



Fakultät für Informationsmanagement und Medien

**Die Untersuchung der vergangenen,  
(gegenwärtigen) und zukünftigen  
limnologischen Entwicklung des  
Ammersees wäre ohne  
Umweltinformatik nicht vorstellbar!**

**Mark Vetter, Stefan Weinberger, Thomas Büche**



# Inhalt

## 1.) Einleitung

LAGO-Projekt: Untersuchung der Veränderungen von Wärme- und Stoffhaushalt des Ammersees im Laufe der Zeit

## 2.) Methodik

Projektgesamtansatz: Kalibrierung eines Wärmehaushaltsmodells zur Modellierung der zukünftigen Verhältnisse

## 3.) Ergebnisse

Vergangene und gegenwärtige Entwicklung der thermischen und stofflichen Eigenschaften des Sees

Darstellung möglicher, limnologischer Szenarien zur künftigen Entwicklung des Ammersees

## 4.) Schlussfolgerungen





## LAGO-Projekt

### Limnologische Auswirkungen des Globalen Wandels – Teilprojekt Ammersee (2007-2009, 2te Förderungsphase: 2011-2014)

Projekt angesiedelt am:  
Department für Geographie der  
LMU München

finanziert durch:  
–Bayerisches Landesamt für Umwelt / Bayerisches  
Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und  
Verbraucherschutz

LAGO Homepage:  
[www.lago.geographie.uni-muenchen.de](http://www.lago.geographie.uni-muenchen.de)





## Ziele LAGO

LAGO-Projekt (Limnologische Auswirkungen des Globalen Wandels in Oberbayern – Teilprojekt Ammersee)

-Fortführung/Verbesserung der Kalibrierung eines Wärmehaushaltsmodells

-Validierung des Wärmehaushaltsmodells

-Aufbereitung der Daten des regionalen Klimamodells als Eingangsdaten für die Seemodellierung

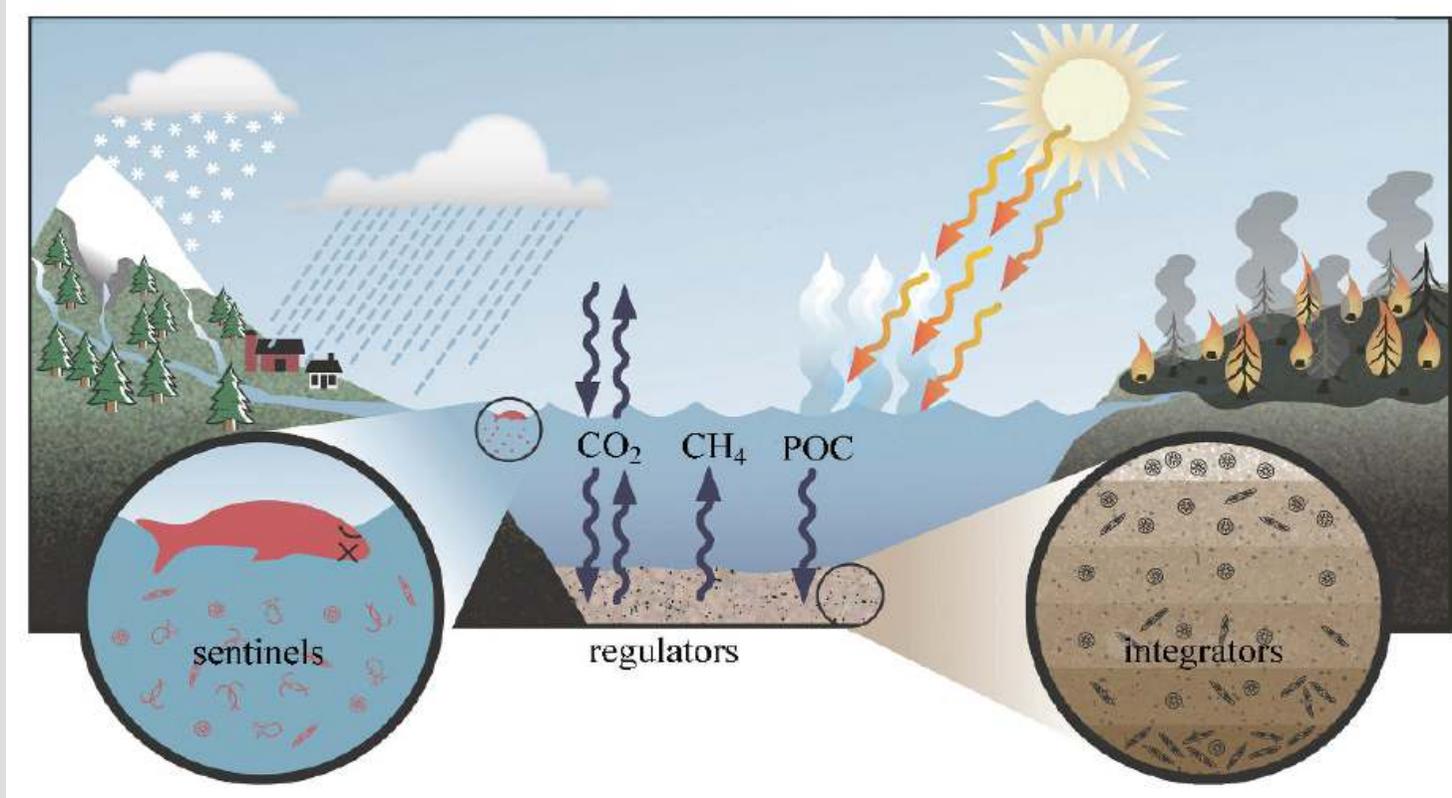
-Koppelung des Wärmehaushaltsmodells mit dem Ökosystemmodell für Seen

-Erstellung von Szenarien für die mögliche, zukünftige (ökologische) Entwicklung des Gewässers auf Basis der Modellierungsergebnisse





## Grundüberlegung



### Seen als

**Indikatoren**  
für gegenwärtige  
Klimaverhältnisse,

**Steuergrößen**  
für künftige  
Klimaverhältnisse,

**Archive**  
vergängerer  
Klimaverhältnisse.

WILLIAMSON et al. 2009



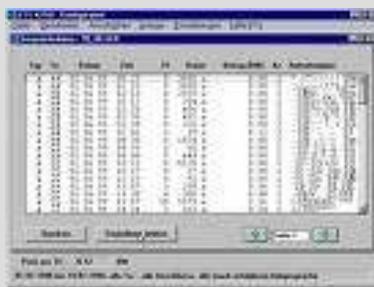
## Ausgangsfragestellungen

- Wie lassen sich die Auswirkungen und Zusammenhänge eines sich verändernden Klimas im Binnengewässer feststellen?
- Wie groß ist die Dimension dieser mutmaßlichen Veränderungen?
- Welche weitergehenden ökologischen Folgen hat ein höherer Wärmeinhalt eines Sees?
- Lassen sich untersuchungsgebietsbezogen weitere, anthropogene Beeinflussungen im EZG in Bezug zur Limnologie eines Sees feststellen?
- Wie ist das Verhältnis eines autochthonen, anthropogenen Einflusses im EZG gegenüber einem möglichen übergeordneten, atmosphärischem Einfluss?

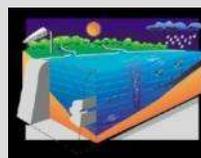


## Methodik

### Modellierung des Wärmehaushaltes eines Gewässers



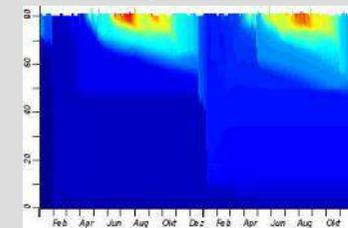
Past heat content



DYRESM



Current heat content



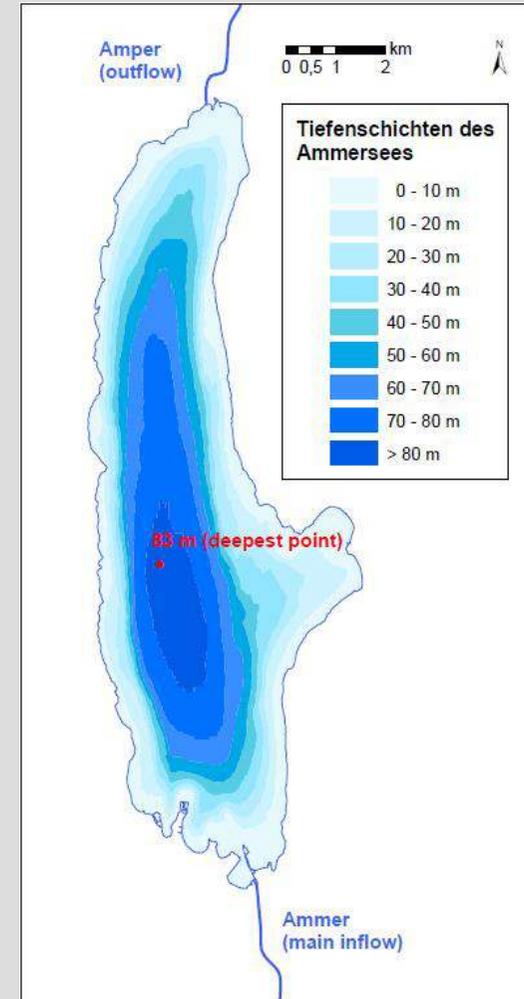
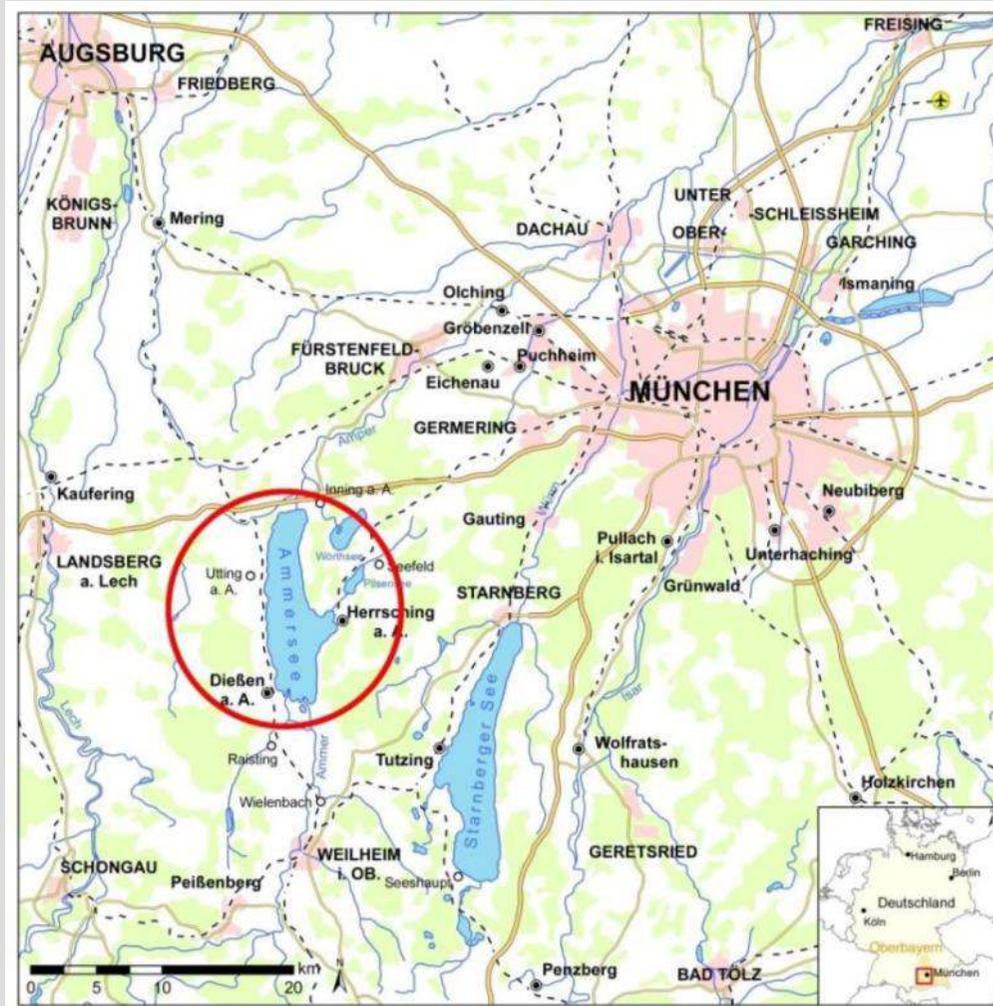
2041 2050

Future heat content

Time/ Intensity of Climate Change Impacts



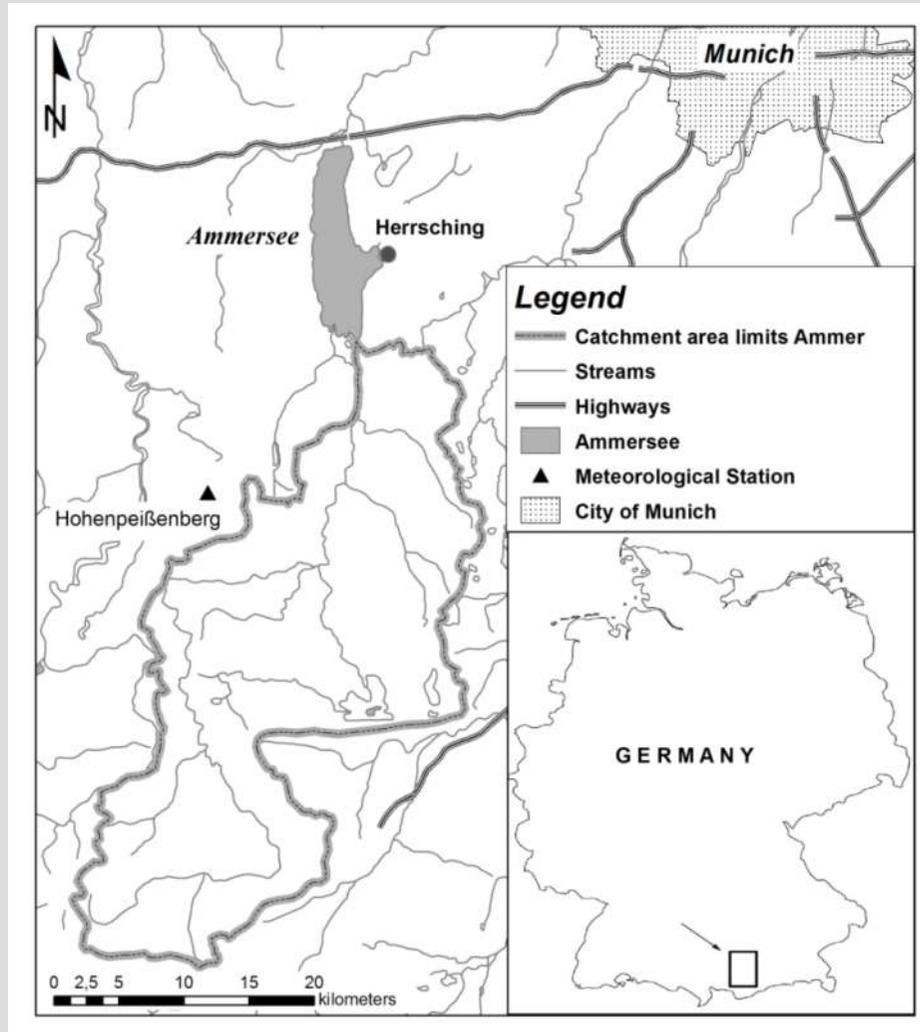
## Untersuchungsraum



[www.lago.geographie.uni-muenchen.de\(2014\)](http://www.lago.geographie.uni-muenchen.de(2014))



## Study Area

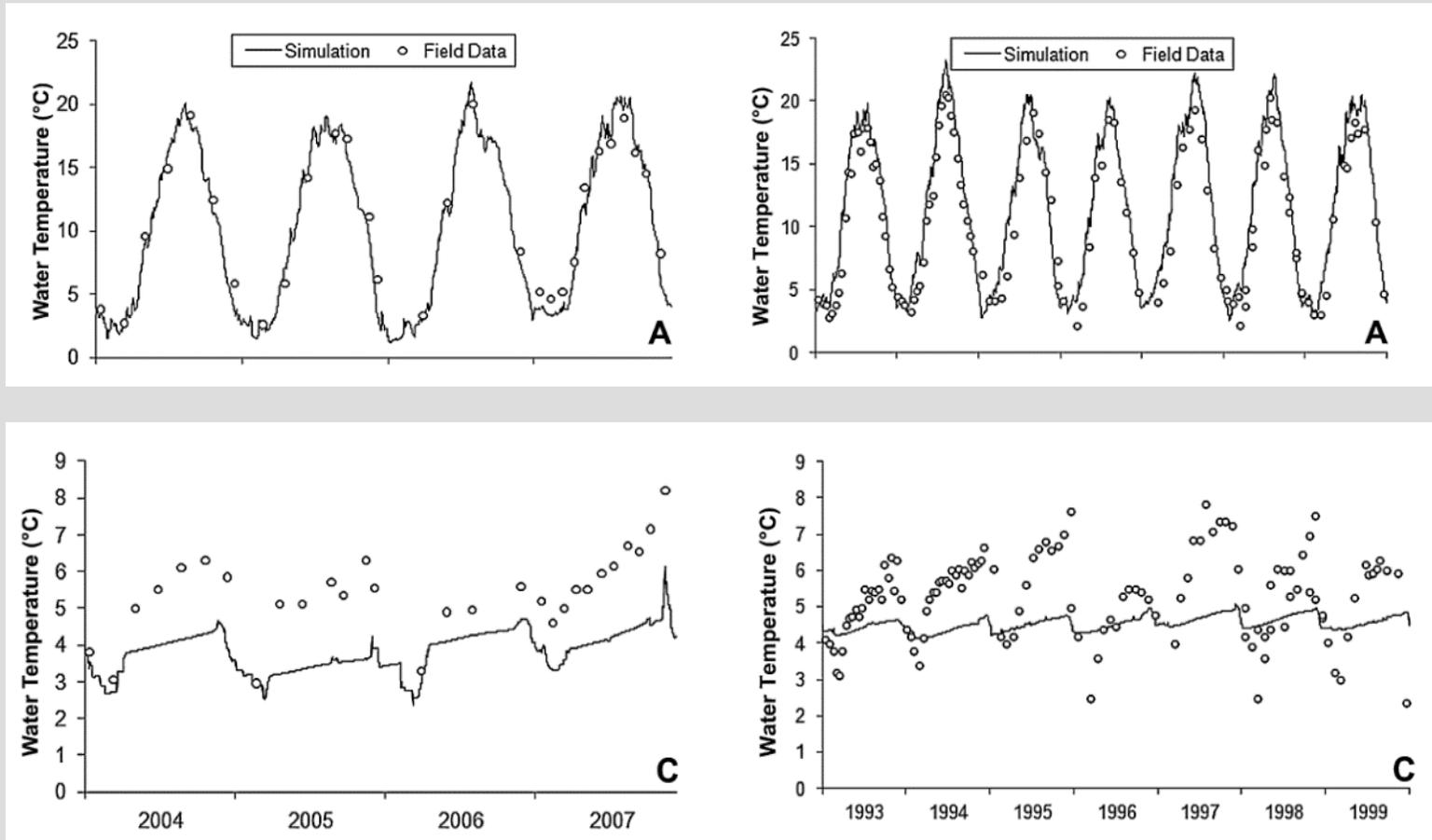


<b>Kind of origin</b>	Glacialmorpho-logic
<b>Geographic coordinates, lowest point</b>	47° 59' 31" N, 11° 07' 12" E
<b>Mean altitude [m a.s.l.]</b>	532.9
<b>Volume [m<sup>3</sup>]</b>	1750.01 x 10 <sup>6</sup>
<b>Mean depth [m]</b>	37.55
<b>Maximum depth [m]</b>	81.1
<b>Mixing type</b>	dimictic
<b>Water renewable time [year]</b>	2.65
<b>Catchment area [km<sup>2</sup>]</b>	993
<b>Lake area/basin area</b>	20
<b>Length lakeside [km]</b>	43
<b>Surface area [km<sup>2</sup>]</b>	46.6
<b>Discharge mean main inflow Ammer [m<sup>3</sup>sec<sup>-1</sup>]</b>	16.5
<b>Discharge mean main outflow Amper [m<sup>3</sup>sec<sup>-1</sup>]</b>	21.0

Vetter & Sousa, FAL (2012)



## Kalibrierung und Validierung des limno-physikalischen Modells

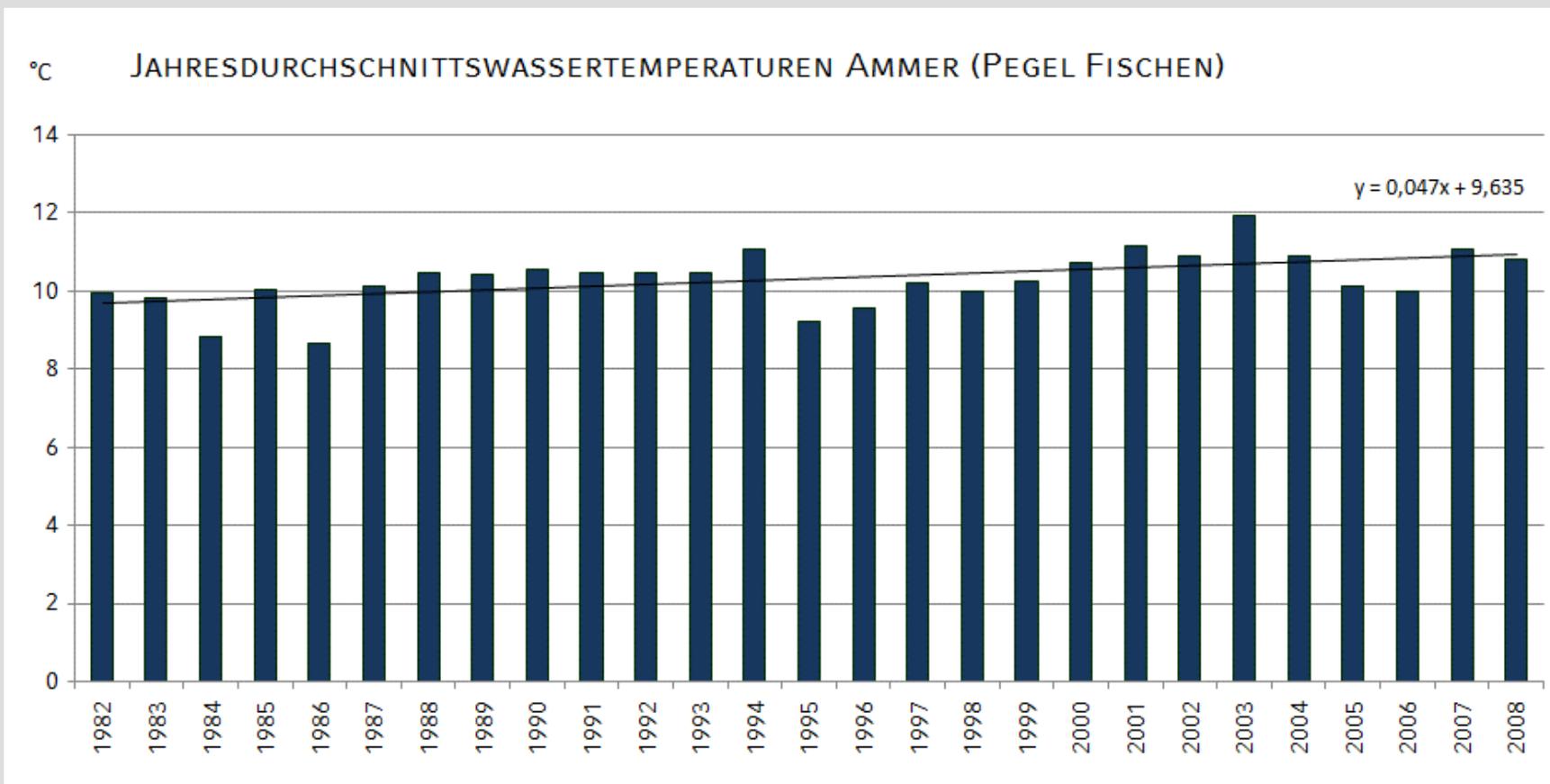


S. WEINBERGER, M. VETTER / Ecological Modelling 244 (2012) 38–48



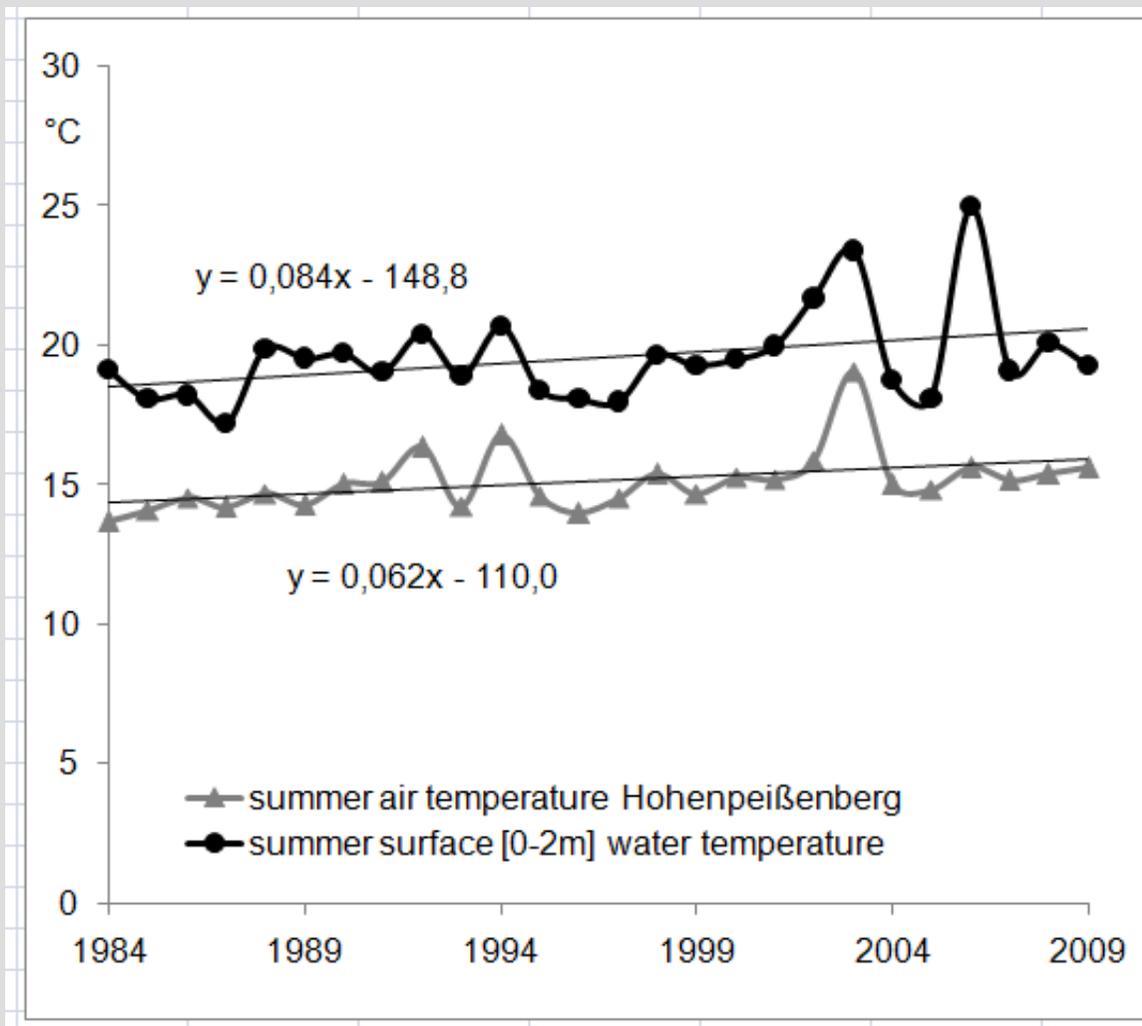
## Wassertemperaturentwicklung

### Steigende Wassertemperaturen Zufluss



Vetter & Sousa (2012)

## Wassertemperatur Epilimnion Sommer

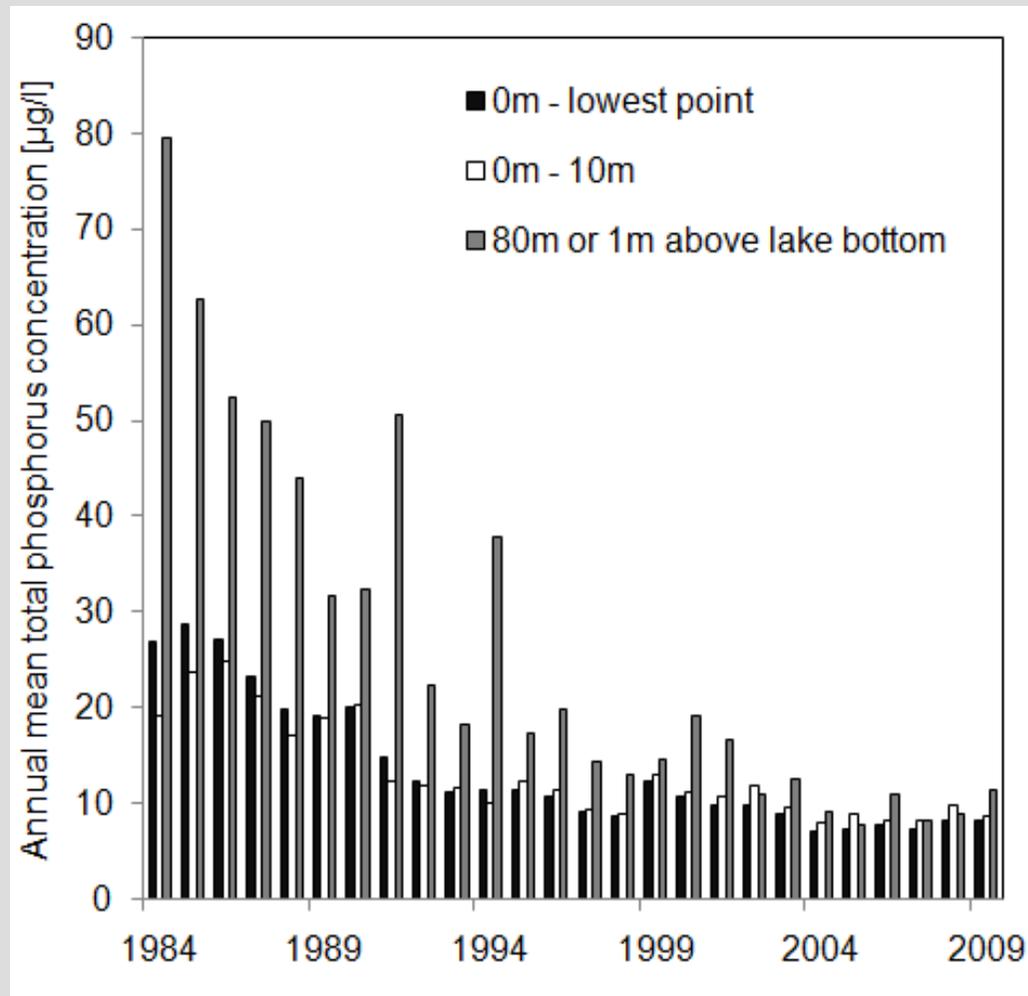


Vetter (2010)





## Nährstoffe (Gesamtphosphor)



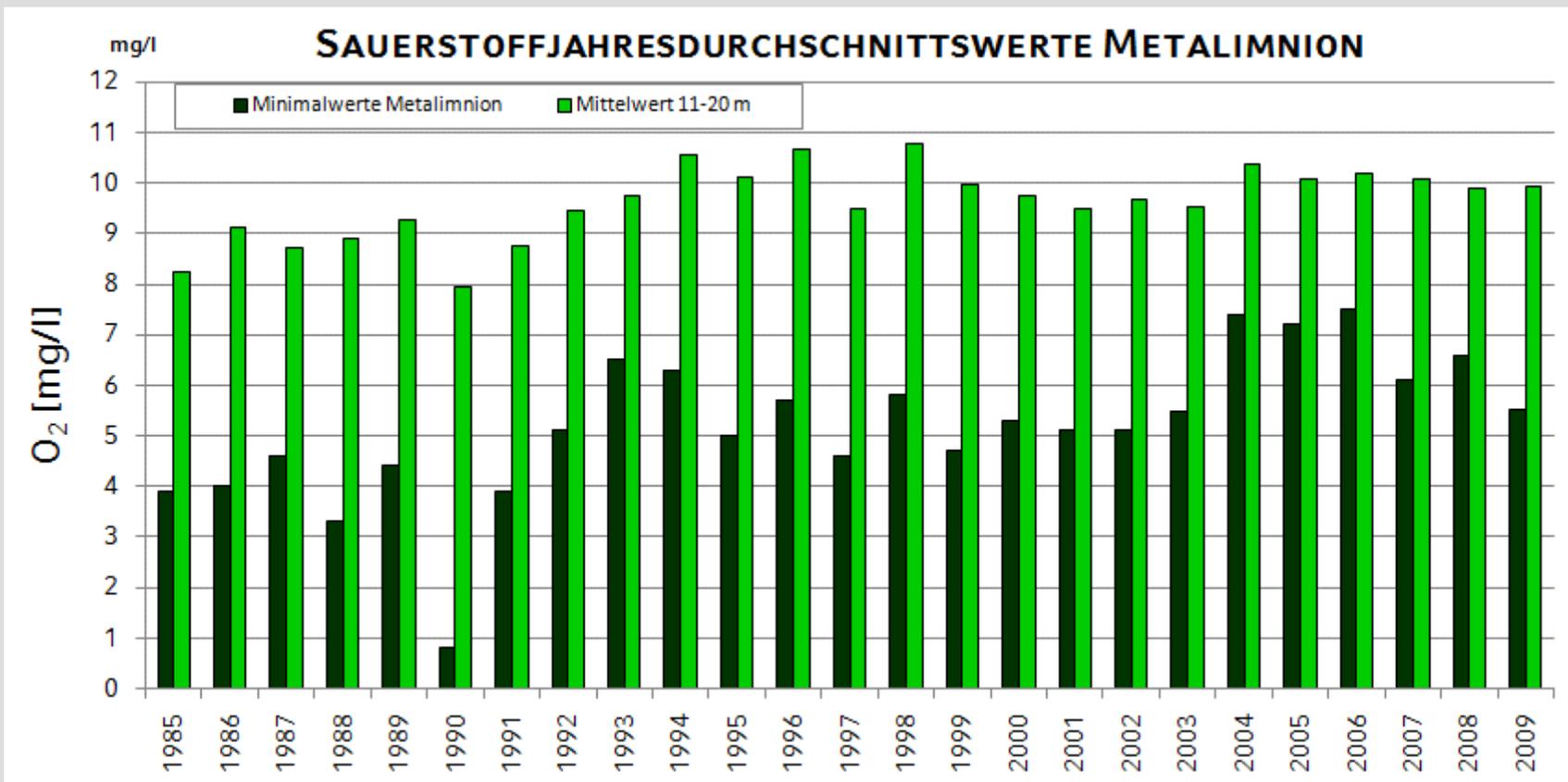
Vetter & Sousa (2012), Datenquelle: LfU Bayern





## Sauerstoffverhältnisse

### Sauerstoffentwicklung

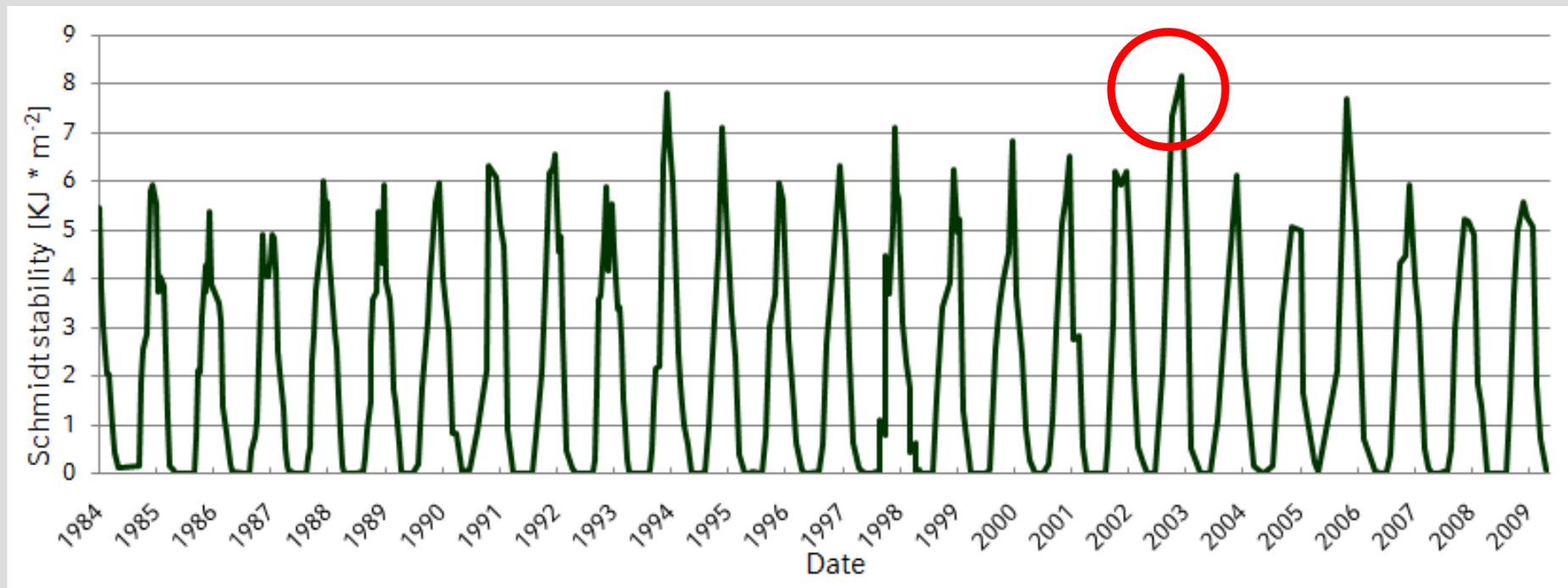


Datenquelle: LAGO-Projekt, eigene Berechnungen, LfU Bayern



## Ergebnisse

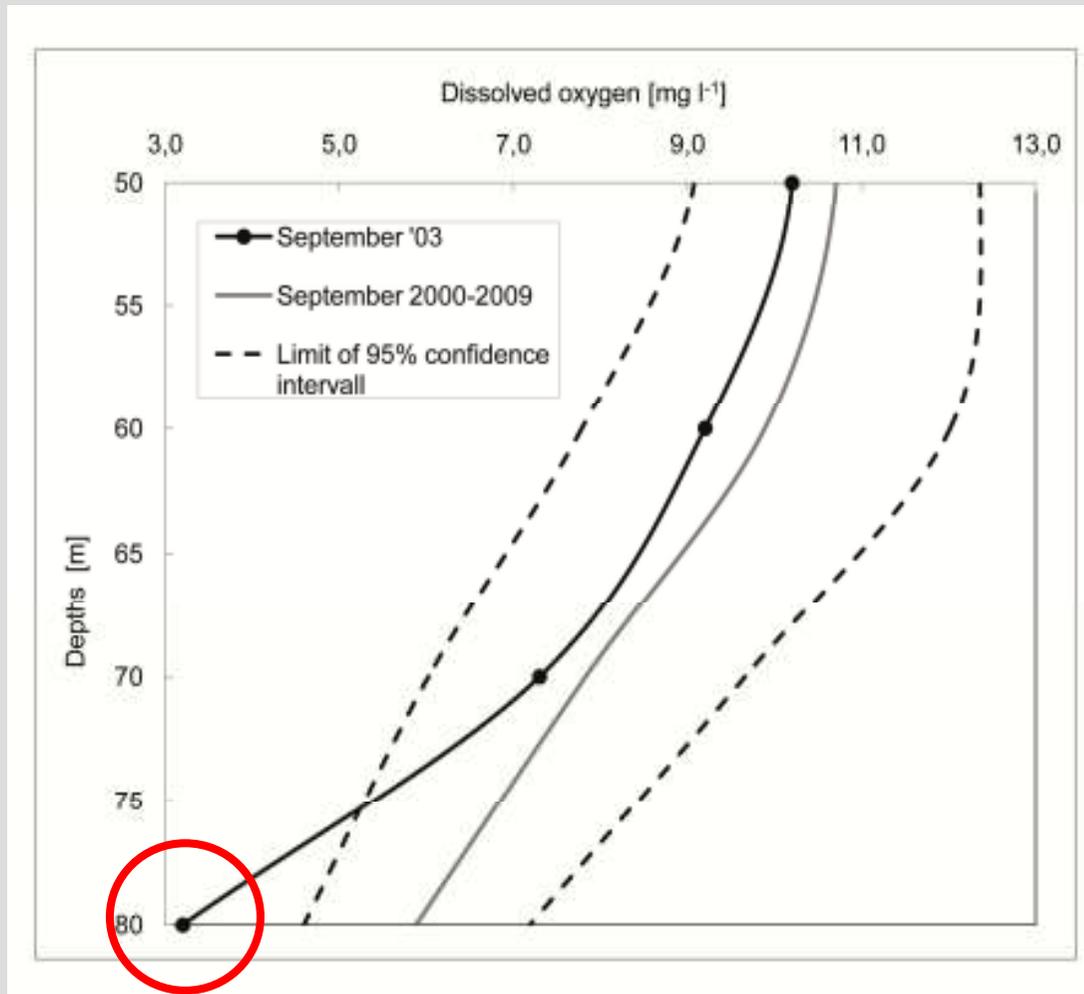
### Schichtungsstabilität



Vetter, Aguillar Alba, Mena Berrios, Perez Martinez (2010)



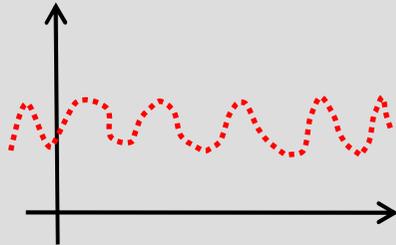
## Sauerstoff im Hypolimnion



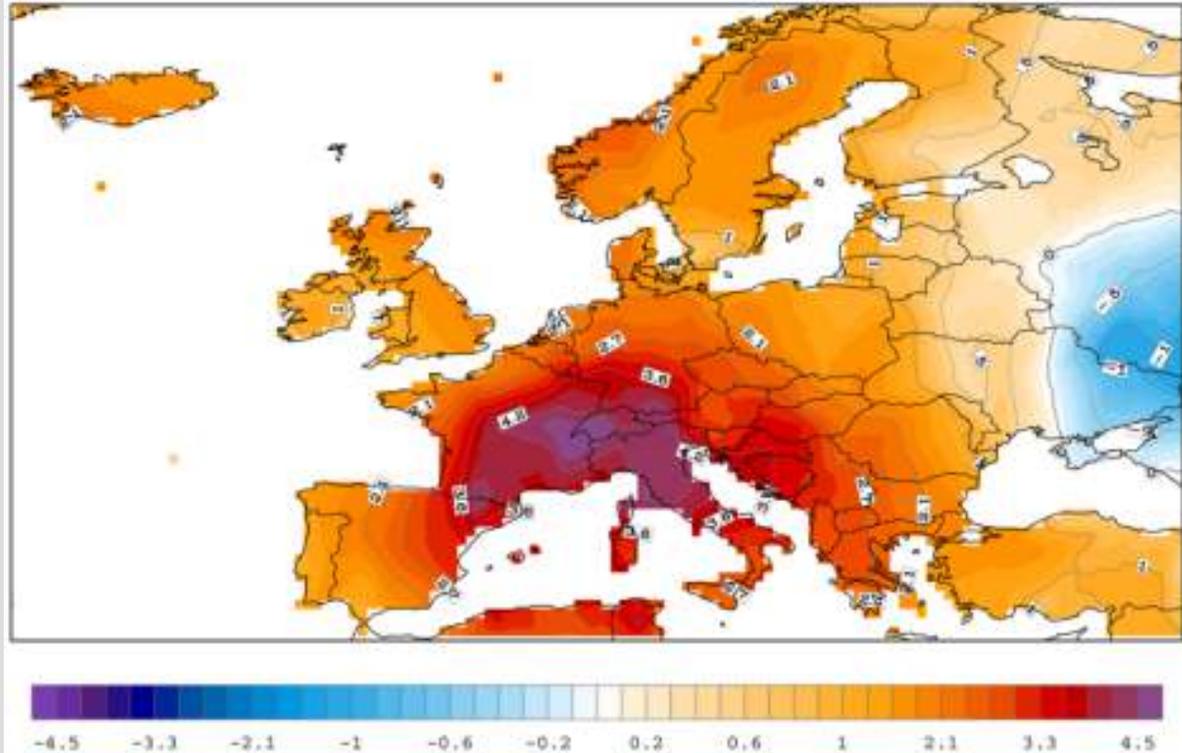


## Mögliche Szenarien

### Limnologische Szenarien Ammersee



2003 Summer temperature anomaly



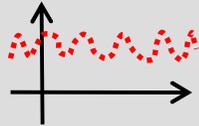
**Szenario 1 – Trend-Szenario**  
Witterungs- und anthropogene  
Eintragsverhältnisse bleiben  
im Schwankungsbereich des  
vorletzten Jahrzehnts

**Szenario 2 – Zunahme von  
Extremereignissen wie Hitze  
und Trockenheit**

**Szenario 3 – Zunahme von  
Extremereignissen wie Hitze  
und Trockenheit + einzelner  
Starkregenereignisse im EZG**

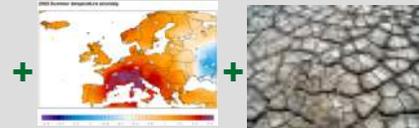


## Mögliche Szenarien



### Szenario 1 (Trend-Szenario)

-Stabilisierung des  
mesotrophen  
Zustandes



### Szenario 2

-Zunahme  
Schichtungsstabilität  
-Sauerstoffzehrung  
Tiefe zunehmend  
-Verminderter Eintrag  
von Sauerstoff in die  
Tiefe  
-Nährstoffrücklösung  
aus dem Sediment  
-Verschlechterung der  
Trophie



### Szenario 3

-Verstärkte Mobilisie-  
rung von Nährstoffen  
im Einzugsgebiet und  
Eintrag über Hoch-  
wasser  
-Verstärkte P-Frei-  
setzung aus dem  
Sediment  
-Mehr Nährstoffe im  
See  
-Verlangsamung / Stop  
der Reoligotrophierung



## Schlussfolgerungen 1/2

- Augenmerk auf Auswirkungen positiver Temperaturanomalien zu legen - mögliche Standardverhältnisse der Zukunft
- Bestimmte Zusammenhänge limnologischer Reaktionen auf Umweltveränderungen (Atmosphäre/Einzugsgebiet) zum Teil aus Untersuchung Vergangenheit klarer
- Reaktionen des Seeökosystems auf meteorologische Sondersituationen erkennbar, aber ohne längerfristige ökologische Konsequenz (ausreichende Resilienz des Systems)





## Schlussfolgerungen 2/2

- Einfluss Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität im EZG höher, als Einfluss eines sich verändernden Klimas
- Notwendigkeit permanenter Messungen limnologischer Parameter zur Verbesserung der Kalibrierung / Modellierung
- Kalibrierung des Wärmehaushaltsmodell verwendbar zur möglichen Abschätzung künftiger Seewärmehaushalts- und limnophysikalischer Zustände





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Ein besonderer Dank gilt den vielen  
Helferinnen und Helfern!