



Nachuntersuchungen zum Fischsterben vom Oktober 2006 im Totensee (VS)

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern
Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft
Gewässer- und Bodenschutzlabor

April 2008



Impressum

Herausgeber:

GSA Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft
GBL Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern

Autoren:

Dr. Markus Zeh, GBL
Dr. Katrin Guthruf, Aquatica GmbH

Fotos:

GBL

pdf-File:

www.gsa.bve.be.ch > Gewässerqualität > Seen > Berichte

Einleitung

Ende Oktober 2006 trat im Totensee (Kt. VS) ein Fischsterben grossen Ausmasses auf. Im knapp 20 ha grossen, max. 34 m tiefen und auf 2'160 m.ü.M. gelegenen Stausee auf der Grimselpasshöhe verendeten dabei primär kanadische Seesaiblinge *Salvelinus namaycush* und Regenbogenforellen *Oncorhynchus mykiss*.

Die Abklärungen zur Ursachenfindung gestalteten sich schwierig, da erst nach Auftreten des Fischsterbens Wasser-, Plankton- und Bodenproben entnommen wurden. Über den Seezustand vor dem Ereignis existierten keine Daten.

Der Kanton Bern hat sich an den Untersuchungen 2006 und 2007 beteiligt, obwohl der Totensee, die Hotels auf der Passhöhe und das gesamte Seeinzugsgebiet auf Walliser Kantonsgebiet liegen. Da das Totensee-Wasser jedoch im November jeweils im Rahmen der geltenden Konzessionsbestimmungen in den Grimselstausee (Kraftwerke Oberhasli KWO) und damit ins Gewässersystem der Aare abgeleitet wird, hat der Kanton Bern ein Interesse an der Ursachenfindung des Fischsterbens. Mit der Fachgruppe Seebiologie verfügt das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern zudem über entsprechende Kenntnisse und Messinstrumente.

Resultate der Abklärungen und Voruntersuchungen beider Kantone vom Frühwinter 2006 wurden in verschiedenen Berichten zusammengefasst (Pronat, 2006; Hanselmann, 2006; GBL, 2006).

Fazit der Untersuchungen 2006:

- Eine Vergiftung der Fische durch ins Wasser eingetragene oder absichtlich eingebrachte Fremd-Substanzen liess sich nicht (oder nicht mehr) feststellen. Ebenso auch eine Vergiftung durch Blaualgen-Toxine. Eine direkte Untersuchung an den toten Fischen war allerdings wegen ihres schlechten Zustandes beim Eintreffen im Labor nicht mehr möglich.
- Eine Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Schwermetalle und Explosivstoffrückstände aus früheren militärischen Aktivitäten im Seeinzugsgebiet konnte nicht nachgewiesen werden.
- Eine Algenblüte und eine Verfärbung des Seewassers in den Wochen vor dem Ereignis ist verschiedenen Personen aufgefallen, konnte aber nachträglich nicht mehr nachgewiesen werden. Die grosse Menge an organischem Detritus war jedoch ein Hinweis auf die für einen See in dieser Höhenlage vergleichsweise hohe Algenproduktion.
- Der See hatte bei der Probenahme anfangs November 2006 mindestens bis in eine Tiefe von 22 Meter vollständig zirkuliert. Das Seewasser war bis in diese Tiefe fast 100 % mit Sauerstoff gesättigt.
- Eine grobe Untersuchung der Bodenfauna zeigte keine auffälligen Ergebnisse.
- Kälteeinbrüche im Oktober mit Schneefall und ein Temperatursturz in den ersten Novembertagen hatten dazu geführt, dass nach einer relativ langen und stabilen Schönwetterperiode das Seewasser zirkulierte. Als Folge davon dürften sich die Sauerstoffkonzentrationen kurzfristig massiv verschlechtert haben.
- Die Hypothese, wonach die Fische auf Grund des vorübergehenden Sauerstoffmangels eingegangen sind, erschien als die wahrscheinlichste und wurde durch Meteodaten gestützt.
- Es wurde vorgeschlagen, mit einer Messkampagne im Jahr 2007 die bis anhin schlechte Datenlage zu verbessern und zu versuchen, die Ursachen abzuklären oder zumindest die Sauerstoff-Hypothese zu prüfen.
- Im Jahre 2007 wurde kein Fischbesatz getätigt.

Messkampagne 2007

Die Dienststelle für Jagd, Fischerei und Wildtiere des Kantons Wallis und das Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern in Zusammenarbeit mit Dr. K. Hanselmann von der Gruppe Mikrobielle Ökologie der Universität Zürich und Prof. Dr. H. Preisig vom Institut für Systematische Botanik erarbeiteten ein Messkonzept mit dem Ziel, die unbefriedigende Datenlage zu verbessern. Von besonderem Interesse waren dabei die Dynamik der Schichtung des Wasserkörpers, die Temperatur- und Windverhältnisse, die Algenproduktion, die Sauerstoffverhältnisse in verschiedenen Wassertiefen, sowie die Nährstoffkonzentrationen.

In der Seemitte (Koordinaten 669'197/157'020, Tiefe 26 m) wurde eine Messkette mit 12 Temperaturloggern (Typ HOBO Water Temp Pro V2) verankert (Anhang 1), welche stündlich die Temperatur aufzeichneten (Beginn 20.07, Ende 19.10.08). Während der gleichen Zeitperiode fanden 6 Probenahmen auf dem See statt. Am 20.7. und 14.8. wurden die Proben in der Seemitte bei der Verankerung entnommen, am 3.9., 14.9., 27.9. und 19.10. an der tiefsten Stelle (34 m, Koord. 669'220/156'937). Dabei wurden neben verschiedenen chemischen Parametern das Phytoplankton (Mischprobe aus 0-20 m) sowie hochauflösende Tiefenprofile (Temperatur, Sauerstoff, pH, Leitfähigkeit, Transmission) aufgezeichnet. Wetterdaten der Station Grimsel Hospiz konnten von Meteo Schweiz bezogen werden.

Die Feldarbeiten wurden durch R. Collaud und H. Guntern (Kt. VS) sowie von K. Guthruf (Aquatika GmbH) durchgeführt. Die Kraftwerke Oberhasli AG stellten uns freundlicherweise ein Arbeitsboot zur Verfügung. Die chemischen Analysen erfolgten am Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern, ebenso die Auswertung der Tiefenprofile. Die Planktonanalysen führte K. Guthruf (Aquatika GmbH) im Auftrag des Kantons Wallis durch.

Resultate

Temperatur

Die Lufttemperatur und der Wind sind die treibenden Kräfte, welche die Mischungsprozesse im See antreiben (Anhang 2). Die Primärproduktion (Algenproduktion) wird neben der Verfügbarkeit von Nährstoffen zusätzlich durch die Sonnen- bzw. Globalstrahlung bestimmt (Anhang 3).

Die Daten der Temperaturmesskette zeigen eindrücklich (Anhang 4, 5), wie sich das Wasser bis anfangs September erwärmte. Ein erster Temperatursturz am 4. September führte zu einer Abkühlung der oberen Wasserschichten und nahezu zu Homothermie. Kurze, rund einwöchige Erwärmungsphasen wurden jeweils wieder durch Kälteeinbrüche abrupt beendet. Nach einer vollständigen Durchmischung am 27. September erwärmte sich das Oberflächenwasser nochmals. Am 19. Oktober, am Tag der letzten Probenahme, wurde erneut Homothermie erreicht.

Sauerstoff

In der Zeitperiode bis anfangs September — bei vergleichsweise warmen Temperaturen und einer für diese Höhenlage hohen Bioproduktion — hat die Sauerstoffkonzentration im Hypolimnion dauernd abgenommen (Anhang 6). Dies durch Zehrungsprozesse, verursacht durch den Abbau des abgestorbenen Planktons. Die häufigen Kälteeinbrüche im September und Oktober und die damit verursachten Zirkulationsvorgänge haben jeweils wieder sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die tieferen Wasserschichten eingemischt. Anaerobe Verhältnisse im Hypolimnion wurden 2007 nicht festgestellt.

Nährstoffe

Anhang 7 bis 12: Die Konzentrationen von Gesamtphosphor in den untersuchten Wassertiefen lagen zwischen 0.001 und 0.038 mg/L, diejenigen von Orthophosphat im Bereich der Nachweisgrenze von 0.001 mg/L. Welcher P-Anteil bioverfügbar ist, kann auf Grund der geologischen Verhältnisse im kristallinen Einzugsgebiet nicht exakt beziffert werden. Vergleiche mit anderen hochalpinen Gewässern lassen jedoch den Schluss zu, dass die im Totensee gefundenen Gesamtphosphorkonzentrationen eher hoch sind. Während die Nitratkonzentrationen sehr gering waren, wurden im Hypolimnion Ammoniumkonzentrationen

bis 0.147 mg/L (bei 6.9 mg/L Sauerstoff) gemessen. Ein deutlicher Hinweis auf eine anthropogene Belastung.

Phytoplankton

Während am ersten Probenahmetag, am 20. Juli, nur geringe Algen-Biomassen vorhanden waren, entwickelte sich im Laufe des Sommers und Herbstes eine von einem einzigen Vertreter der Algengruppe *Dinophyceae* (Panzerflagellaten) dominierte Lebensgemeinschaft (Anhang 13). Die Massenentwicklung der Art *Gymnodinium uberrimum* bestimmte die Algenbiozönose mit einem Biomasseanteil zwischen 74 % und 81 %. Daneben traten Goldalgen (*Chrysophyceae*) und zu Beginn vereinzelt Blaualgen (*Cyanophyceae*) auf. Ein Vergleich der hier gefundenen Biomassen mit solchen aus grossen Seen (Anhang 14) zeigt auf, dass die Algenproduktion im Totensee erstaunlich hoch ist. Anhang 15 gibt einen Überblick über die während den Probenahmedaten gefundenen Algenarten.

Im Jahr 2007 dürfte das Fehlen von grossen, fangfähigen Fischen und damit der fehlende Frassdruck auf das Zooplankton auch die Lebensgemeinschaft des Phytoplanktons beeinflusst haben. Genaue Aussagen dazu sind auf Grund der vorhandenen Datenlage nicht möglich.

Schwermetalle

In den Proben vom 3.9 und 14.9. wurden verschiedene gelöste Schwermetalle analysiert. Die gemessenen Konzentrationen der meisten Elemente sind sehr gering oder liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze, ausser bei Zink. Hier wurden an beiden Probenahmetagen in verschiedenen Wassertiefen teilweise hohe Werte festgestellt (Anhang 9 und 10). Da in der GSchV keine numerischen Anforderungen für Seen formuliert sind, können diejenigen für Fliessgewässer beigezogen werden. Für gelöstes Zink liegt die Anforderung bei 5 µg/L.

Interessant sind die beides Mal erhöhten Werte von gelöstem Mangan in den Proben aus der grössten Wassertiefe. Das in unseren Gewässern auftretende Mangan stammt überwiegend aus geogenen Quellen des Einzugsgebietes. Tiefe Sauerstoffkonzentrationen fördern die Bildung von niedrigen Oxidationsstufen, welche gut wasserlöslich sind. Erhöhte Mangan-Konzentrationen im Hypolimnion sind daher die Folge von Rücklöseprozessen aus den Sedimenten unter sauerstoffarmen oder anoxischen Bedingungen.

Hypothesen

Toxinbildung

Die für eine Toxinbildung bekannten Blaualgenarten (*Aphanizomenon flos aquae*, *Anabaena* sp.) konnten 2007 in keiner Probe nachgewiesen werden. Da auch in der Novemberprobe 2006 (und damit erst sehr spät in der Vegetationsperiode) keine potentiell Toxin bildenden Blaualgenarten gefunden wurden, rückt eine Fischvergiftung durch natürliche Blaualgentoxine in den Hintergrund.

Das 2007 beobachtete Massenaufreten der Panzerflagellaten *Gymnodinium uberrimum* lässt jedoch Raum für Spekulationen offen. In der Literatur sind toxische Meerwasserarten von Panzerflagellaten beschrieben. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass auch Süsswasserformen dieser Algengruppe Toxine bilden könnten. Abklärungen in diese Richtung überstiegen jedoch die vorhandenen Ressourcen und müssten im Rahmen eines wissenschaftlichen Forschungsprojektes weiterverfolgt werden.

Sauerstoffmangel

Die 2007 erhobenen Daten zeigten keine anaeroben Verhältnisse über dem Seegrund. Allerdings zeichnete sich anfangs September eine relativ rasche Abnahme des Sauerstoffs in den tieferen Wasserschichten ab. Ein stabiler und warmer Herbst, ohne die 2007 häufig eingetretenen Schlechtwettereinbrüche, hätte jedoch mit Sicherheit zu einer stärkeren Sauerstoffzehrung und damit zu sauerstoffarmen oder gar sauerstofflosen Bedingungen über dem Seegrund geführt. Das Szenarium mit einem Kälteeinbruch und plötzlicher Zirkulation des gesamten Wasserkörpers und als Folge davon kurzzeitigen anoxischen Verhältnissen in der ganzen Wassersäule ist durchaus plausibel.

Fazit

Als nach wie vor an erster Stelle der möglichen Gründe für das Fischsterben von 2006 sehen wir die Abfolge von hoher Algenproduktion, Absterben der Algen, Abbau der Biomasse durch Sauerstoff zehrende Organismen, Sauerstoffschwund über dem Tiefenwasser, Zirkulation und kurzfristig sauerstoffarmer oder sauerstoffloser Wasserkörper. Die meteorologischen Verhältnisse im Untersuchungsjahr 2007 ermöglichten jedoch keine eindeutige Bestätigung dieser Hypothese durch Messresultate. Allerdings zeigen die Daten auch, dass unter anderen (realistischen) Bedingungen eine massive Sauerstoffzehrung möglich ist.

Blaualgtoxine als Ursache für die Fischvergiftung konnten an Hand der spärlichen Daten von 2006 nicht bestätigt werden. Die 2007 erhobenen Phytoplanktondaten ergeben ebenfalls keine Hinweise auf Blaualgen als mögliche Toxinbildner. Die Massenentwicklung der Panzerflagellatenart *Gymnodinium uberrimum* zeigt jedoch das Entwicklungspotential einzelner Arten von Gattungen, in denen Arten bekannt sind, die Toxine bilden können. Für ein besseres Verständnis dieser Vorgänge wäre wissenschaftliche Grundlagenforschung nötig. Weitere Untersuchungen zur Toxin-Hypothese wären von grossem wissenschaftlichem Interesse; sie sollten aber erst dann in Angriff genommen werden, wenn sich herausstellt, dass immer wieder Massenentwicklungen von Phytoflagellaten auftreten.

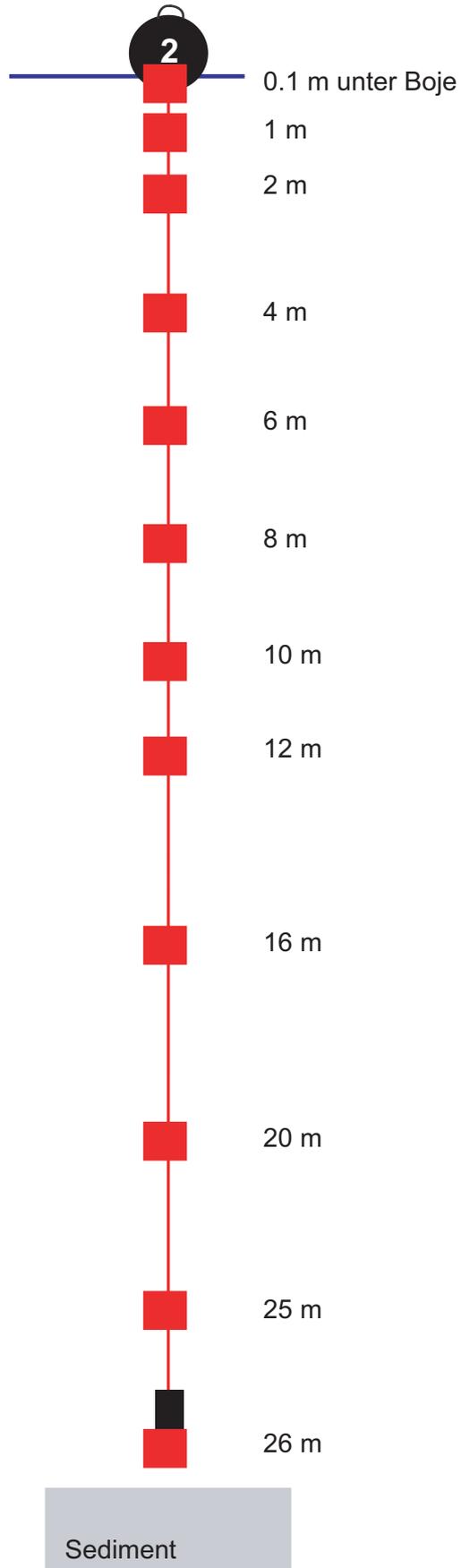
Auf Grund der im Totensee herrschenden Nährstoff- und Produktionsverhältnisse ist ein Fischsterben auch in Zukunft möglich. Voraussagen lässt sich ein derartiges Ereignis zwar nicht, doch dürften längere stabile Schönwetterperioden, gefolgt von plötzlichen Wetterstürzen, im Sommer und vor allem im Herbst die Chance dafür erhöhen.

Anhang

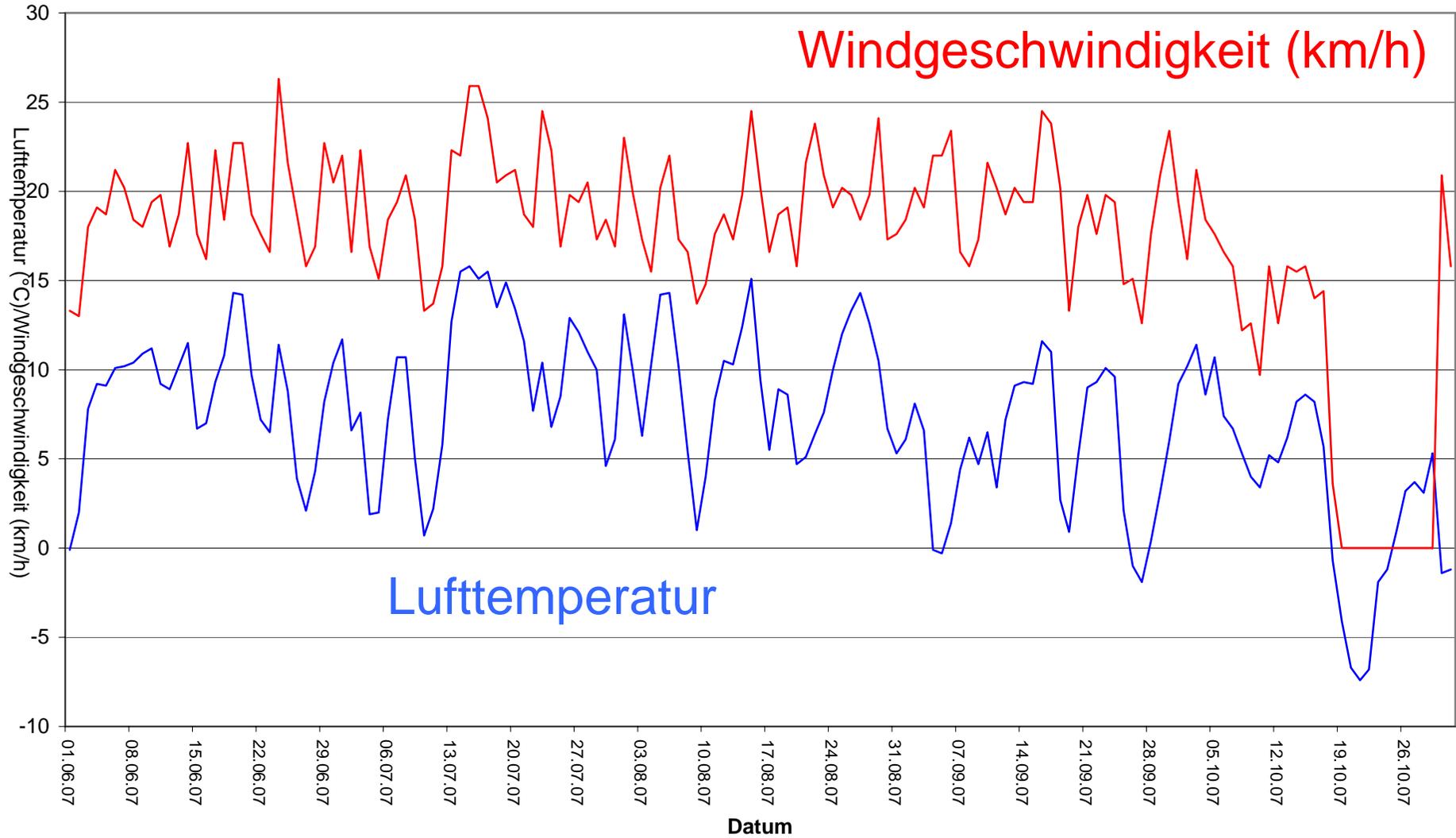
- 1 Skizze der Verankerung der Temperaturmesskette
- 2 Meteodaten Grimsel Hospiz (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeiten)
- 3 Meteodaten Grimsel Hospiz (Globalstrahlung)
- 4 Temperaturverlauf in einzelnen Wassertiefen, Vergleich mit Lufttemperatur
- 5 Wassertemperaturen, Mischungsverhältnisse
- 6 Sauerstoffentwicklung
- 7-12 Wasserchemiedaten
- 13 Entwicklung der Panzerflagellaten (Dinophyceae)
- 14 Biomassen Phytoplankton, Vergleich mit grossen Seen
- 15 Artenliste Phytoplankton
- 16 Impressionen

Temperaturmesskette Totensee Koordianten 669'197/157'020

freihängend an Boje 2
12 Logger, Typ HOBO Water Temp Pro V2

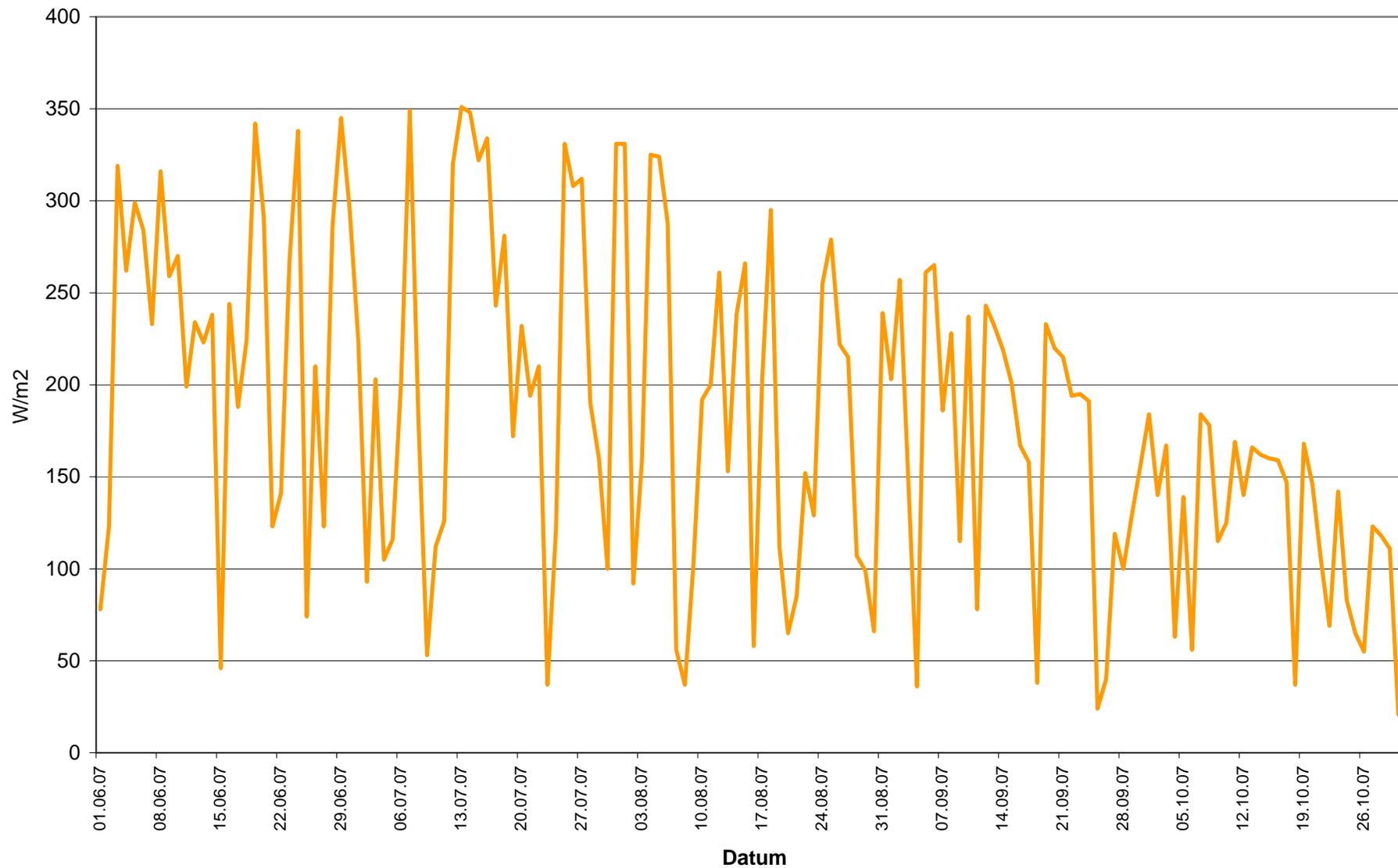


Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit Station Grimsel Hospiz (Tagesmittelwerte)



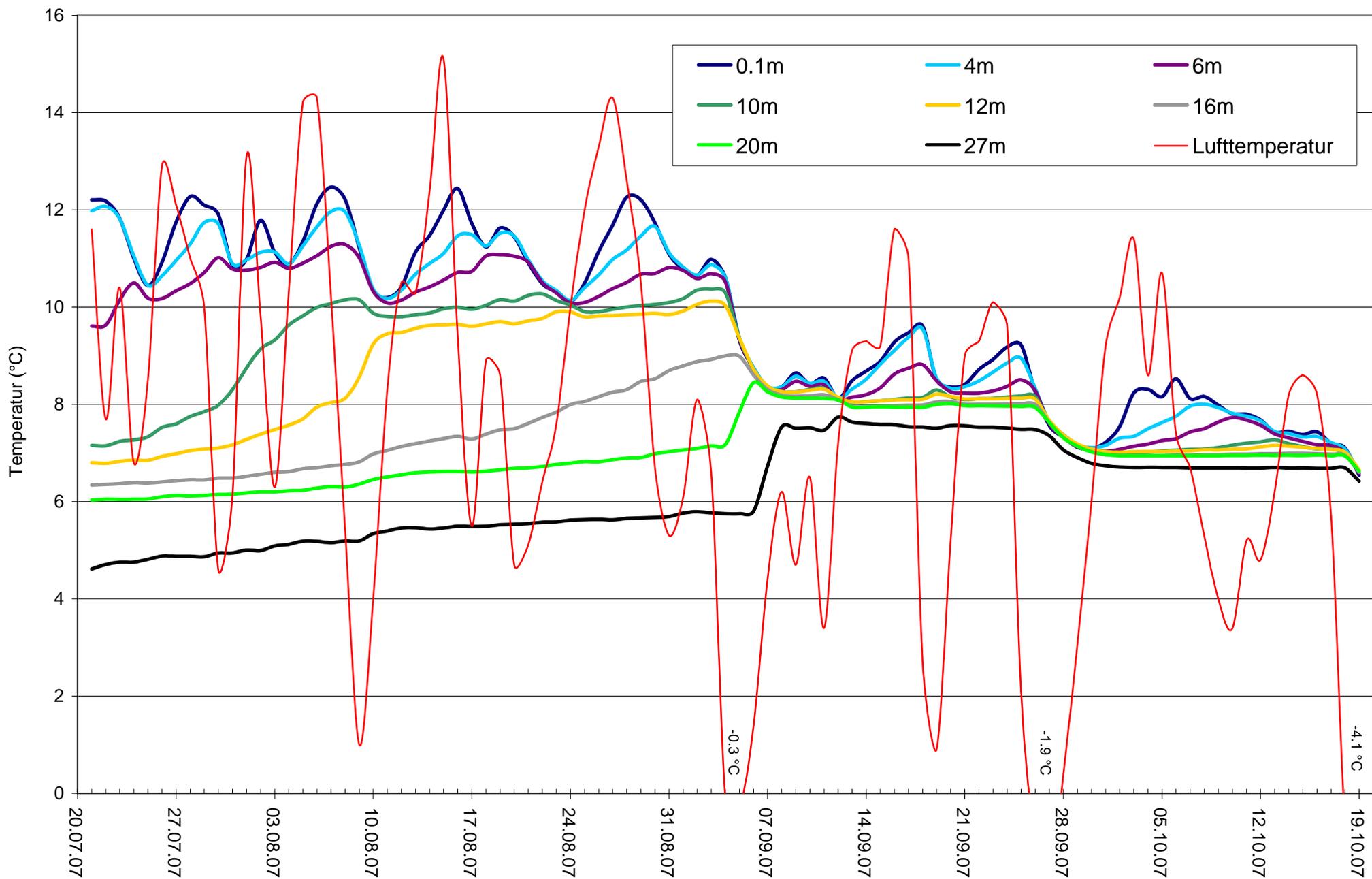
Anhang 2

Globalstrahlung Station Grimsel Hospiz (Tagesmittelwerte)

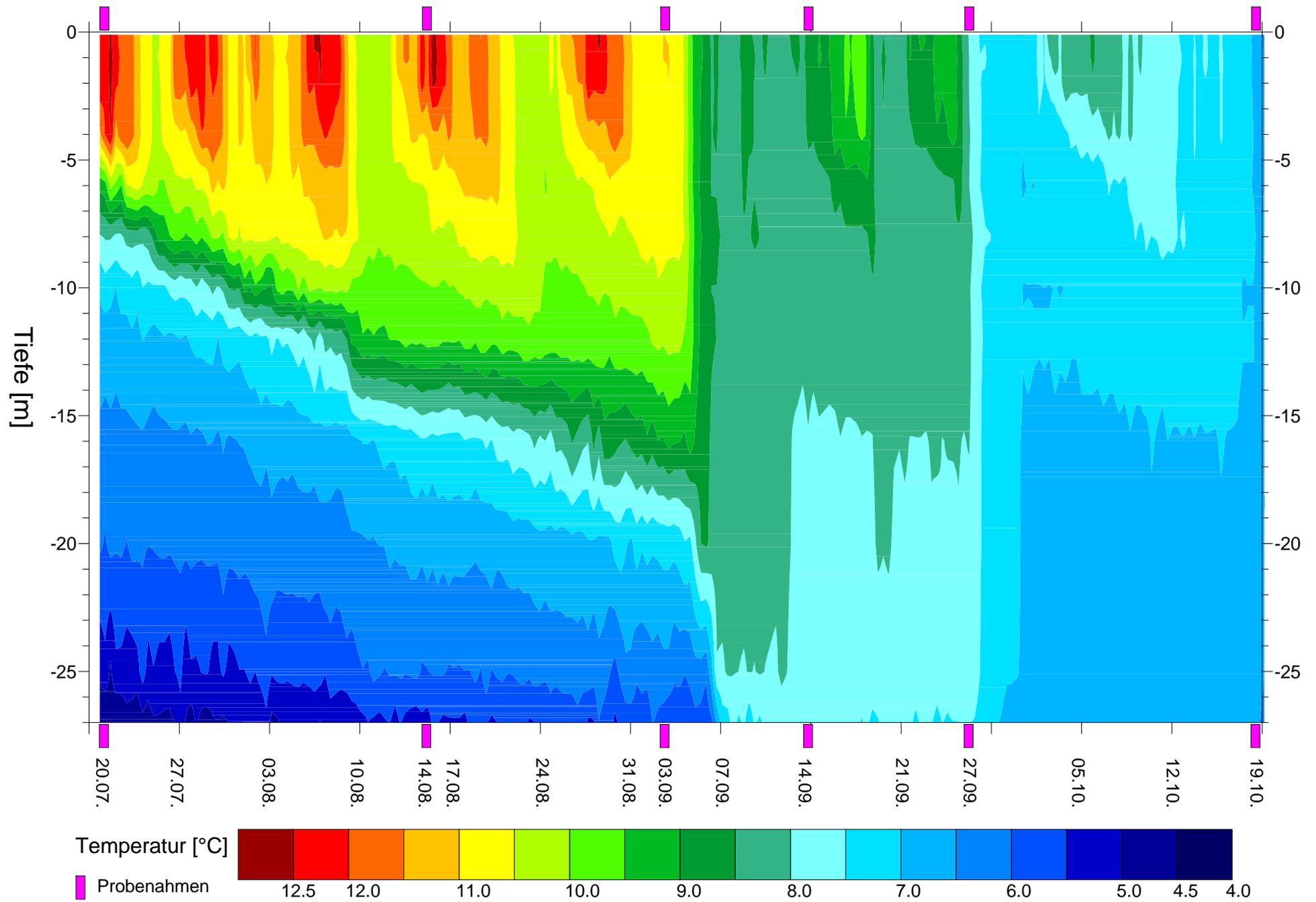


Daten: Meteo Schweiz

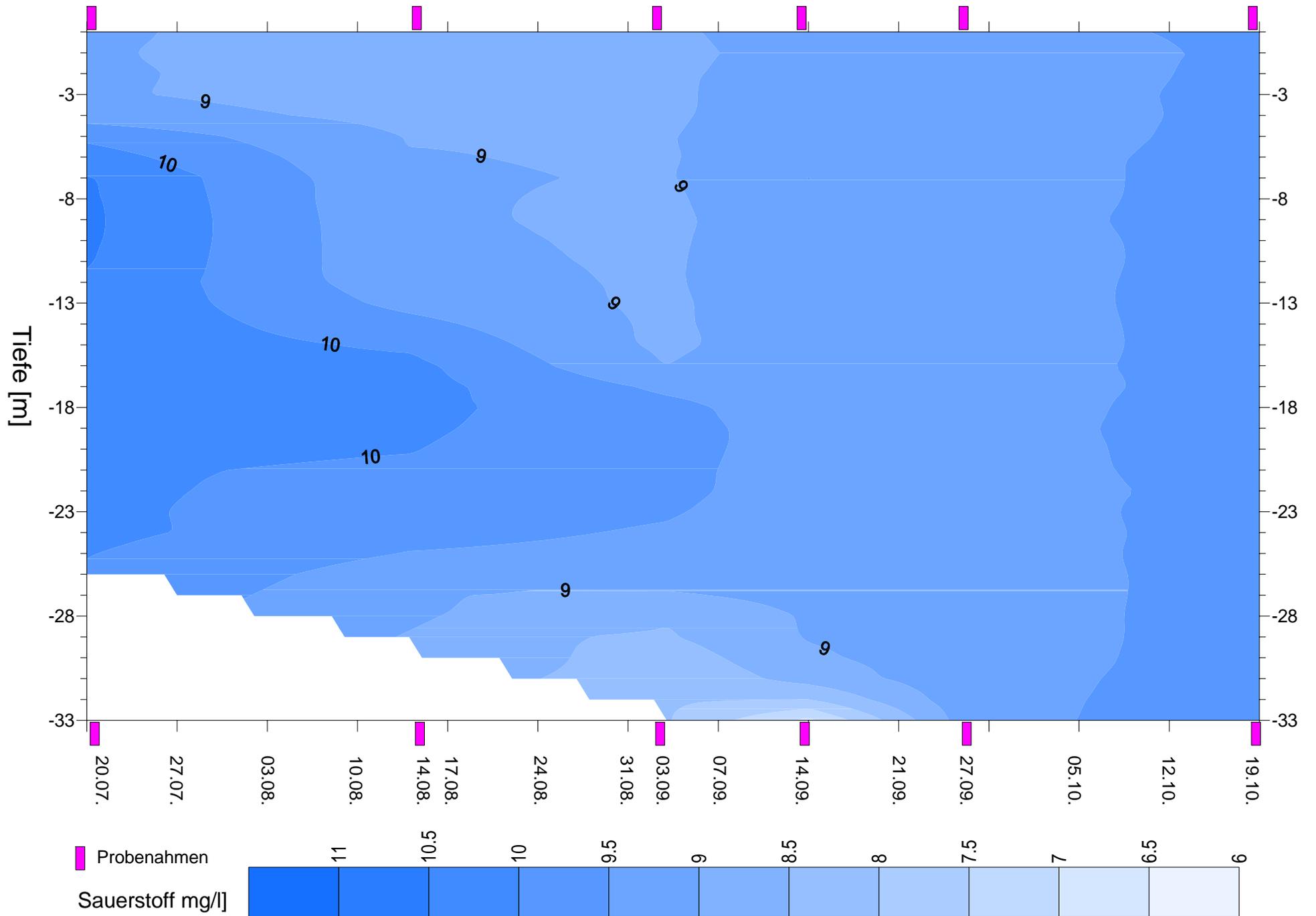
Wassertemperaturen Totensee und Lufttemperatur Station Grimsel Hospiz (Tagesmittelwerte)



Temperature development in Lake Totensee (Summer to Autumn 2007)



Sauerstoffentwicklung im Totensee (Sommer bis Herbst 2007)



| Messstelle | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | | |
| Ammonium- Stickstoff mg N/l | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | 0.025 | | |
| DOC mg C/l | 0.49 | 0.65 | 0.42 | 0.54 | 0.45 | | |
| Gesamtposphor mg P/l | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.011 | | |
| Gesamtsickstoff mg N/l | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | | |
| Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm (25}^\circ\text{C)}$ | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | | |
| Nitrat-Stickstoff mg N/l | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | | |
| Nitrit-Stickstoff mg N/l | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | | |
| ortho-Phosphat mg P/l | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | | |
| pH-Wert | 6.52 | 6.77 | 6.89 | 7.13 | 6.53 | | |
| Sauerstoff mg O ₂ /l | 9.1 | 9.1 | 9.3 | 10.2 | 10.0 | | |
| Sauerstoffsättigung % | 111 | 111 | 111 | 109 | 102 | | |
| Temperatur °C | 12.3 | 12.2 | 11.4 | 6.4 | 4.8 | | |
| Transmission | 89.1 | 89.9 | 90.1 | 89.5 | 90.8 | | |

Totensee**14.08.07**

Quelle: Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern

TOT2

669 197 / 157 020

| Messstelle | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 | TOT2 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | | |
| Ammonium- Stickstoff mg N/l | <0.010 | 0.011 | <0.010 | <0.010 | 0.026 | | |
| DOC mg C/l | 0.64 | 0.84 | 0.70 | 0.48 | 0.50 | | |
| Gesamtposphor mg P/l | 0.019 | 0.024 | 0.014 | 0.021 | 0.030 | | |
| Gesamtstickstoff mg N/l | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | | |
| Leitfähigkeit µS/cm (25°C) | 12 | 12 | 12 | 10 | 11 | | |
| Nitrat-Stickstoff mg N/l | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | | |
| Nitrit-Stickstoff mg N/l | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | | |
| ortho-Phosphat mg P/l | <0.001 | 0.002 | 0.001 | <0.001 | 0.001 | | |
| pH-Wert | 7.23 | 7.14 | 7.13 | 7.09 | 6.76 | | |
| Sauerstoff mg O2/l | 8.7 | 8.7 | 8.9 | 10.1 | 9.3 | | |
| Sauerstoffsättigung % | 105 | 105 | 105 | 110 | 97 | | |
| Temperatur °C | 11.6 | 11.4 | 10.9 | 7.4 | 5.7 | | |
| Transmission % | 92.8 | 92.7 | 92.4 | 93.5 | 93.5 | | |

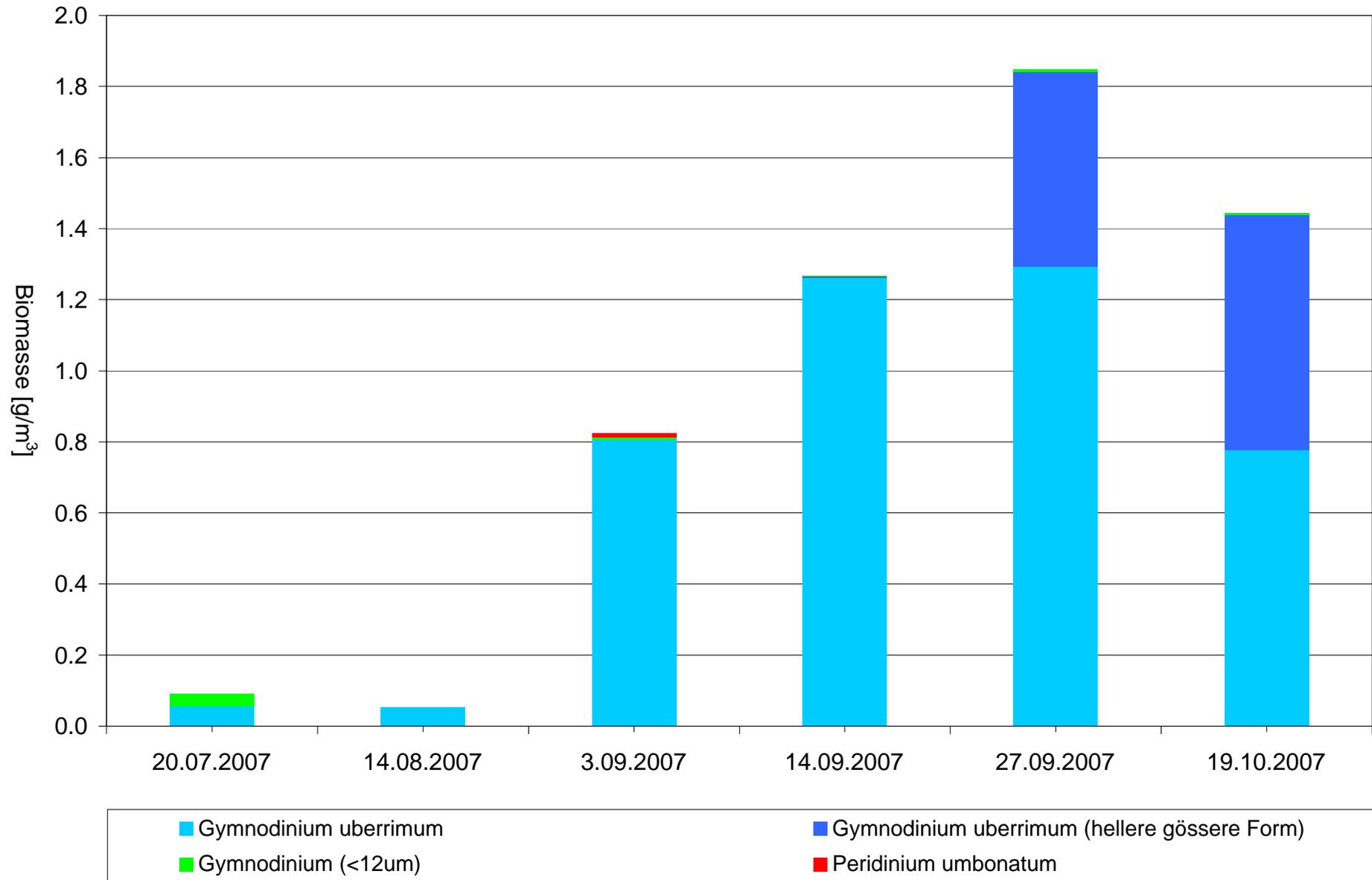
| Messstelle | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | 33.0 | | | | |
| Aluminium gelöst | 14 | 14 | 14 | 11 | 5 | 7 | | | | |
| Ammonium- Stickstoff | <0.010 | <0.010 | <0.010 | 0.011 | 0.019 | 0.066 | | | | |
| Antimon gelöst | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | | | | |
| Arsen gelöst | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | | | | |
| Blei gelöst | <0.1 | 0.1 | <0.1 | 0.1 | <0.1 | 0.1 | | | | |
| Bor gelöst | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | | | | |
| Cadmium gelöst | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | | | | |
| Chrom gelöst | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | | | | |
| DOC | 0.59 | 1.00 | 0.63 | 0.49 | 0.47 | 0.50 | | | | |
| Gesamphosphor | 0.029 | 0.021 | 0.025 | 0.017 | 0.020 | 0.033 | | | | |
| Gesamstickstoff | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | | | | |
| Kupfer gelöst | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | | | | |
| Leitfähigkeit | 13 | 13 | 13 | 12 | 11 | 11 | | | | |
| Mangan gelöst | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | |
| Nickel gelöst | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | | | | |
| Nitrat-Stickstoff | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | | | | |
| Nitrit-Stickstoff | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | | | | |
| ortho-Phosphat | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | | | | |
| pH-Wert | 7.15 | 7.09 | 7.10 | 7.06 | 6.72 | 6.40 | | | | |
| Quecksilber gelöst | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | | | | |
| Sauerstoff | 8.9 | 8.9 | 8.9 | 9.0 | 9.3 | 8.0 | | | | |
| Sauerstoffsättigung | 106 | 105 | 106 | 102 | 98 | 84 | | | | |
| Selen gelöst | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | | | | |
| Temperatur | 10.9 | 10.9 | 10.8 | 9.0 | 6.2 | 5.7 | | | | |
| Thallium gelöst | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | | | | |
| Transmission | 92.5 | 92.3 | 92.1 | 94.1 | 94.2 | 93.8 | | | | |
| Zink gelöst | 3.8 | 11.2 | 3.4 | 3.9 | 4.1 | 7.7 | | | | |

| Messstelle | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | 33.0 | | | | | | |
| Aluminium gelöst | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 6 | | | | | | |
| Ammonium- Stickstoff | 0.013 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | 0.147 | | | | | | |
| Antimon gelöst | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | | | | | | |
| Arsen gelöst | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | | | | | | |
| Blei gelöst | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | | | | | | |
| Bor gelöst | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | | | | | | |
| Cadmium gelöst | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | <0.03 | | | | | | |
| Chrom gelöst | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | | | | | | |
| DOC | 0.75 | 0.82 | 0.66 | 0.65 | 0.65 | 0.50 | | | | | | |
| Gesamphosphor | 0.012 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.008 | 0.017 | | | | | | |
| Gesamtstickstoff | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | <0.2 | 0.5 | | | | | | |
| Kupfer gelöst | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | | | | | | |
| Leitfähigkeit | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | | | | | | |
| Mangan gelöst | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| Nickel gelöst | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | | | | | | |
| Nitrat-Stickstoff | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | | | | | | |
| Nitrit-Stickstoff | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | | | | | | |
| ortho-Phosphat | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | | | | | | |
| pH-Wert | 7.07 | 7.04 | 7.06 | 7.04 | 6.96 | 6.64 | | | | | | |
| Quecksilber gelöst | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | | | | | | |
| Sauerstoff | 9.3 | 9.3 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 6.9 | | | | | | |
| Sauerstoffsättigung | 105 | 105 | 105 | 103 | 102 | 72 | | | | | | |
| Selen gelöst | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | <1.0 | | | | | | |
| Temperatur | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.0 | 7.9 | 5.7 | | | | | | |
| Thallium gelöst | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | | | | | | |
| Transmission | 93.0 | 92.8 | 92.4 | 92.9 | 93.6 | 93.4 | | | | | | |
| Zink gelöst | 7.2 | 11.0 | 4.4 | 4.7 | 3.9 | 6.2 | | | | | | |

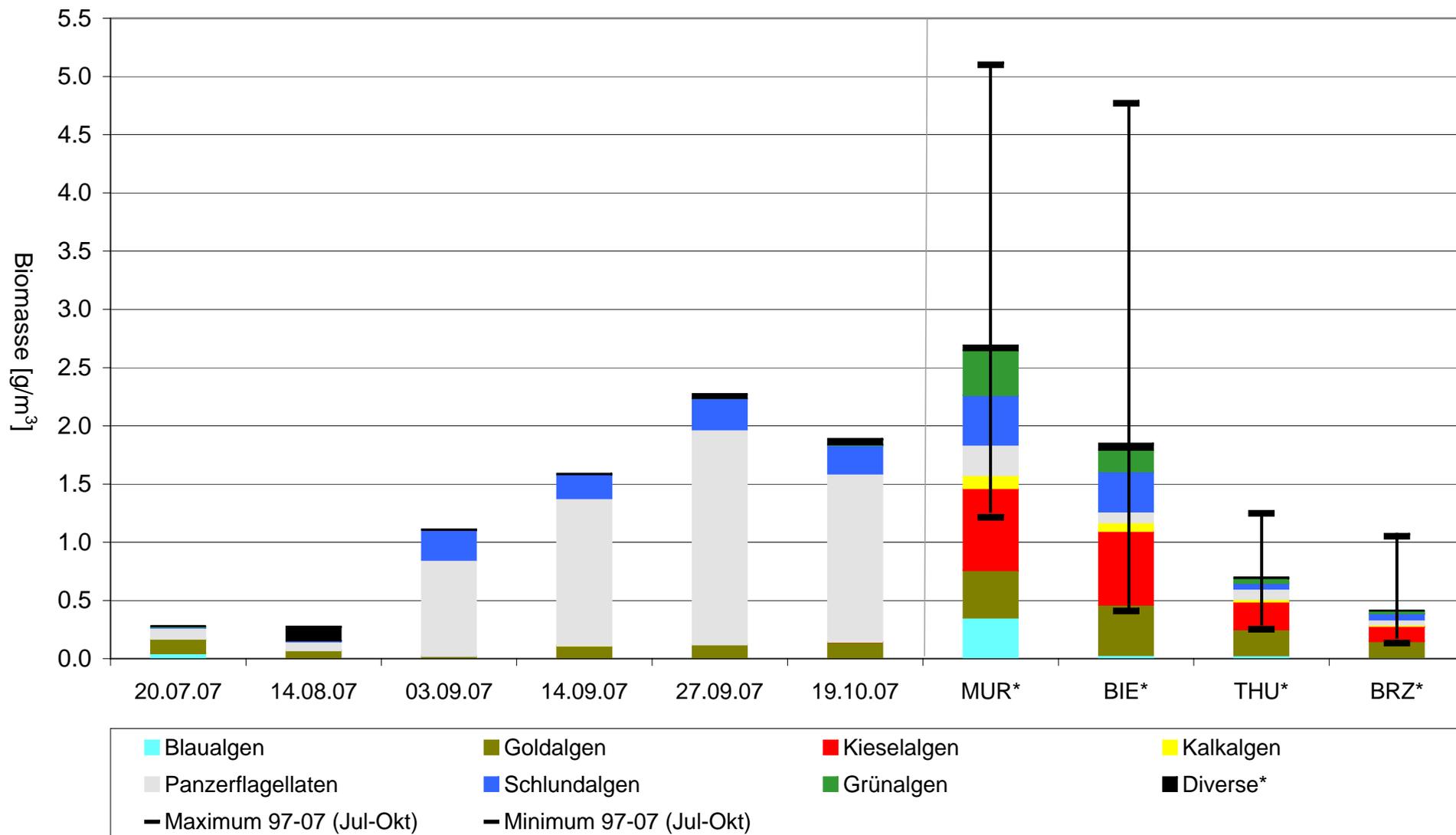
| Messstelle | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 |
|----------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | 33.0 | | | |
| Ammonium- Stickstoff | mg N/l | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 |
| DOC | mg C/l | 0.56 | 0.54 | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.56 |
| Gesamtposphor | mg P/l | 0.013 | 0.016 | 0.013 | 0.017 | 0.017 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| Gesamtstickstoff | mg N/l | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Leitfähigkeit | µS/cm (25°C) | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Nitrat-Stickstoff | mg N/l | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| Nitrit-Stickstoff | mg N/l | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| ortho-Phosphat | mg P/l | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| pH-Wert | pH | 6.55 | 6.80 | 6.92 | 7.04 | 7.05 | 7.09 | 7.09 | 7.09 |
| Sauerstoff | mg O2/l | 9.2 | 9.1 | 9.2 | 9.3 | 9.3 | 9.4 | 9.4 | 9.4 |
| Sauerstoffsättigung | % | 101 | 99 | 100 | 102 | 101 | 102 | 102 | 102 |
| Temperatur | °C | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.2 | 7.2 | 7.2 |
| Transmission | % | 90.7 | 90.7 | 90.7 | 90.7 | 91.0 | 90.8 | 90.8 | 90.8 |

| Messstelle | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 | TOT1 |
|----------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tiefe [m] | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 16.0 | 26.0 | 29.0 | | | |
| Ammonium- Stickstoff | mg N/l | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 |
| DOC | mg C/l | 0.67 | 0.66 | 0.57 | 0.59 | 0.52 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| Gesamtposphor | mg P/l | 0.025 | 0.017 | 0.029 | 0.038 | 0.034 | 0.031 | 0.031 | 0.031 |
| Gesamtstickstoff | mg N/l | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Leitfähigkeit | µS/cm (25°C) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Nitrat-Stickstoff | mg N/l | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| Nitrit-Stickstoff | mg N/l | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| ortho-Phosphat | mg P/l | 0.003 | 0.002 | 0.001 | | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| pH-Wert | pH | 6.76 | 6.85 | 6.93 | 7.02 | 7.05 | 7.07 | 7.07 | 7.07 |
| Sauerstoff | mg O2/l | 9.7 | 9.7 | 9.7 | 9.7 | 9.7 | 9.7 | 9.7 | 9.7 |
| Sauerstoffsättigung | % | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| Temperatur | °C | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| Transmission | % | 89.9 | 90.0 | 90.1 | 90.4 | 90.5 | 90.6 | 90.6 | 90.6 |

Panzerflagellaten (Dinophyceae) Totensee 2007



Phytoplankton des Totensees 2007



* Mittelwerte der drei grossen Bernerseen und des Murtensees aus den Monaten Juli - Oktober der Jahre 1997 - 2007 bzw. 1999 - 2007 (MUR). Maximal- und Minimalwert jedes Sees aus dieser Periode sind als schwarze Querbalken dargestellt

| Totensee, Artenliste Phytoplankton | | Probenahmedaten | | | | | |
|------------------------------------|--|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Algengruppe | Artname | 20.07.07 | 14.08.07 | 03.09.07 | 14.09.07 | 27.09.07 | 19.10.07 |
| Cyanophyceae | Aphanothece clathrata/sp.var. brevis | x | | | | | |
| Cyanophyceae | Cyanobium plancticum / sp. | x | | x | x | x | x |
| Cyanophyceae | Phormidium sp. (< 3 µm) | | | | | | x |
| Cyanophyceae | Pseudanabaena catenata | | | | | x | x |
| Cyanophyceae | Pseudanabaena limnetica | | x | x | | | |
| Cyanophyceae | Rhabdogloea sp. (<2µm) | x | | | | | |
| Cyanophyceae | Snowella litoralis | x | | | | | |
| Cyanophyceae | Synechococcus sp. | x | x | | | | |
| Chrysophyceae | Bicosoeca petiolata | | x | | | | |
| Chrysophyceae | Chrysamoeba sp. | x | | | | | |
| Chrysophyceae | Chrysophyteen Zysten | x | x | | | x | x |
| Chrysophyceae | Dinobryon sociale | x | | | | | |
| Chrysophyceae | Dinobryon Zysten | x | | | | | |
| Chrysophyceae | kalebassenförmige Flagellaten (<10µm) | | | | | x | x |
| Chrysophyceae | Mallomonas sp. (klein) | | | x | x | x | x |
| Chrysophyceae | Mallomonas tonsurata / var. alpina | | | | x | | x |
| Chrysophyceae | Monosiga varians / sp. | | | | x | x | x |
| Chrysophyceae | runde Flagellaten mit wabenartiger Schale | | | | | x | x |
| Chrysophyceae | Spumella sp. (<11 µm) | x | | | | | x |
| Chrysophyceae | Spumella sp. (>11 µm) | x | x | | | | x |
| Chrysophyceae | Synura sp. | x | x | x | x | x | x |
| Chrysophyceae | unbestimmte Flagellaten (< 11 µm) | x | x | x | x | x | x |
| Chrysophyceae | unbestimmte Flagellaten (< 5 µm) | x | x | x | x | x | x |
| Chrysophyceae | Zyste mit stöpselartigen Aufsätzen | | | | | | x |
| Bacillariophyceae | Cymbella sp. | | x | | | | |
| Bacillariophyceae | Fragilaria berolinensis | | | | | | x |
| Bacillariophyceae | Fragilaria capucina (rumpens-Sippe) | x | | | | x | |
| Bacillariophyceae | Fragilaria crotonensis | | x | | | | |
| Bacillariophyceae | Navicula sp. | x | | | | | |
| Bacillariophyceae | Nitzschia sp. (klein) | | | x | | | |
| Bacillariophyceae | Tabellaria fenestrata | | | | x | | x |
| Haptophyceae | Chrysochromulina parva | | | | x | | |
| Dinophyceae | Gymnodinium lantzschii | x | | | | | |
| Dinophyceae | Gymnodinium sp. (< 12 µm) | x | | x | x | x | x |
| Dinophyceae | Gymnodinium uberrimum | x | x | x | x | x | x |
| Dinophyceae | Gymnodinium uberrimum (helle Form) | | | | x | x | x |
| Dinophyceae | Gymnodinium Zysten (klein, < 36 µm) | x | x | | | | |
| Dinophyceae | Peridinium umbonatum | | | x | | | |
| Cryptophyceae | Cryptomonas erosa | x | x | | x | x | x |
| Cryptophyceae | Cryptomonas erosa / ovata | x | x | x | x | x | x |
| Cryptophyceae | Katablepharis ovalis | x | | | x | x | x |
| Cryptophyceae | Rhodomonas lens | | | x | | | |
| Cryptophyceae | Rhodomonas minuta var. nannoplanctica | | x | | | | |
| Chlorophyceae | µ-Algen | x | x | | | x | x |
| Chlorophyceae | Chlamydomonas epibiotica | x | | | | | |
| Chlorophyceae | Monoraphidium griffithii | x | x | | | x | x |
| Chlorophyceae | Monoraphidium minutum | | | | | | x |
| Chlorophyceae | Monoraphidium tortile | | | | | x | |
| Chlorophyceae | Paulschulzia sp. | | | x | x | x | x |
| Chlorophyceae | Siderocelis ornata | x | | | | | |
| Chlorophyceae | Ulothrix sp. | x | | | | | |
| Conjugatophyceae | Teilingia sp. | x | x | x | x | | |
| Xantho- od. | unbekannte Kleinalge ohne Geisseln (< 5µm) | | x | x | x | x | x |



Gymnodinium sp. (100 x)



Teilingia sp. (400 x)



Gymnodinium uberrimum (400 x)



100 x