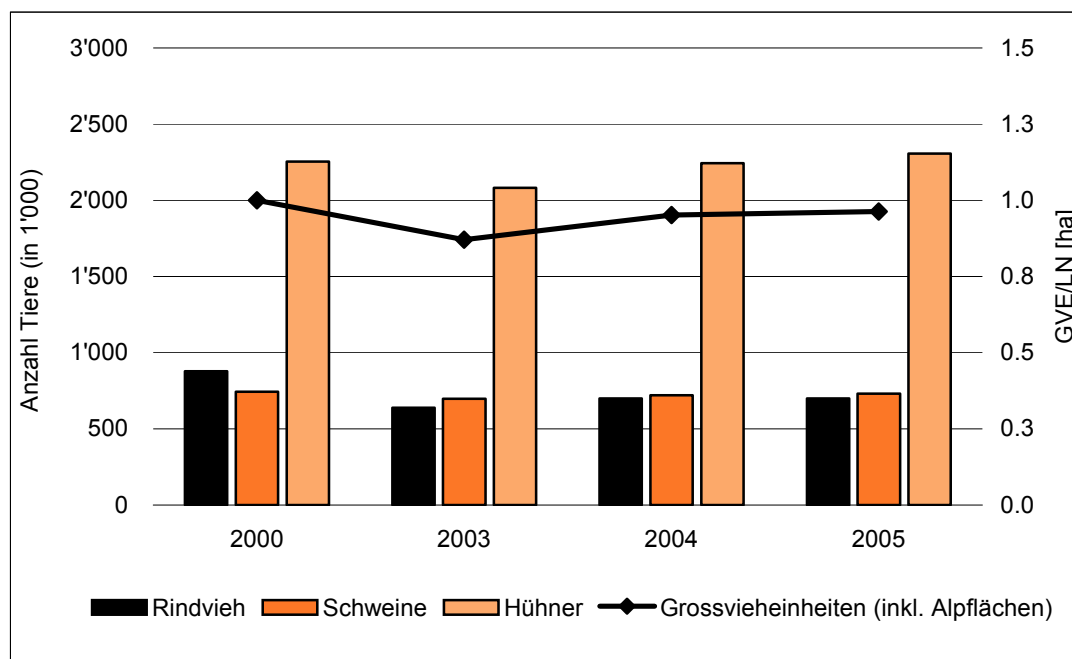


Abb. 4: Entwicklung der Tierbestände und des Hofdüngeranfalls je Hektare landwirtschaftliche Nutzfläche (GVE/ha) im Bodensee-Einzugsgebiet

1 Kuh = 1 Grossvieheinheiten (GVE), 1 Rind = 0.638 GVE, 1 Schwein = 0.131 GVE,
1 Huhn = 0.007 GVE (Basis für den GVE-Vergleich bildet der Phosphoranfall)

von demjenigen der IBK unterscheidet (IBK umfasst zusätzlich die Kantone Schaffhausen und Zürich, den Kanton Graubünden jedoch nicht), wurden die Zahlen über den Kanton Graubünden für die Jahre 2000, 2003 sowie 2004 nacherhoben. Für Baden-Württemberg müssen die Tierzahlen des Jahres 2004 verwendet werden, weil im 2005 lediglich eine Stichprobenerhebung durchgeführt wurde.

Die Tierbestände sowie der Hofdüngeranfall je Hektare landwirtschaftliche Nutzfläche sind seit dem Jahr 2000 etwa gleich geblieben sind (Abb. 4 und 5). Daraus kann abgeleitet werden, dass sich in dieser Zeitspanne auch der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft in den Bodensee kaum verändert hat.

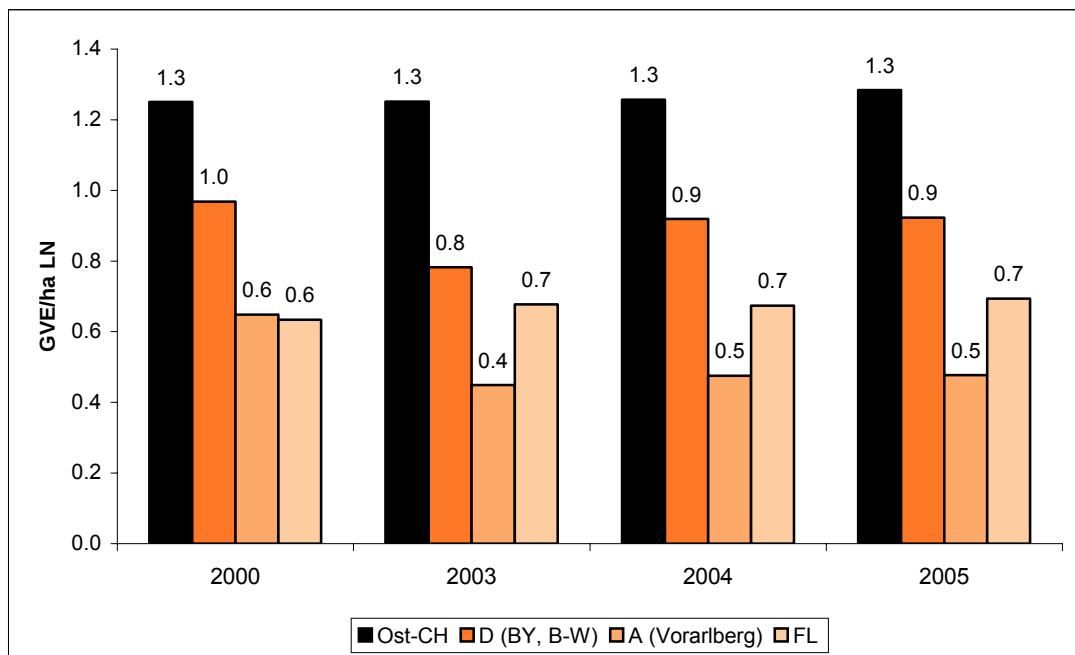


Abb. 5: Regionale Entwicklung der Tierbestände und des Hofdüngeranfalls je Hektare landwirtschaftliche Nutzfläche (GVE/ha) im Bodensee-Einzugsgebiet

Die nächste allgemeine Viehbestandserhebung mit regionalisierter Darstellung findet in Baden-Württemberg erst 2007 wieder statt. Eine Berichterstattung über das ländliche Areal gestützt auf neues Datenmaterial ist deshalb erst anschliessend wieder möglich.

4. Abschätzung des Phosphoreintrags in den Obersee

a) Direkt einleitende Abwasserreinigungsanlagen

Der Eintrag von Phosphor in den Obersee aus den seeanliegenden Abwasserreinigungsanlagen (Espasingen, Uhdlingen, Immenstaad, Friedrichshafen, Eriskirch, Kressbronn, Lindau, Leiblachtal, Bregenz, Hofsteig, Altenrhein, Morgental, Romanshorn, Kesswil, Münsterlingen, Aachtal) konnte mit Hilfe der durchgeführten Abwasseruntersuchungen genau ermittelt werden. Er betrug im Jahr 2004 19,45 Tonnen und ging im Jahr 2005 auf 18,7 Tonnen zurück (zum Vergleich die Werte 1996/97: 30 Tonnen; 1995/96: 35 Tonnen). Innerhalb der letzten fünf Jahre wurde der Eintrag von Phosphor aus den seeanliegenden Anlagen um insgesamt 7,2 Tonnen vermindert, was einem Rückgang von 27,8 Prozent entspricht. Zum Vergleich: Der Rückgang der Restfracht an Gesamtposphor aus den Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Bodensee-Obersees betrug von 2001 bis 2005 23,2 Prozent. Im gleichen Zeitraum sank die Konzentration des Gesamtposphors im Rohwasser des Bodensees um 30,8 Prozent.

b) Zuflüsse

Zur Abschätzung der dem Obersee zugeführten Jahresfrachten wurde wie in den Vorjahren wiederum auf die mathematisch-statistische Behandlung des Datenmaterials mittels „Eichkurven“ zurückgegriffen. Dazu werden jeweils die P-Konzentration gegen den Abfluss dargestellt. Für das Aufstellen der „Eichkurven“

wurde erneut das umfangreiche, in den Jahren 1995 bis 1997 genau ermittelte Datenmaterial verwendet. Liegen die neuen Befunde im Streufeld der alten Werte, so hat sich zwischen der letzten Zuflussuntersuchung und heute nur wenig geändert. Dann können die neuen Frachten mit den alten Eichungen und den neuen Abflusswerten abgeschätzt werden.

Die Auswertungen der durchgeführten Messungen ergeben, dass sich die im Berichtszeitraum 2004 bis 2005 erhobenen Daten innerhalb des bisherigen Streubereichs liegen. Dies gilt für alle untersuchten Zuflüsse. Im Grundsatz bedeutet dies, dass die Frachten im Vergleich mit den Vorjahren bei gleichen Abflüssen im Wesentlichen gleich geblieben sind.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse des Alpenrheins, über den für das Jahr 2005 verdichtete Daten vorliegen, ergibt, dass mit einer Ausnahme alle Werte im Streubereich der bisherigen "Eichkurve" liegen. Bei mehreren Messungen liegt der Phosphorgehalt unter der Nachweisgrenze von 0,005 mg/l. Insgesamt liegen die neuen Werte mehrheitlich eher in der unteren Hälfte des bisherigen Datenfeldes. Eine Schätzung der Fracht aus den Daten für Pfilt im Alpenrhein (berechnet aus Mittelwert der Konzentrationen x Jahresabfluss) ergibt eine Phosphorfracht von 59 Tonnen für das Jahr 2004 bzw. 38 Tonnen für 2005, was als grobe Näherung dienen kann.

c) Gesamtabeschätzung der Phosphorfracht

Aus dem erneut gewählten methodischen Ansatz zur Abschätzung der Phosphorfrachten in den Zuflüssen ergibt sich, dass die Frachten im Berichtszeitraum innerhalb des bisherigen Streubereichs liegen. Ausserordentliche Ereignisse sind nicht erkennbar. Auf Grund dieses Sachverhaltes in Verbindung mit den genau ermittelten Einträgen aus Abwasserreinigungsanlagen darf davon ausgegangen werden, dass die dem Obersee zugeführten Gesamtfrachten an Phosphor in den beiden Jahren 2004 und 2005 eher abgenommen haben. Dafür spricht auch die Reduktion des Phosphorgehaltes im See.

5. Abschätzung der Ausflussfrachten

Aus den Oberflächenwerten von Fischbach-Uttwil und von Berlingen lässt sich berechnen, wie viel Phosphor aus dem Bodensee hinausgeflossen ist. Für den Berichtszeitraum 2004 bis 2005 wurden folgende Frachten berechnet:

	Obersee (Konstanz)	Untersee (Stein a. Rhein)
2004		
Q (Mio. m ³)	9536	10'539
P _{ges} (Tonnen)	78	124
2005		
Q (Mio. m ³)	8710	10'004
P _{ges} (Tonnen)	79	103

Der Jahresdurchfluss durch den Bodensee liegt im langjährigen Mittel der letzten 50 Jahre bei etwa 12 km³. Die Abweichungen der Jahre 2004 und 2005 von diesem Mittelwert beruhen darauf, dass das Jahr 2004 ein mehrheitlich trockenes Jahr mit wenig Extremereignissen war. Die Niederschlagsüberschüsse im Januar, August und Oktober führten allerdings zu annähernd normalen Jahresniederschlagssummen. Im Jahr 2005 erreichten die Regenmengen im Bodensee-Einzugsgebiet meist 85 bis 105 Prozent des Mittels der vergangenen Jahre.

AUSKÜNFTE

Baden-Württemberg: Institut für Seenforschung
der Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg
Argenweg 50/1

D-88085 Langenargen

Bayern: Bayerisches Landesamt für
Umwelt
Bürgermeister Ulrich Str. 160

D-86179 Augsburg

Wasserwirtschaftsamt Kempten
Rottachstr. 15

87439 Kempten

Österreich: Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 14

A-6901 Bregenz

Schweiz: Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft (BUWAL)

CH-3003 Bern