



# *Nährstofftrends und –bilanzen für den Altmühlsee und die Brombachseen - 20 Jahre Beobachtung -*

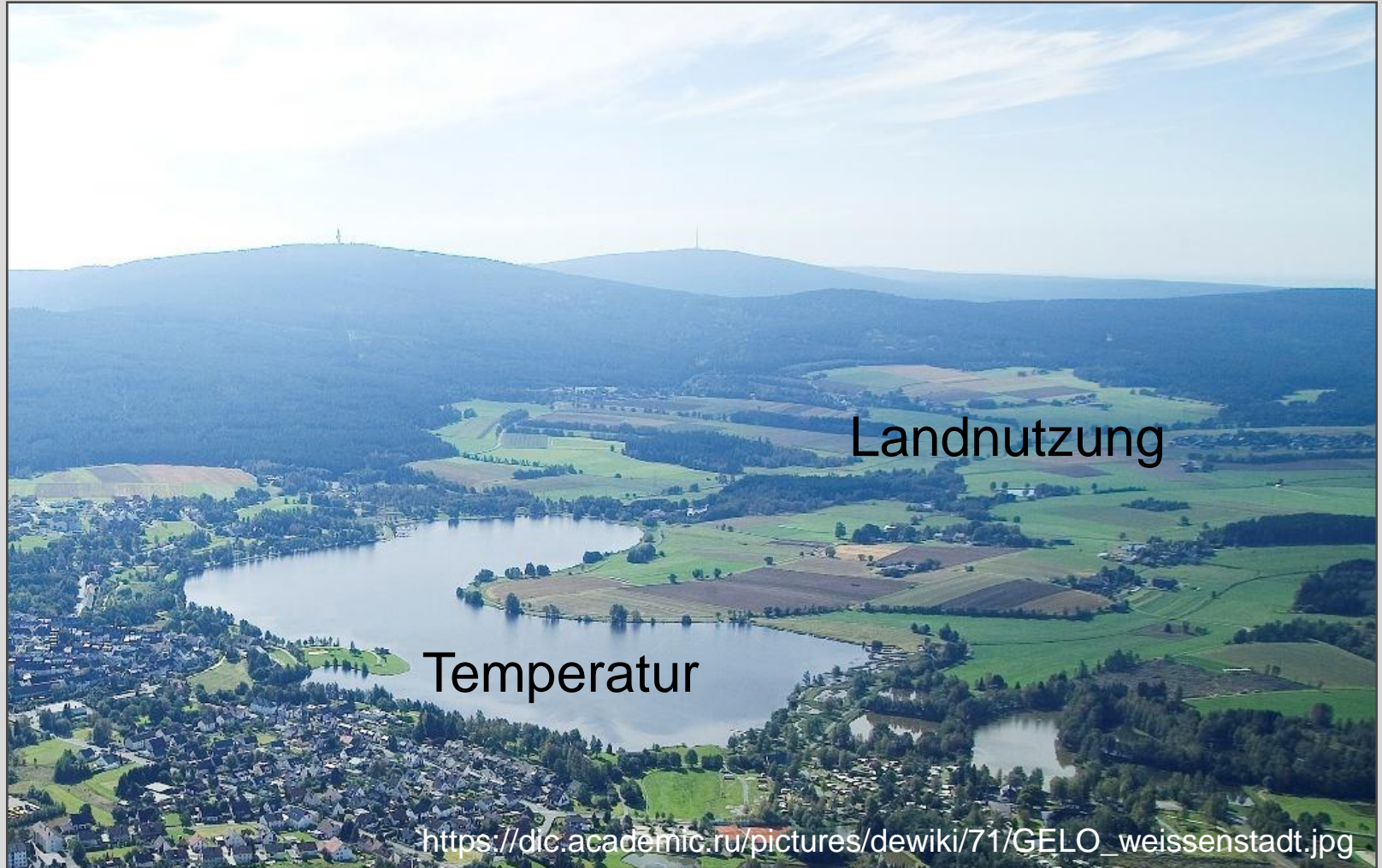
Stefan Peiffer<sup>1</sup>, Xingyu Liu<sup>1</sup>, Karel As<sup>1</sup>, Gabriele Trommer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hydrologie, BayCEER, Uni Bayreuth

<sup>2</sup>Wasserwirtschaftsamt Ansbach



# *Aquatische Ökosystem unter Stress*

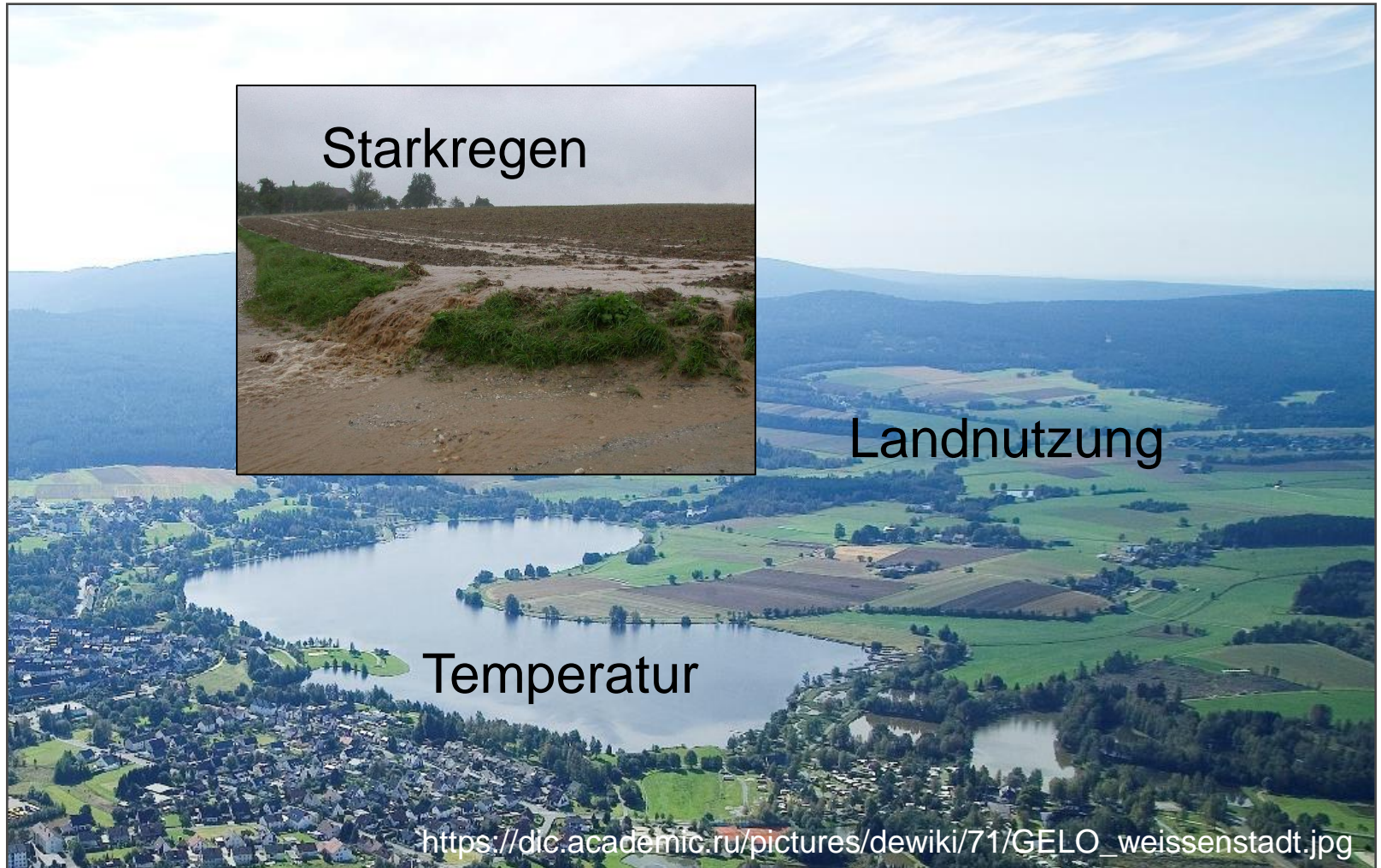


Landnutzung

Temperatur

[https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/GELO\\_weissenstadt.jpg](https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/GELO_weissenstadt.jpg)

# *Aquatische Ökosysteme unter Stress*



Starkregen

Landnutzung

Temperatur

[https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/GELO\\_weissenstadt.jpg](https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/GELO_weissenstadt.jpg)

# Systemantwort

Menü

**Frankenpost**

Meine Frankenpost **Region** Blaulicht Sport Politik Wirtschaft Panorama Unterhaltung

WAS GET APP

Frankenpost WhatsApp

Region > Fichtelgebirge > Wieder Blaualgen im Weißenstädter See

## Gefährlich, schleimige Masse Wieder Blaualgen im Weißenstädter See

Matthias Bäuml 12.08.2021 - 16:45 Uhr



<https://www.frankenpost.de>



[https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/CEI/O\\_weißenstädter.jpg](https://dic.academic.ru/pictures/dewiki/71/CEI/O_wei%C3%9Fenst%C3%A4dter.jpg)

Science, 2008

# *Der Altmühlsee ist nicht allein*

## **(Algen-) Blüten mögen es heiss!**

Zusammenhang zwischen der globalen Erwärmung und der weltweiten Ausbreitung der schädlichen Blaualgen-Blüten.

Gefährlich, schleimige Masse  
**Wieder Blaualgen im Weißenstädter See**

Matthias Bäumler 12.08.2021 - 16:45 Uhr



CLIMATE

## **Blooms Like It Hot**

Hans W. Paerl<sup>1</sup> and Jef Huisman<sup>2</sup>

A link exists between global warming and the worldwide proliferation of harmful cyanobacterial blooms.

Science, 2008

# *Der Altmühlsee ist nicht allein*

Article

## **Widespread global increase in intense lake phytoplankton blooms since the 1980s**

Nature, 2019

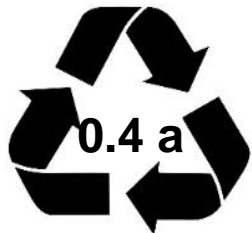
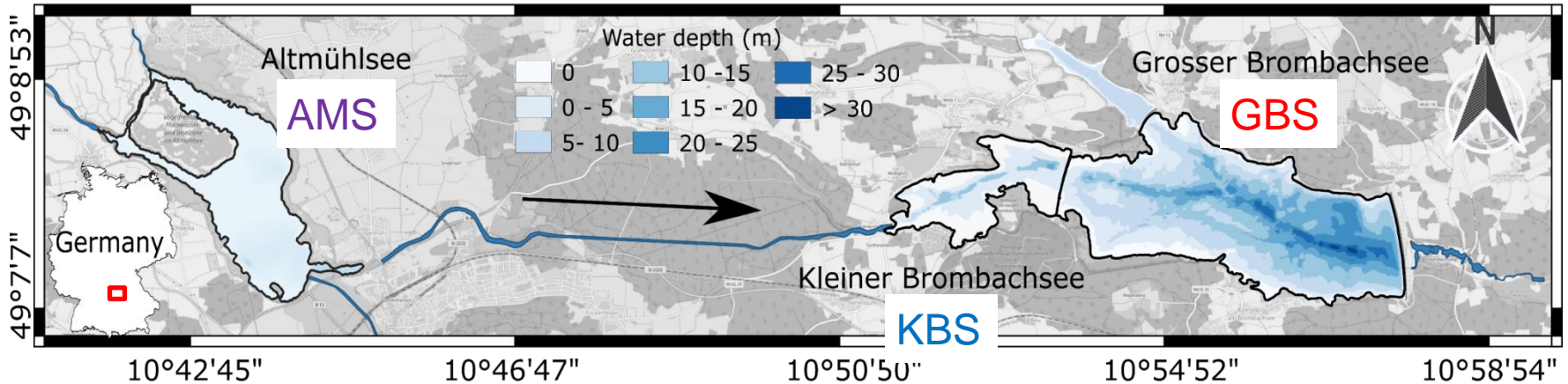
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1648-7>

Jeff C. Ho<sup>1,2\*</sup>, Anna M. Michalak<sup>1\*</sup> & Nima Pahlevan<sup>2,3,4</sup>

„Globale Zunahme intensiver Phytoplanktonblüten  
seit den 1980er Jahren“

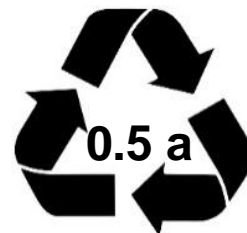
# Das Fränkische Seenland 20 Jahre intensives Monitoring

Altmühlsee **AMS**  
Kleiner Brombachsee **KBS**  
Großer Brombachsee **GBS**



**Hypertroph**

**Flach**



**Eutroph**

**Tief**



**Mesotroph**

**Tief**

# Nährstoff-Bilanzen

## Massiver Rückhalt von Nährstoffen im Altmühlsee

Einzugsgebiet  
Altmühl + Nesselbach

TP 11.8 t/a  
TN 270 t/a

Rückhalt **AMS**  
TP 7.3 t/a  
TN 174 t/a

Altmühl  
TP 1.7 t/a  
TN 29 t/a

Transfer  
TP 2.8 t/a  
TN 67 t/a

Rückhalt  
**Brombachseen**  
TP 2.3 t/a  
TN 57 t/a

Rheinsystem  
TP 0.5 t/a  
TN 10 t/a



# *Phosphor als ein Minimumelement*

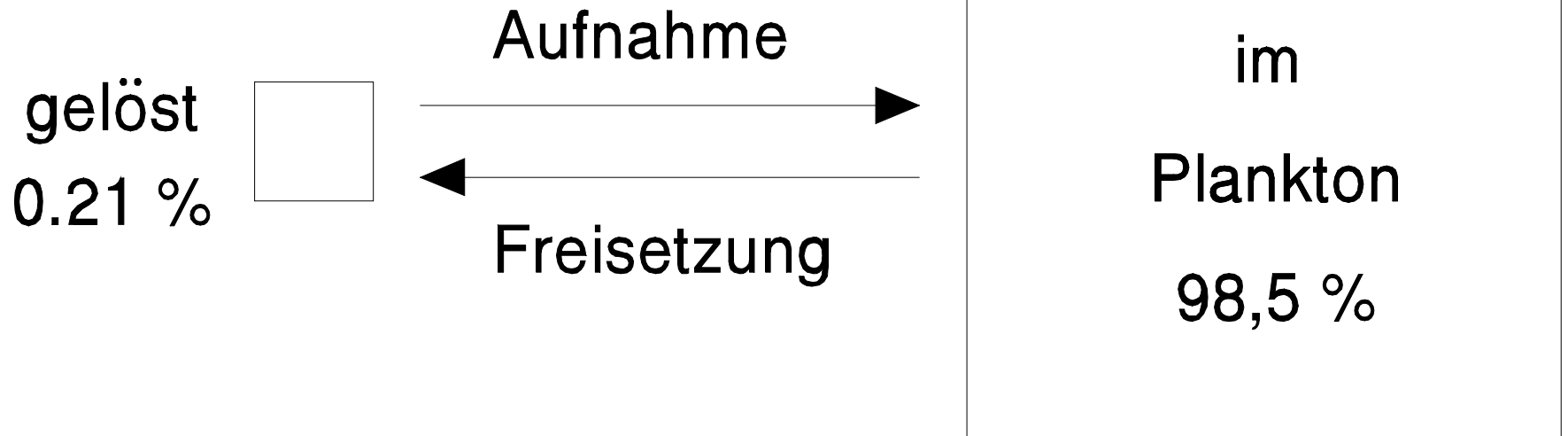


Experimentelle  
P-Düngung



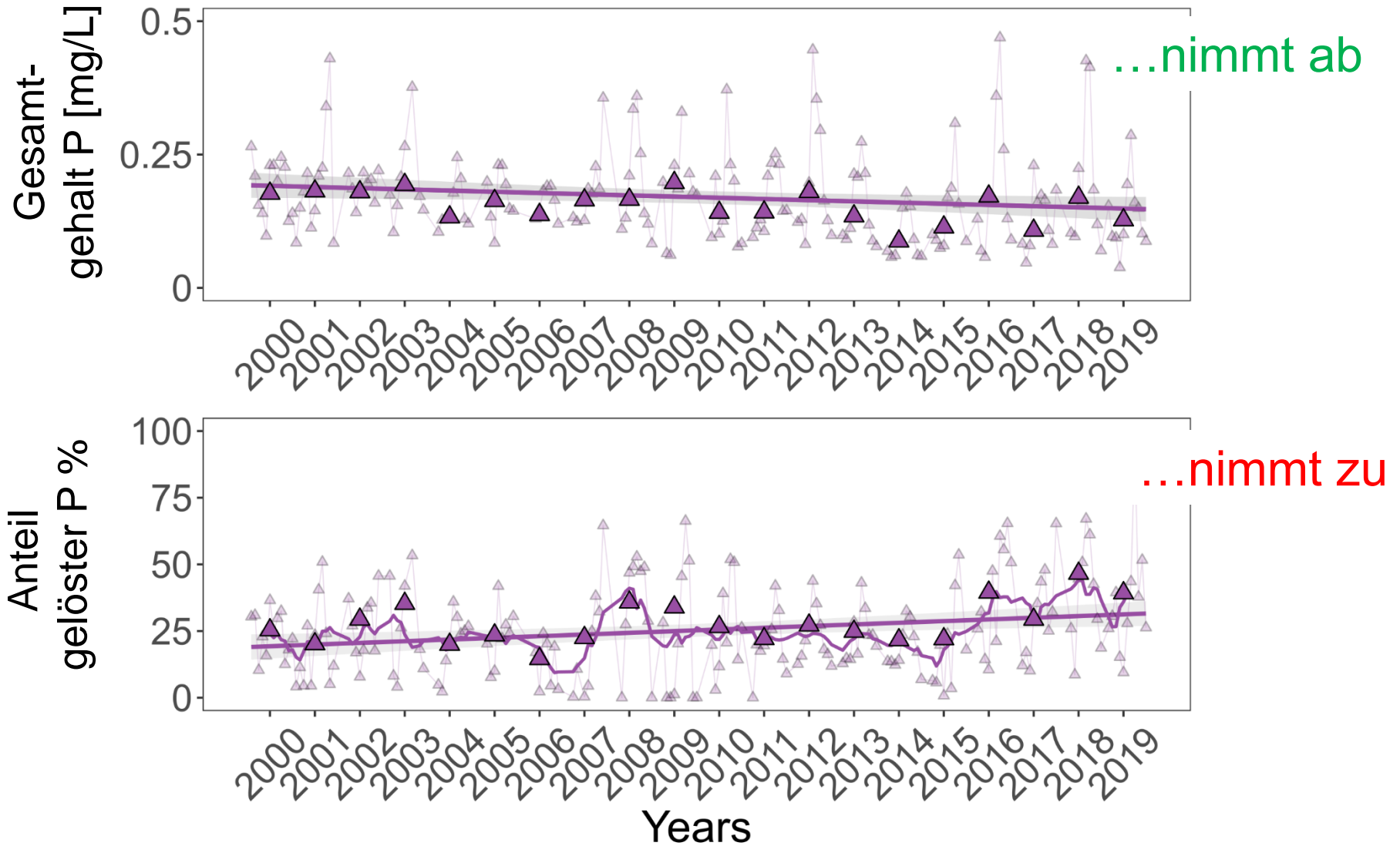
Kanada  
1970iger Jahre

# *Der meiste Phosphor steckt in der Alge*



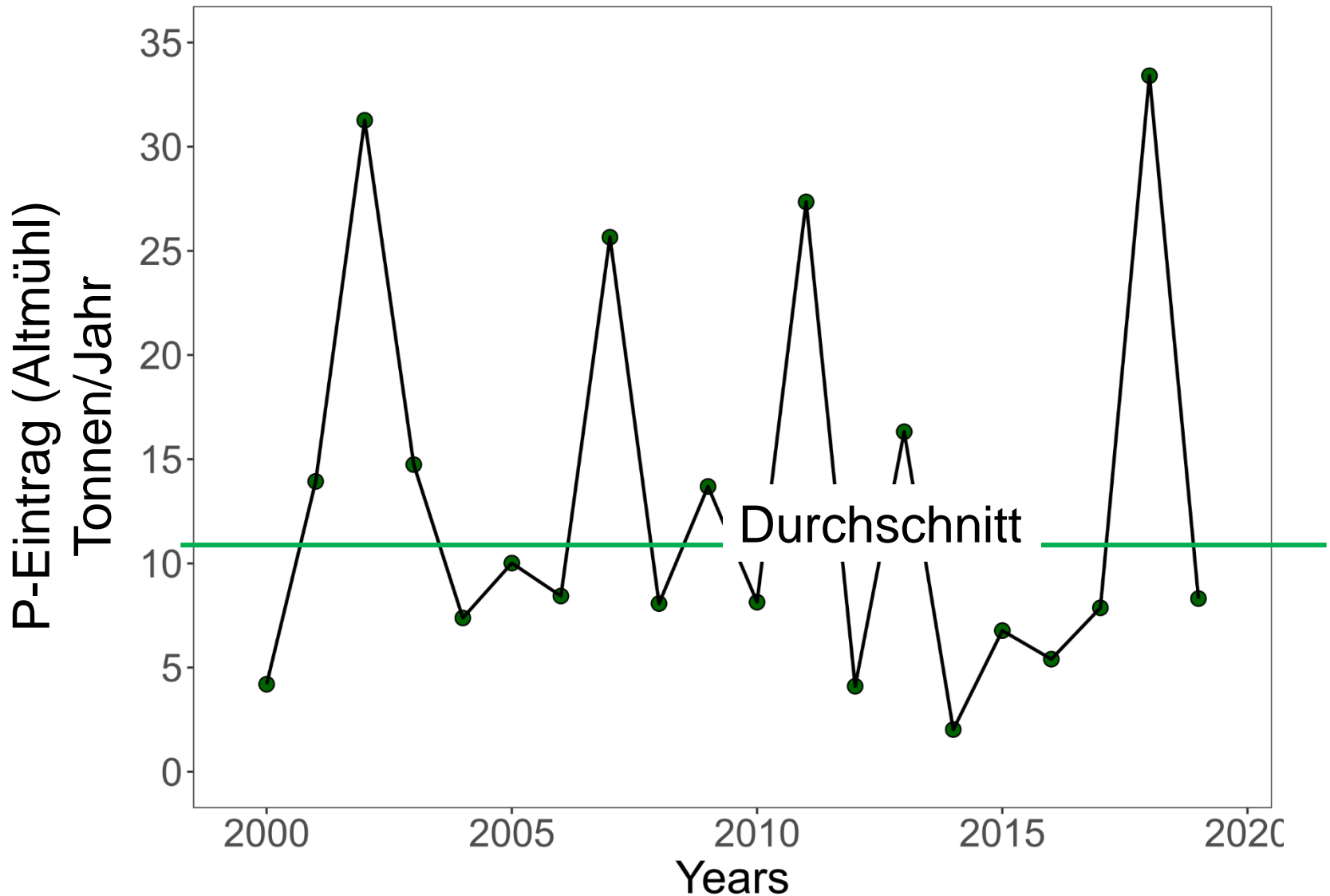
# Nährstofftrends im Altmühlsee

## Phosphor

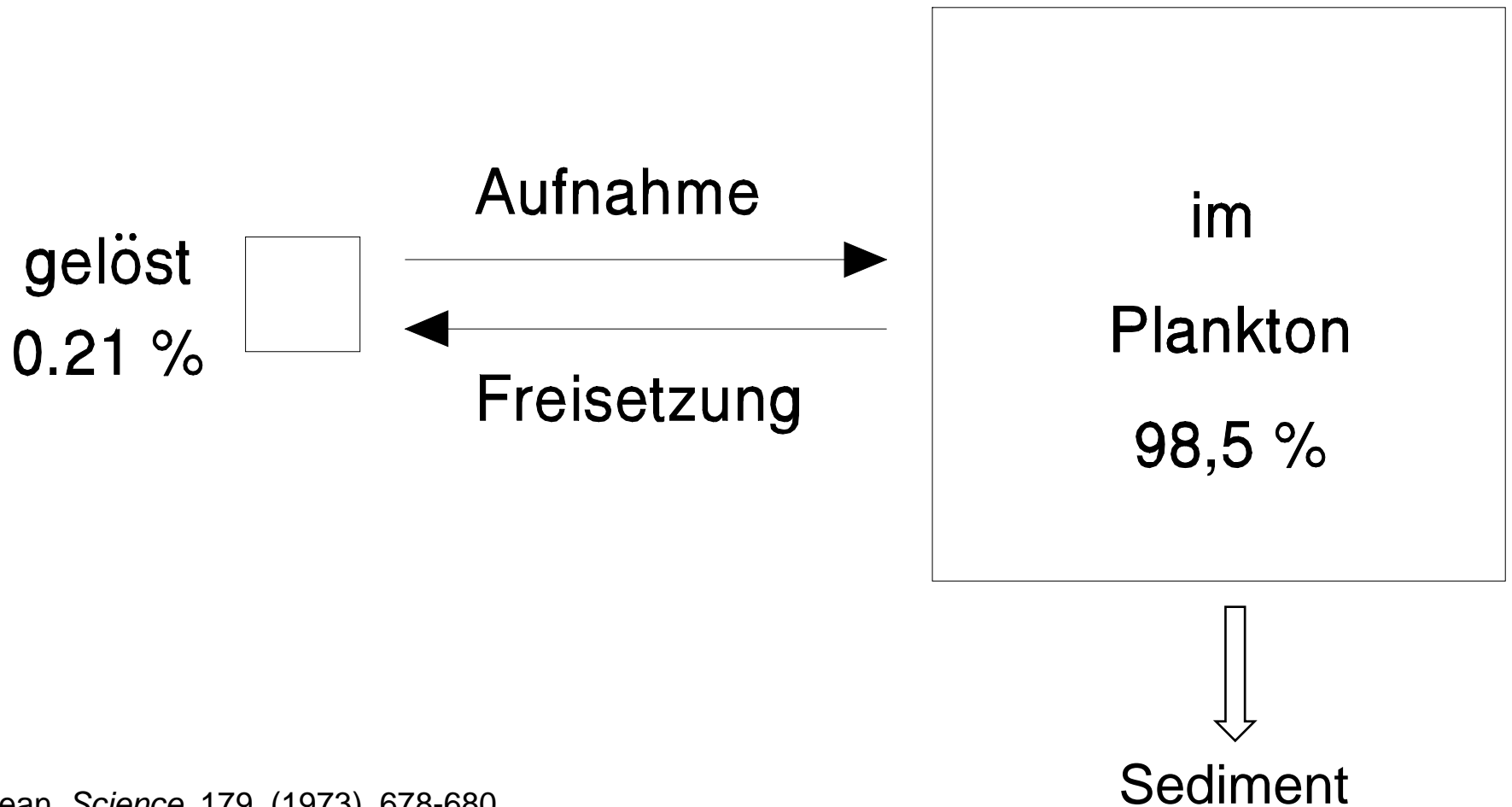


# *P-Frachten:*

*Keine Änderungen im Eintrag (bis 2019)*



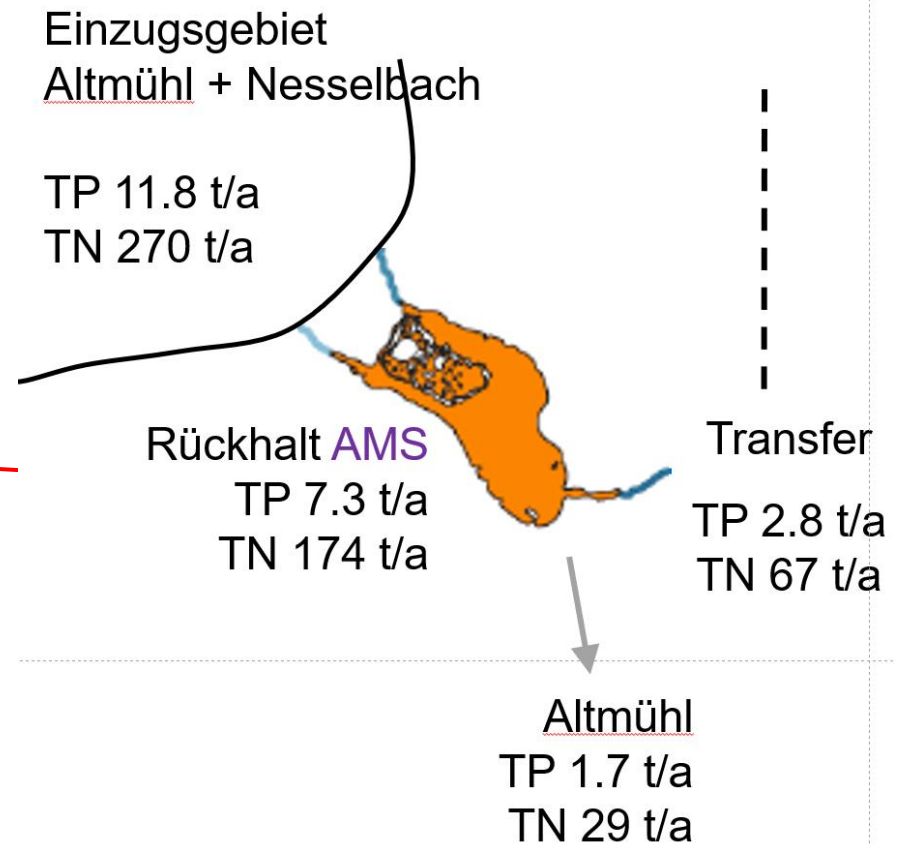
# *Phosphor sinkt mit den absterbenden Algen ins Sediment*



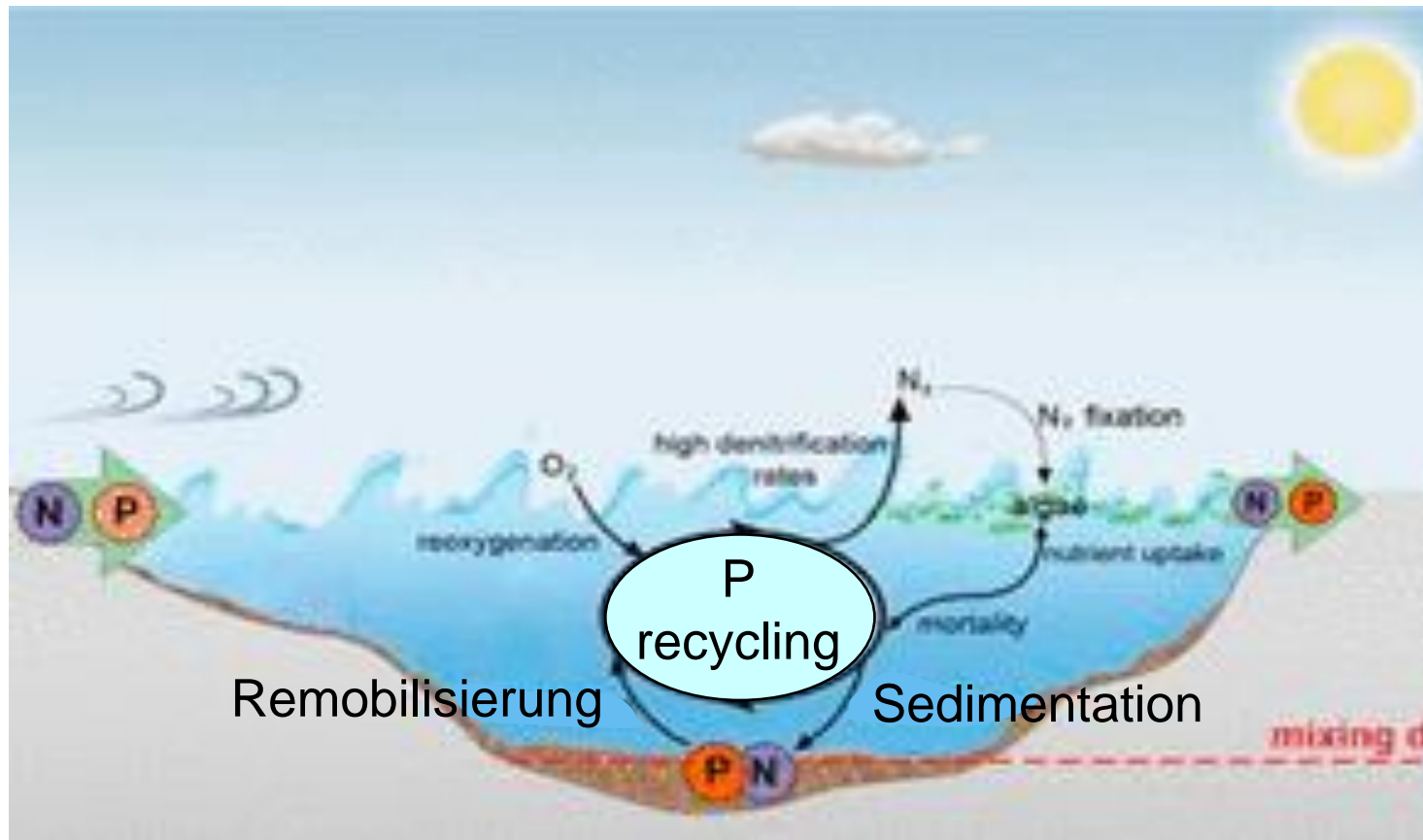
# Anreicherung von Phosphor im Sediment



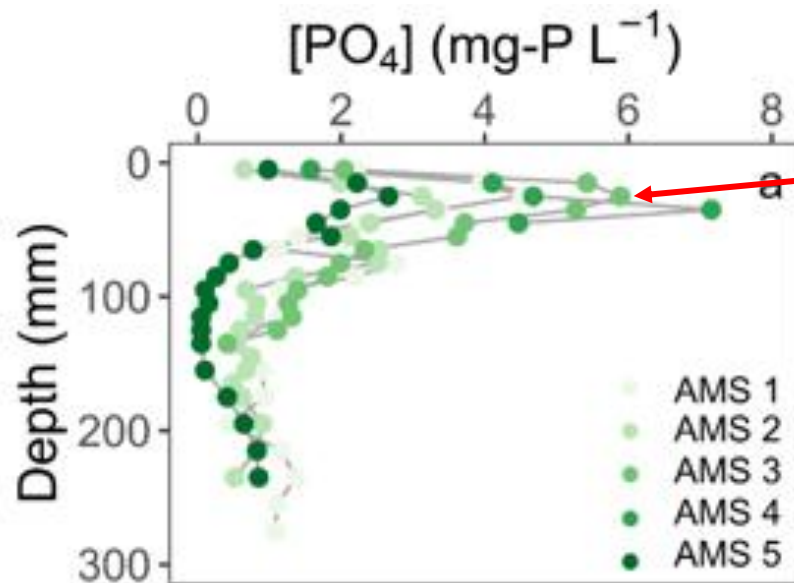
**Sediment**



# Sehr rasches P Recycling aus dem Sediment

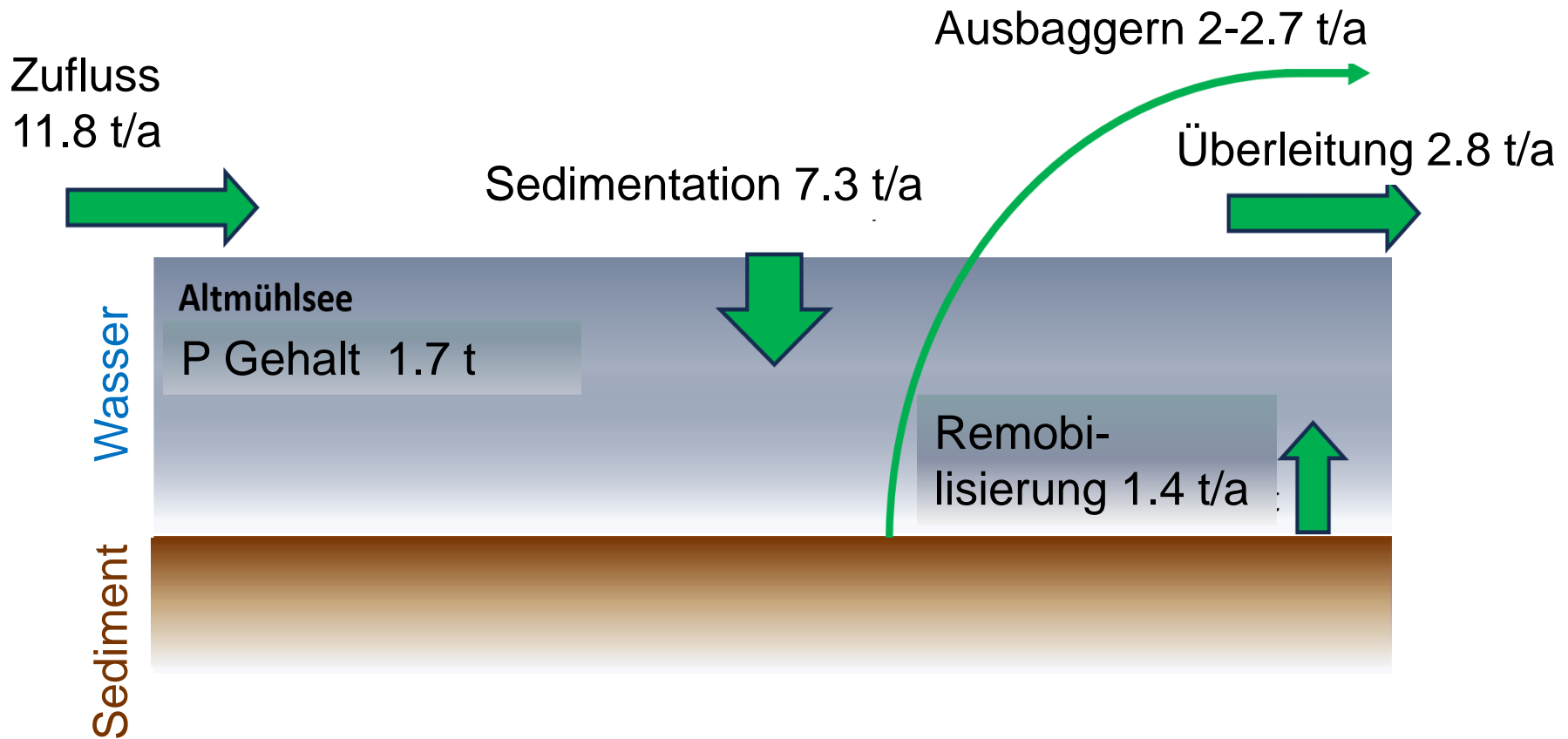


# *P-Rücklösung aus dem Sediment*

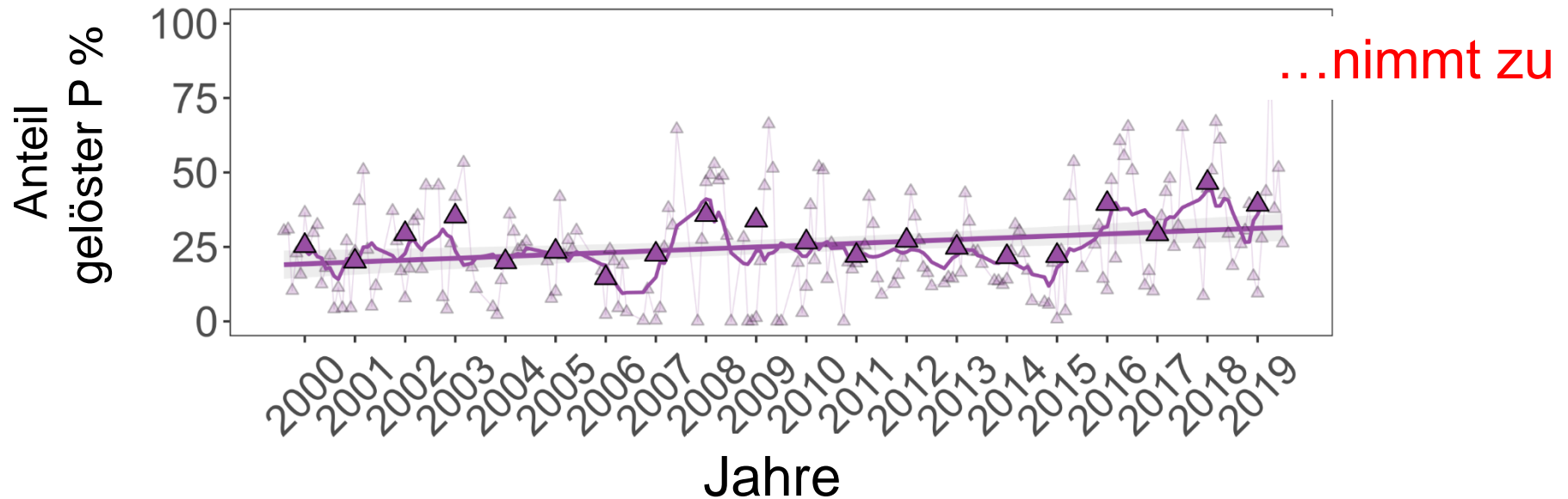




# P-Bilanz im Altmühlsee



# Ansteigende Remobilisierung von gelöstem P aus dem Sediment



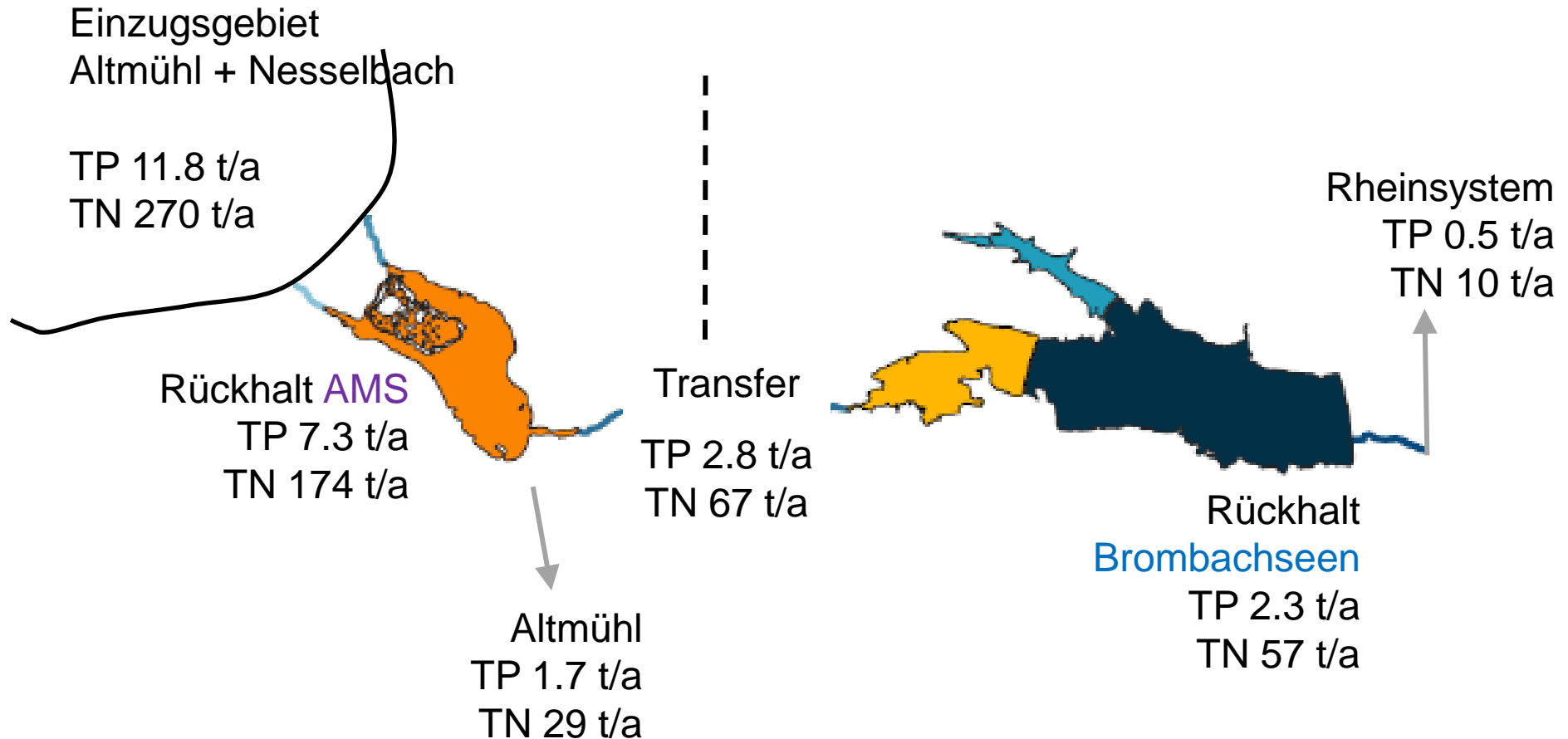
Temperatureffekte?

- Erhöhte Sauerstoffzehrung im Sediment
- Verringerung des P-Rückhalts im Sediment

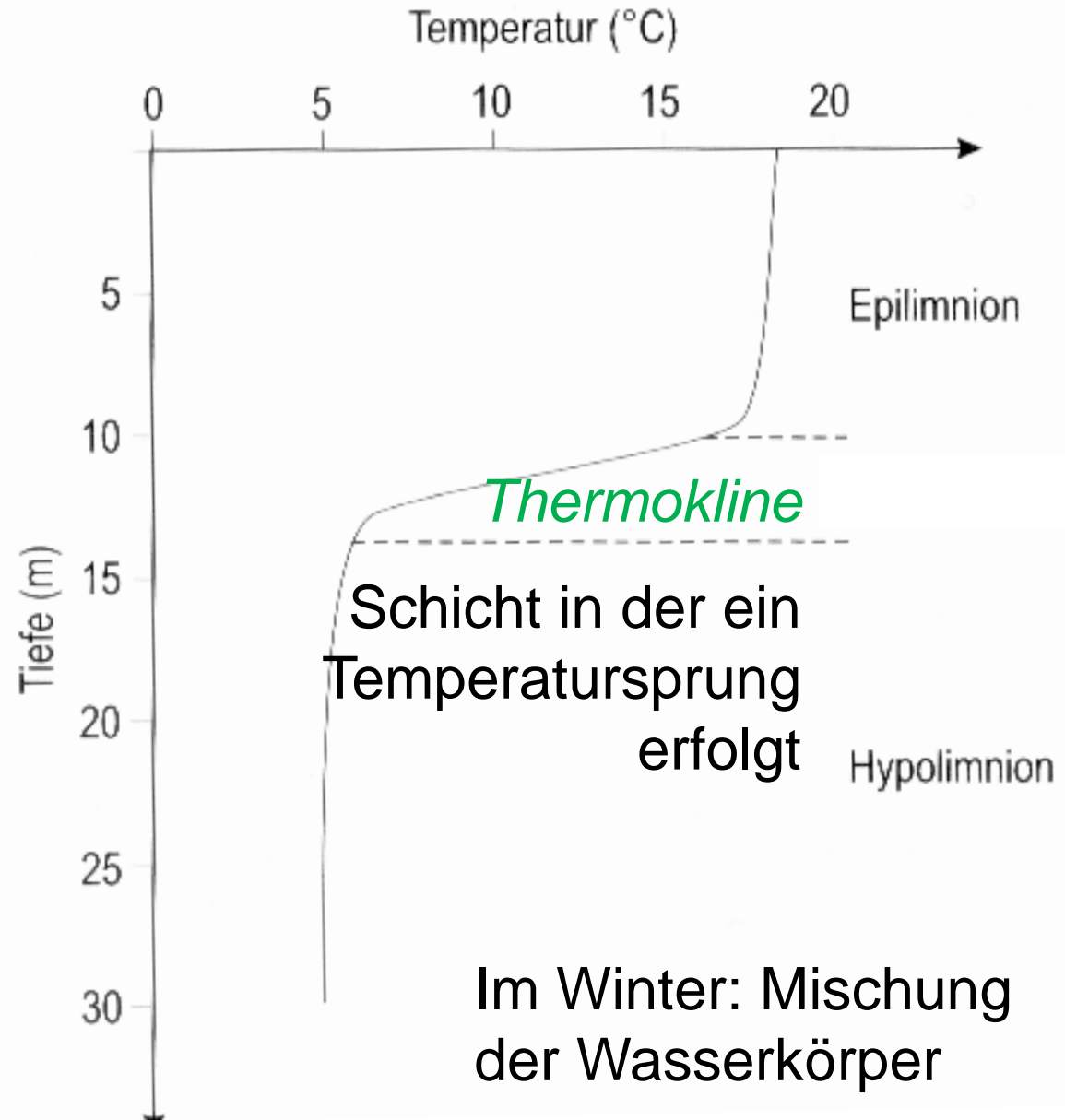
## *Zwischenfazit I*

- **Altmühlsee** ist eine Phosphorfalle
- Akkumulation von P im Sediment
- Rasche Remobilisierbarkeit von P etwa durch Sedimentaufwirbelung → **Hypertroph**

# Wie sieht die Entwicklung in den Brombachseen aus?



# Exkurs: Sommerschichtung in Seen



# Temperaturänderungen volumengemittelt

Mittelwert

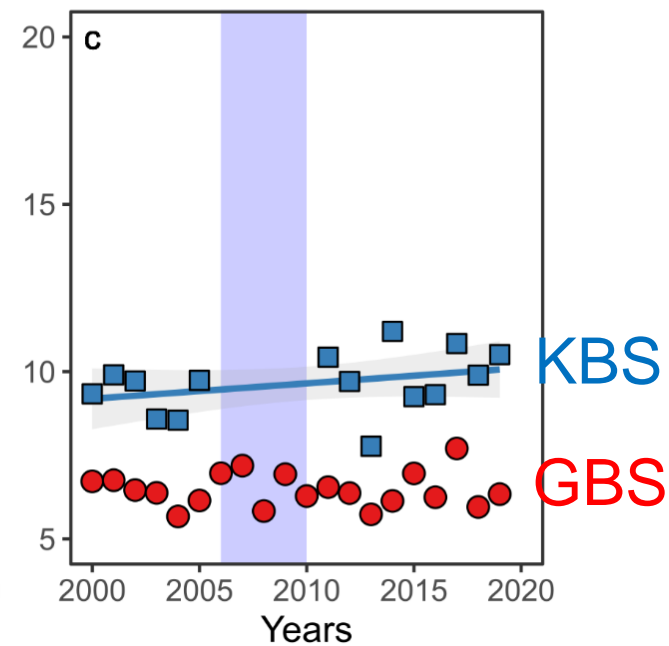
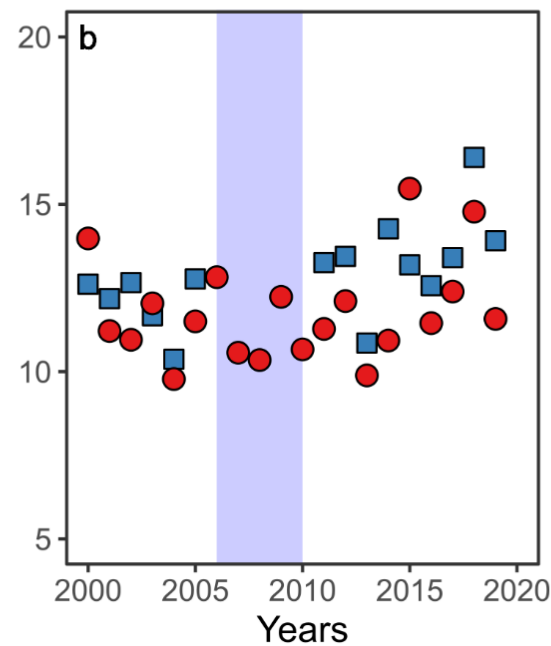
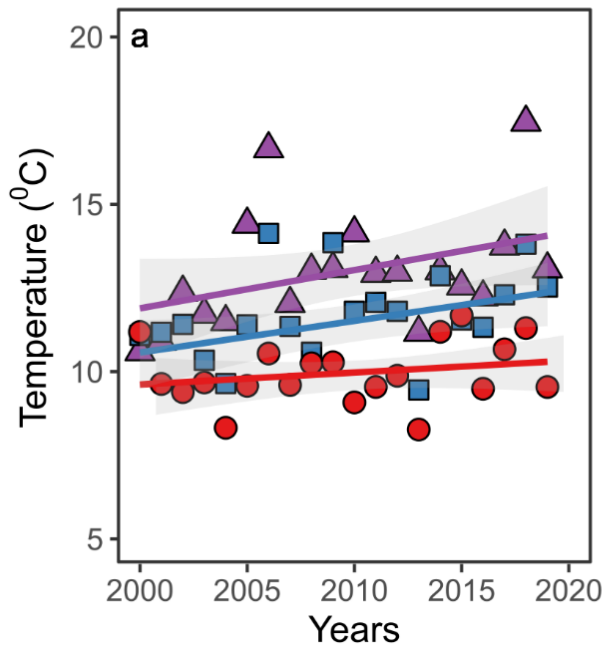
Epilimnion

Hypolimnion

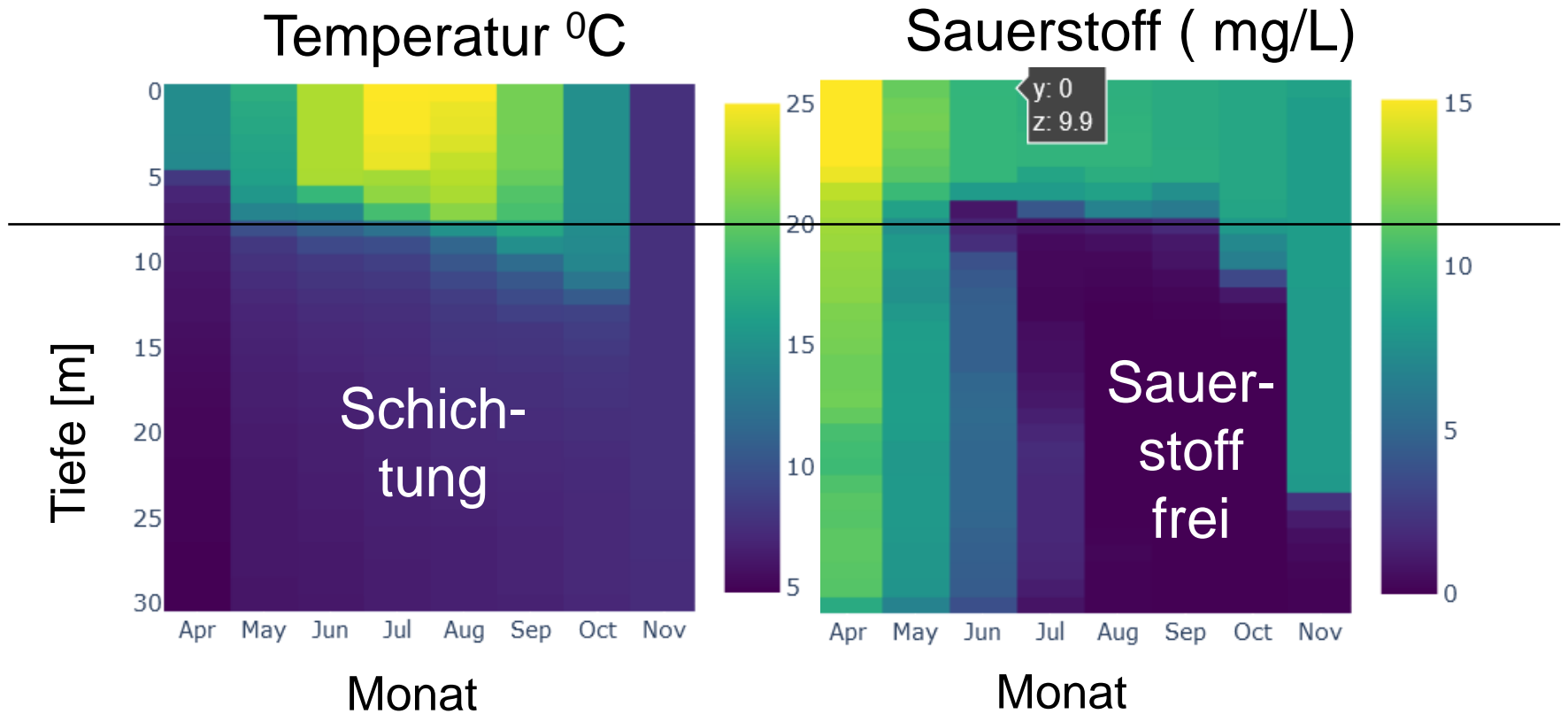
Reservoir ● GBS

■ KBS

▲ AMS

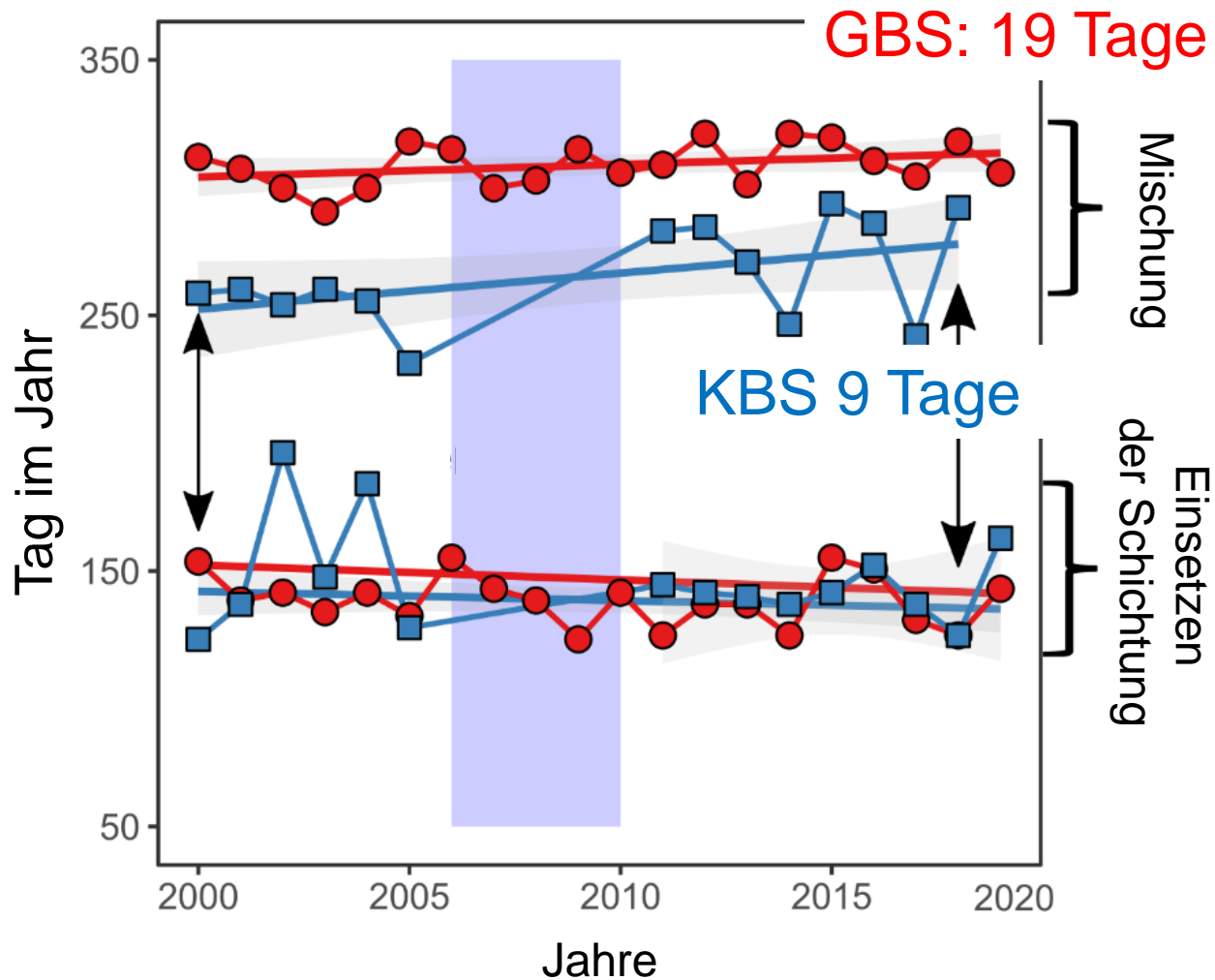


# *Schichtung wird durch Sauerstoffmangel/-freiheit begleitet*



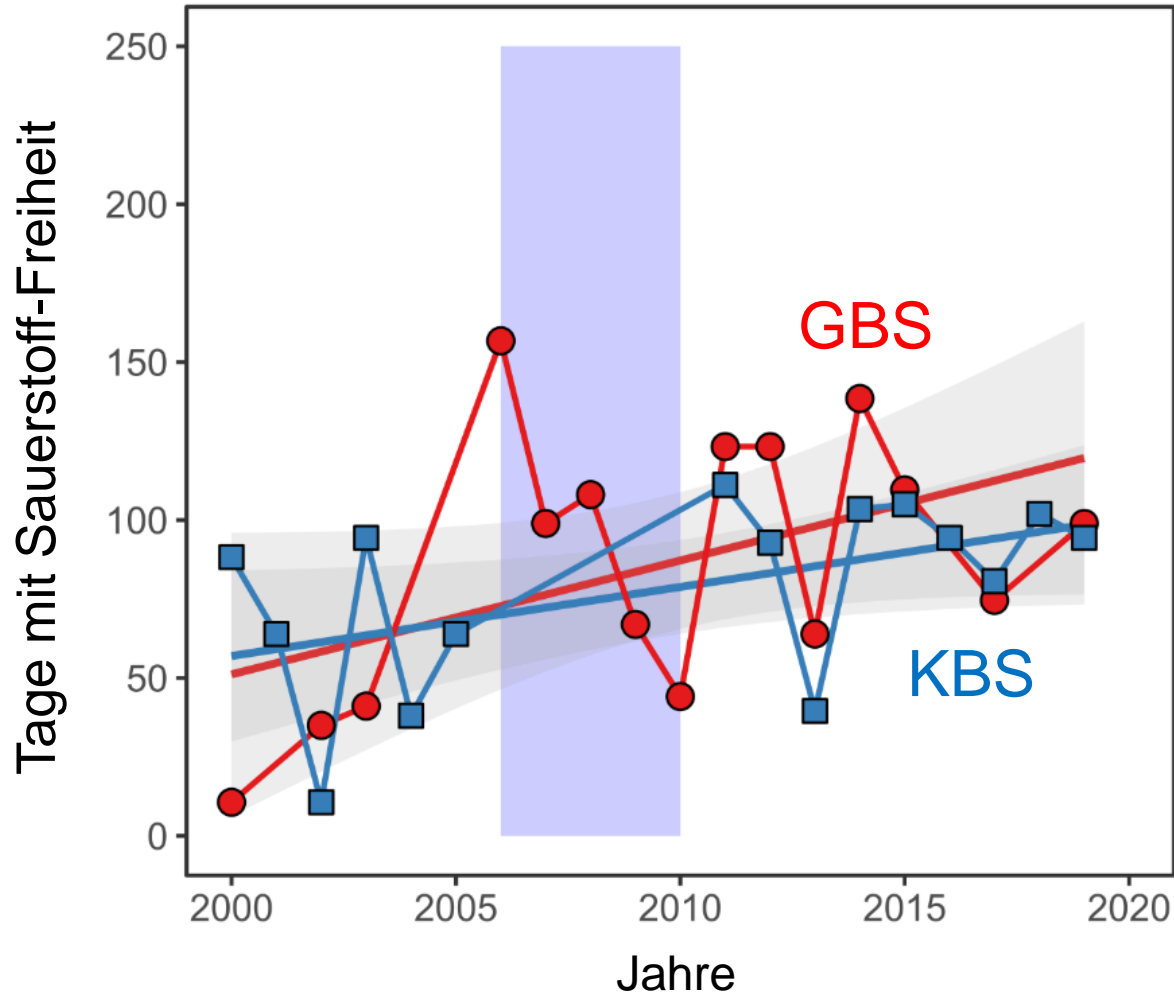
Großer Brombachsee

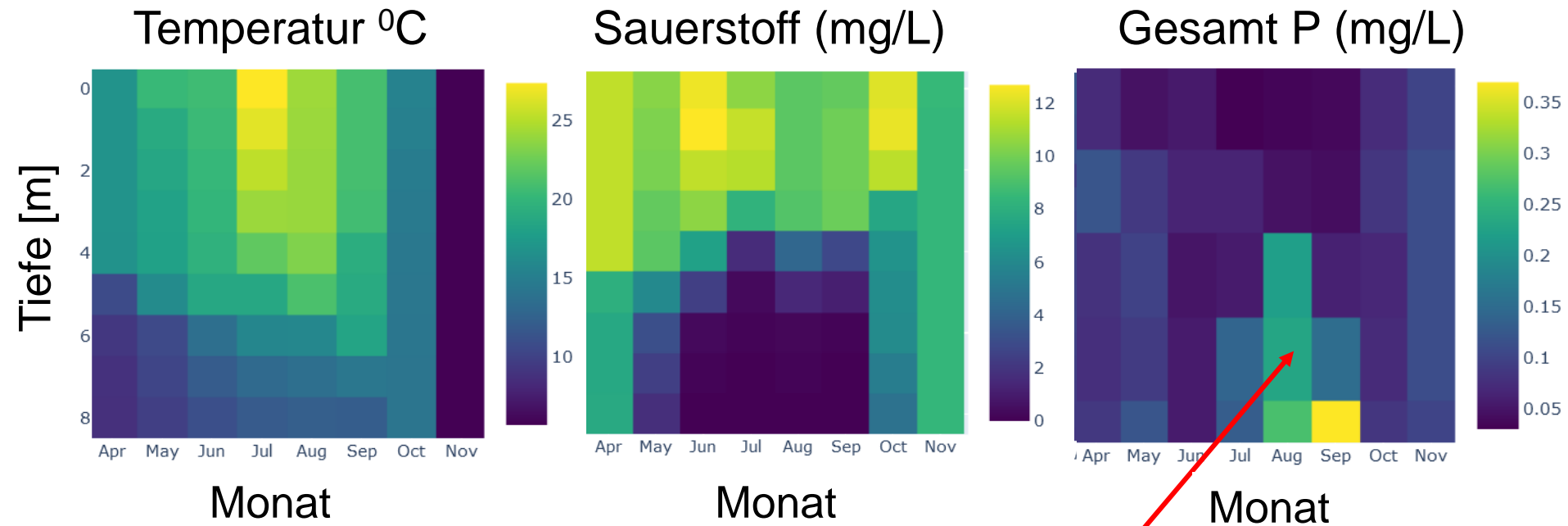
# Anstieg der Schichtungsdauer in den Brombachseen





# Anstieg der Dauer der Sauerstoff-Freiheit in den Brombachseen

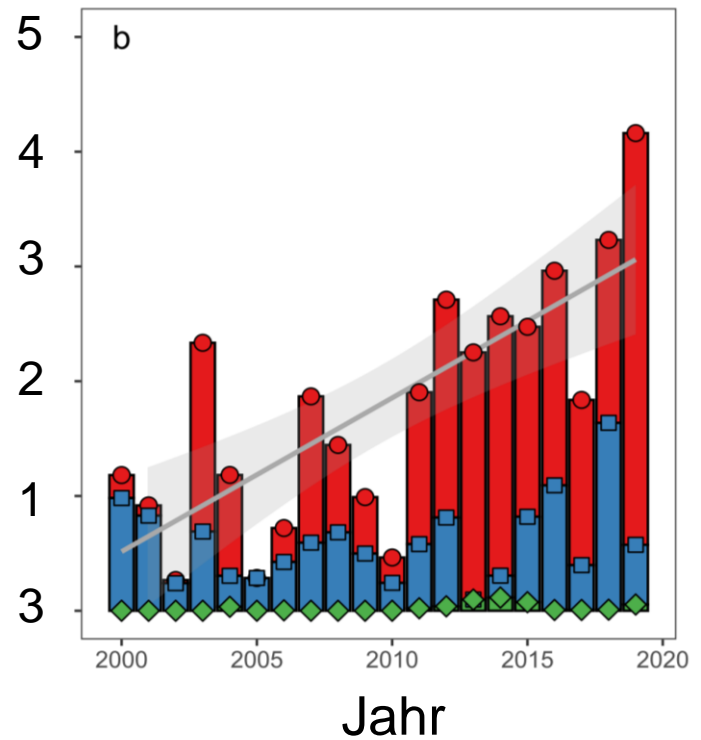
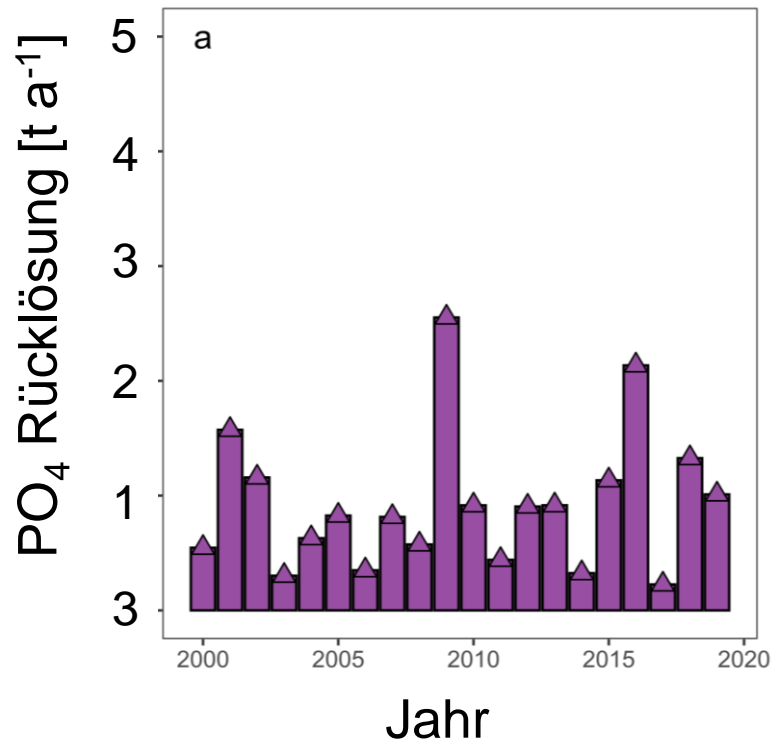




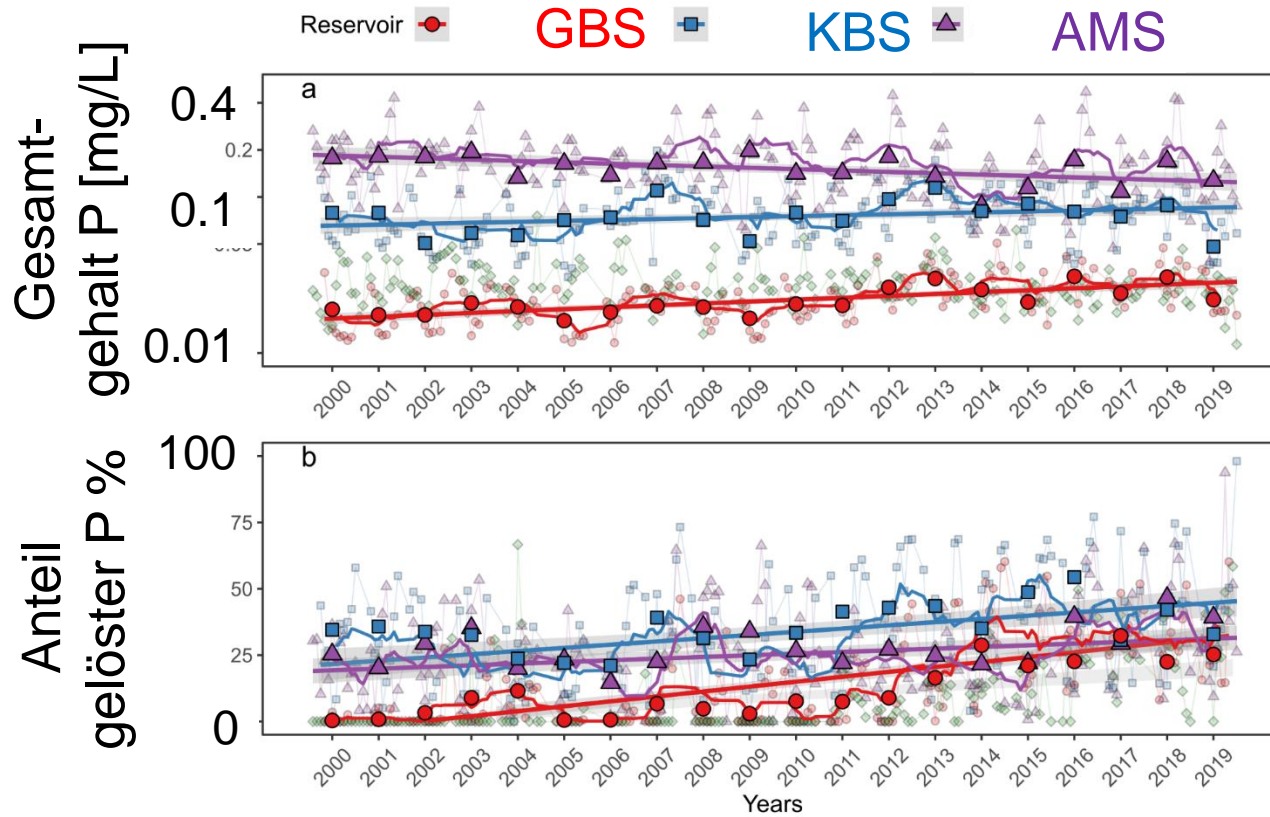
Saisonale P Rücklösung aus den den Sedimenten (**Kleiner Brombachsee**)

# Anstieg der Phosphor-Rücklösungsrate im GBS

See ▲ AMS ■ GBS ■ KBS



# Nährstofftrends in allen drei Seen: Phosphor



...nimmt zu !

# *Was passiert, wenn zu viel Phosphor im See ist?*

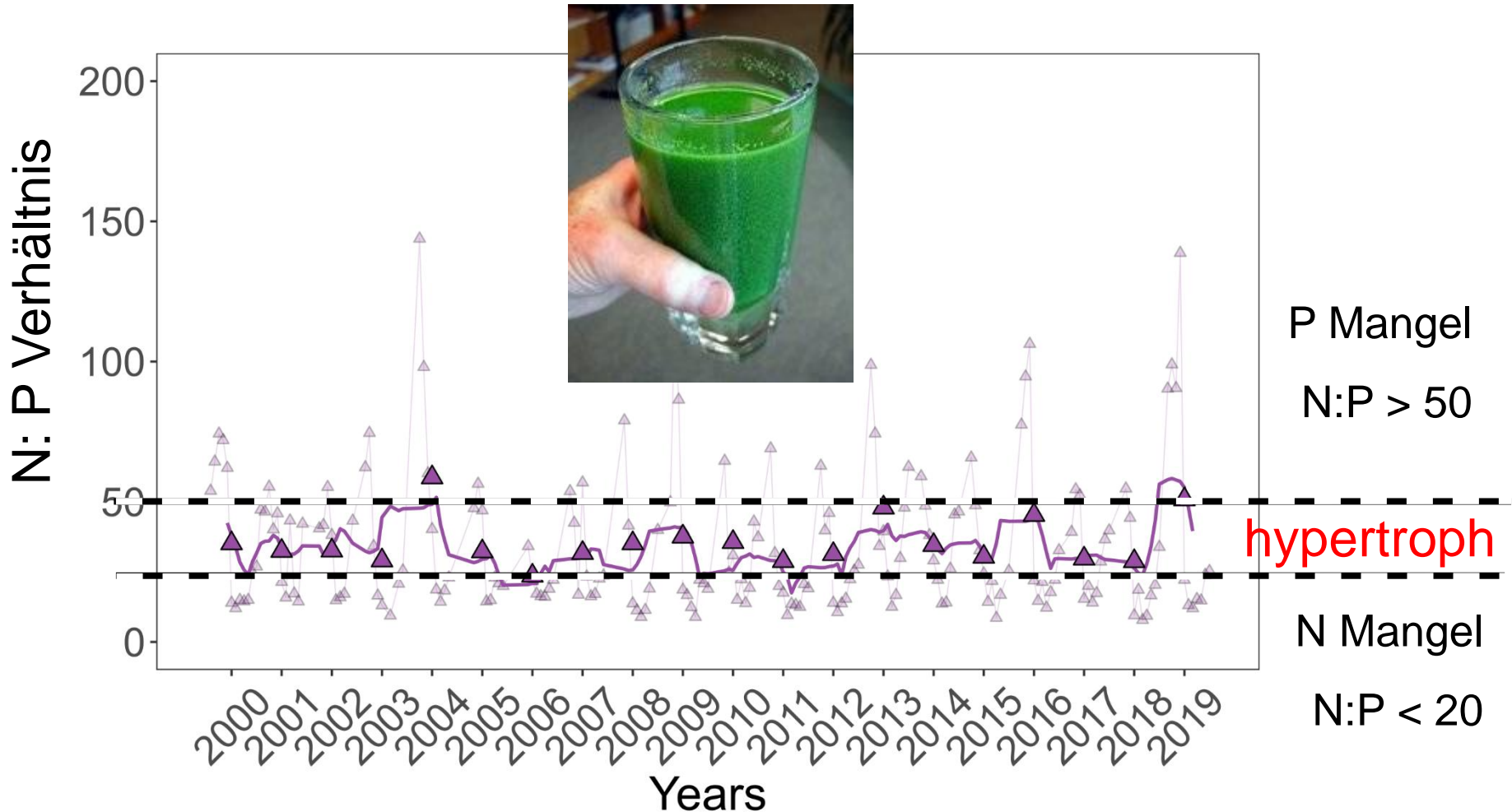
Das N:P Verhältnis  
im Seewasser sinkt

Blualgen können  
Stickstoff aus der Luft  
fixieren

→ Massenvermehrung von  
Blualgen

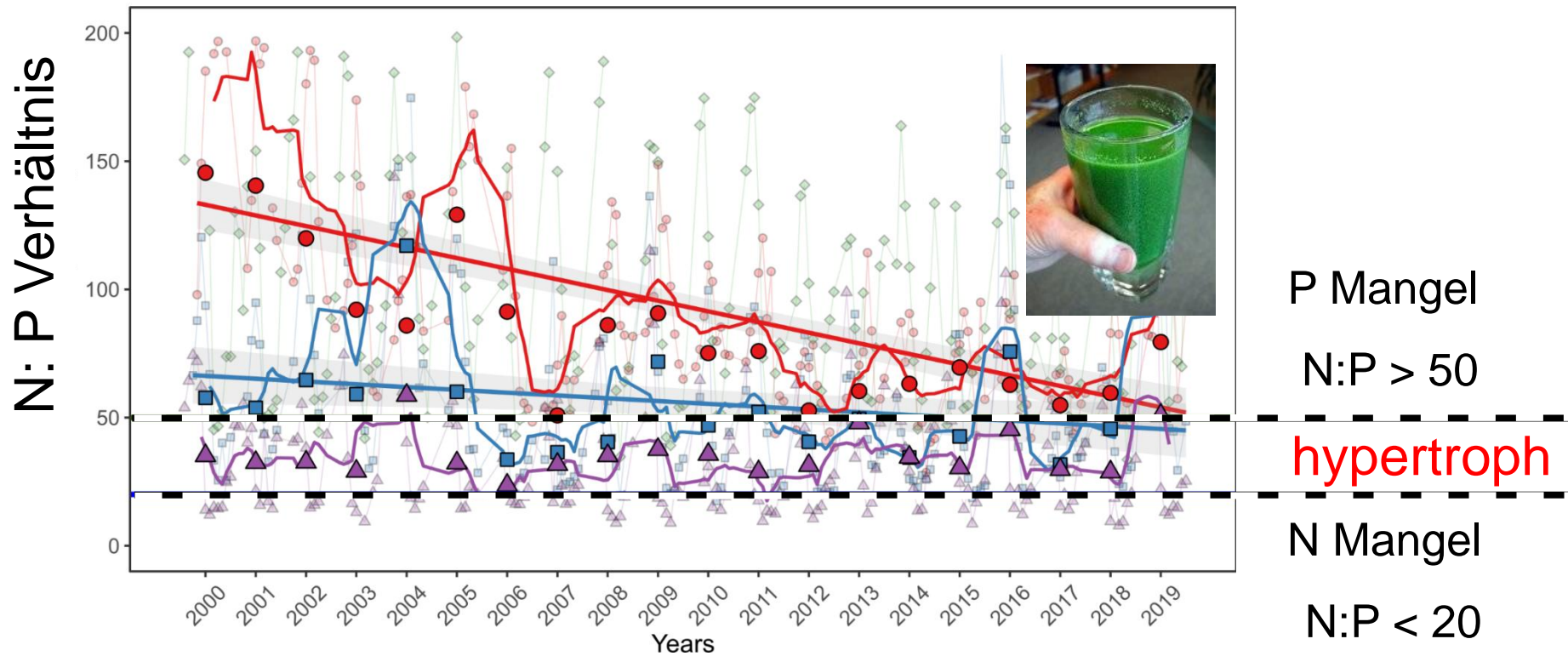


# Das N:P Verhältnis im *Altmühlsee* weist einen N-Mangel auf trotz hoher N-Einträge



# Mit den Brombachseen auf dem besten Weg dorthin..

● Grosser Brombachsee    ■ Kleiner Brombachsee    ▲ Altmühlsee



## *Zwischenfazit II*

- Temperaturanstieg führt zur Verlängerung der Schichtung in den Brombachseen
- Anzahl der Tage mit Sauerstoff-Freiheit steigt
- Anstieg der internen Rücklösung von P im **Großen Brombachsee** bis auf 4 t/Jahr
- Tendenz zur Eutrophierung im **Großen Brombachsee**



# *Massnahmen/Management im Altmühlsee*

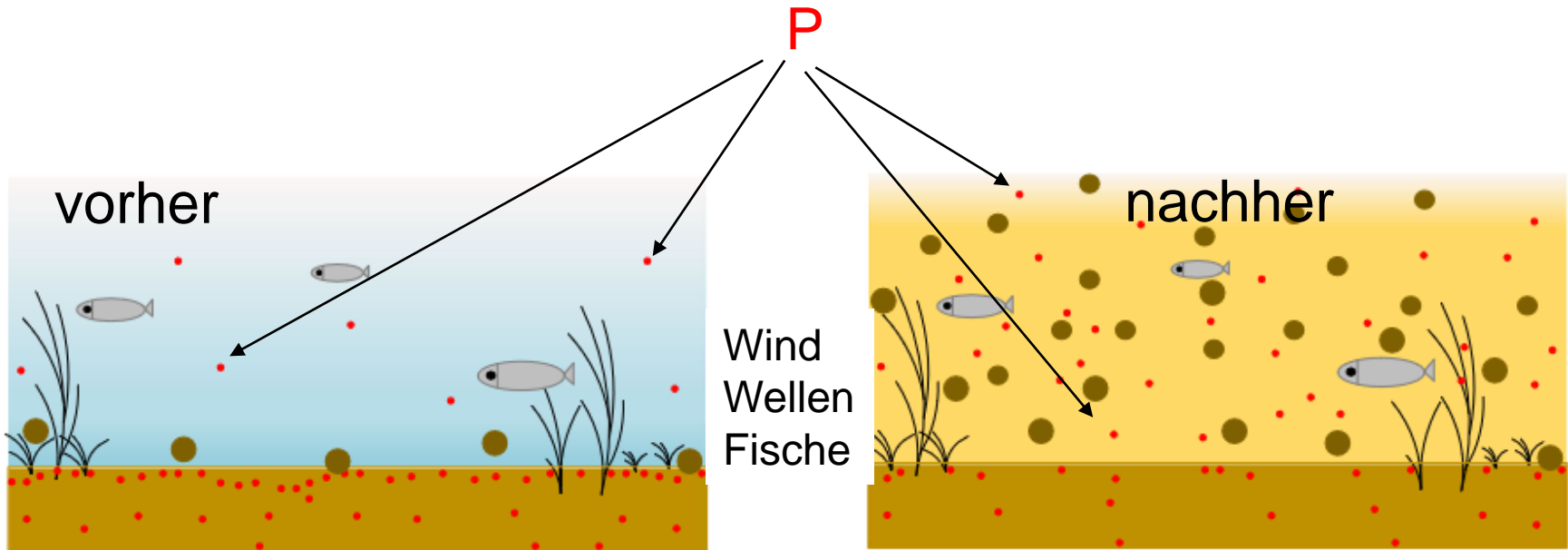
- Ausbaggern hilft! (nicht ohne Massnahmen im Einzugsgebiet)



Entschlammung am  
Altmühlsee: Schlammfräse  
und See-Kehrmaschine im  
Test | BR.de

# Massnahmen/Management im Altmühlsee

- Ausbaggern hilft! (nicht ohne Massnahmen im Einzugsgebiet)
- Remobilisierung aus dem Sediment unterbinden



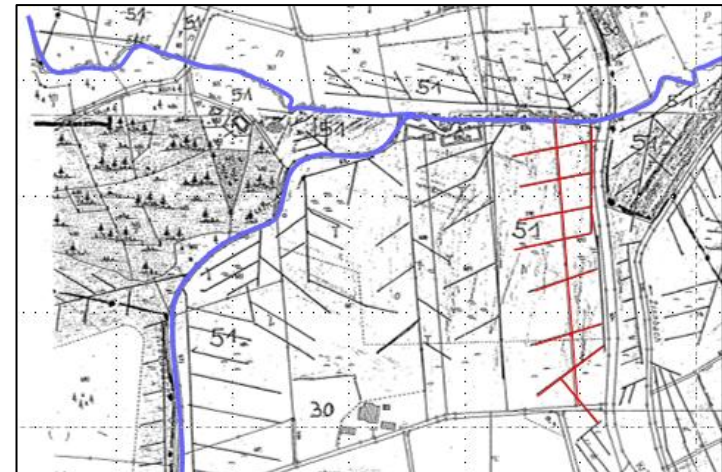
# Massnahmen/Management im Einzugsgebiet

- Verminderung des Eintrags von Boden in die Altmühl
  - Erosionsschutz
  - Uferrandstreifen
  - Sedimentationsräume im Oberlauf



# *Massnahmen/Management im Einzugsgebiet*

- Verminderung des Eintrags von Boden in die Altmühl
  - Erosionsschutz
  - Uferrandstreifen
  - Sedimentationsräume im Oberlauf
- Die unverstandene Rolle von Dränagen

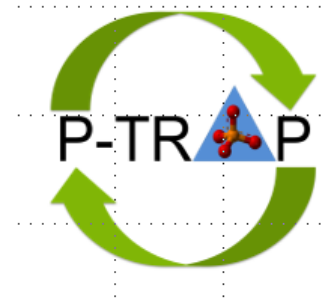


# Fazit

- **Altmühlsee** ist eine Nährstoff-Falle
- **Altmühlsee** neigt zum Blaualgenwachstum besonders in Zeiten höherer Temperaturen
- **Großer Brombachsee** hat hohes Risiko zur Eutrophierung
- Sedimentmanagement am Altmühlsee unabdingbar, auch im Hinblick auf den **Großen Brombachsee**
- Massnahmen im Einzugsgebiet unabdingbar (Zukunft **Großer Brombachsee!**)

# Danksagung

Förderung



Bereitstellung von Daten  
und hervorragende  
Kooperation und Unter-  
stützung



*Ab hier Ergänzungsfolien*

# Das Kreuz mit den Flachseen

Sehr schnelles P Recycling  
aus dem Sediment

Verzögertes P Recycling  
aus der Wassersäule

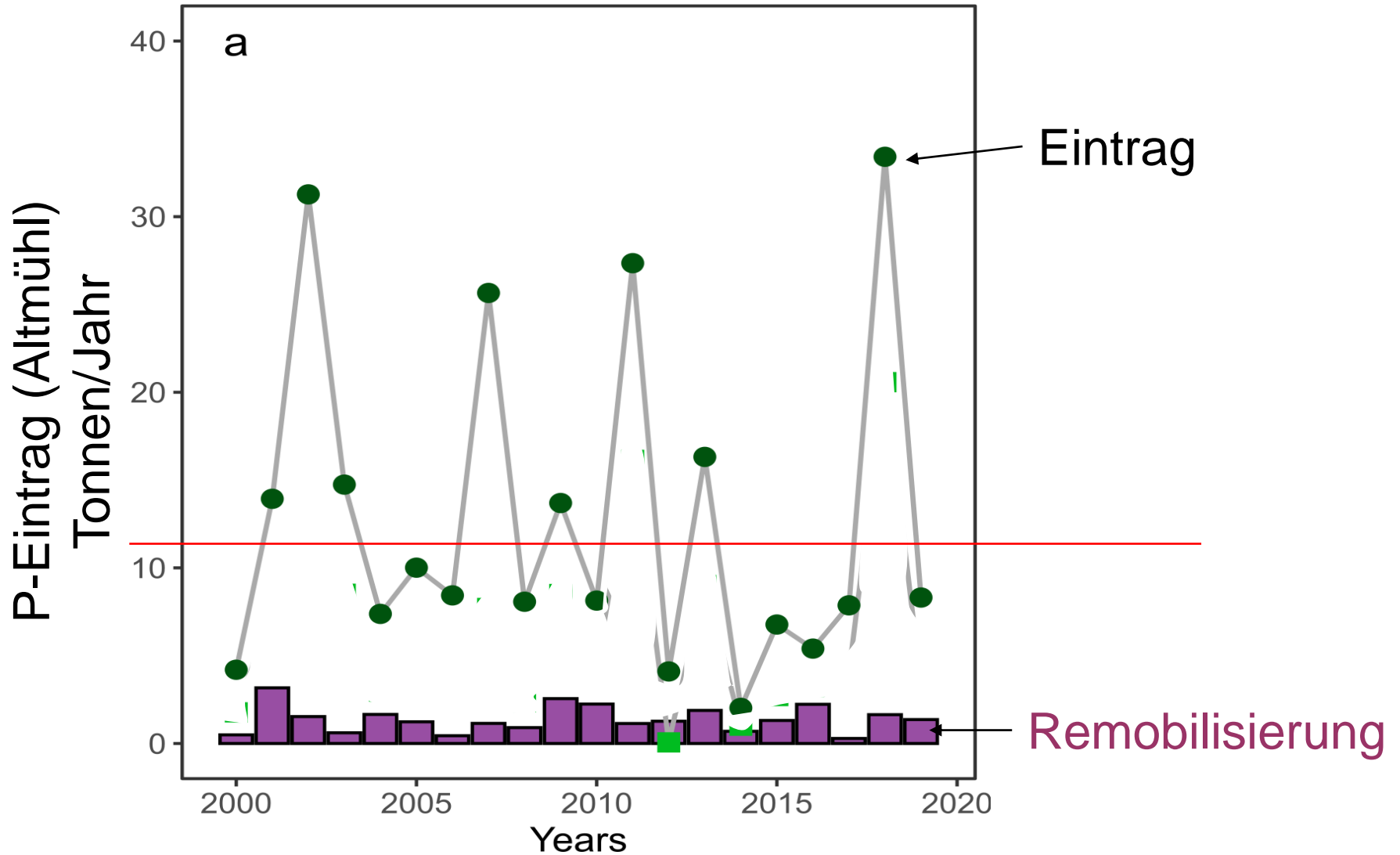


Flachsee

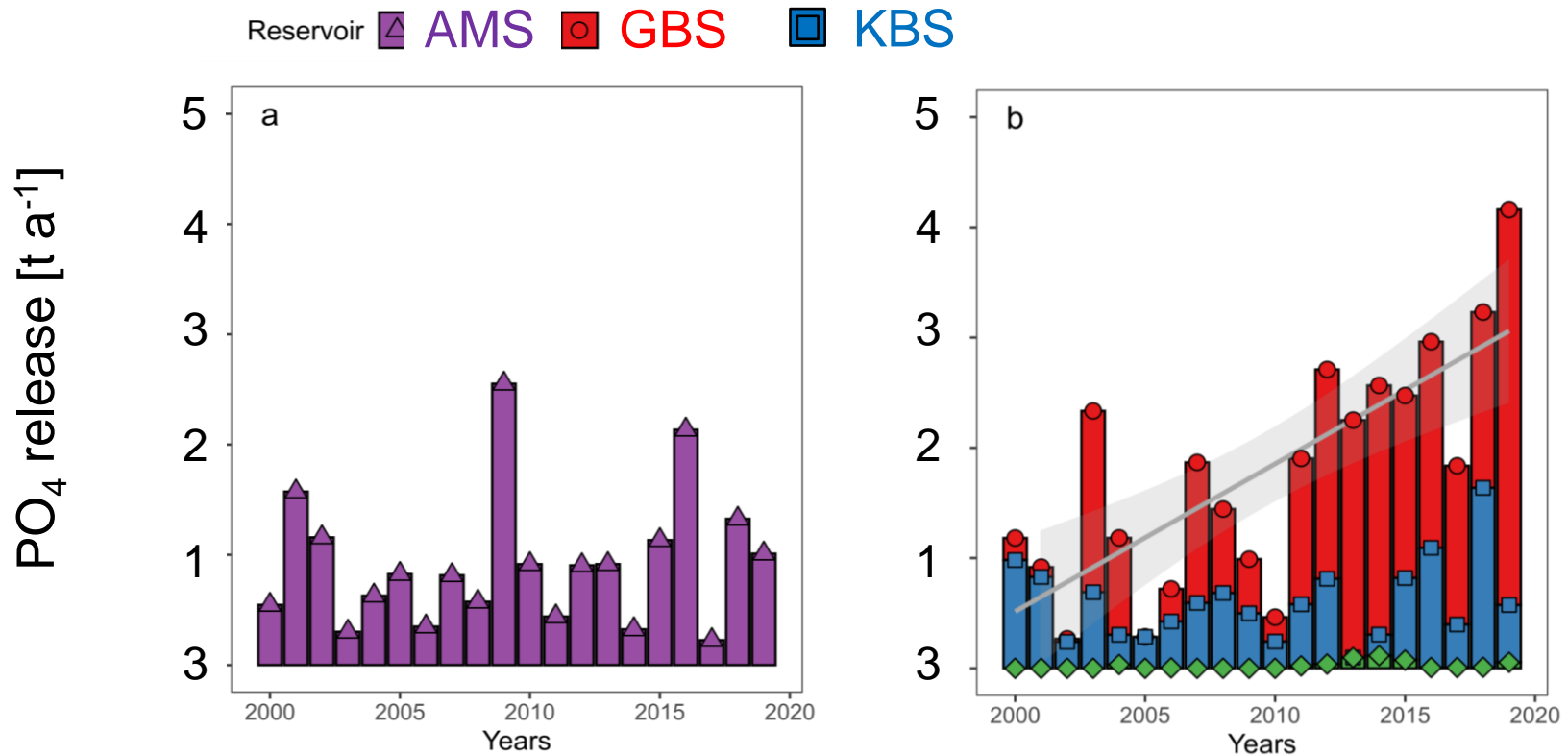
Tiefer See



# *P Rücklösung aus dem Sediment*

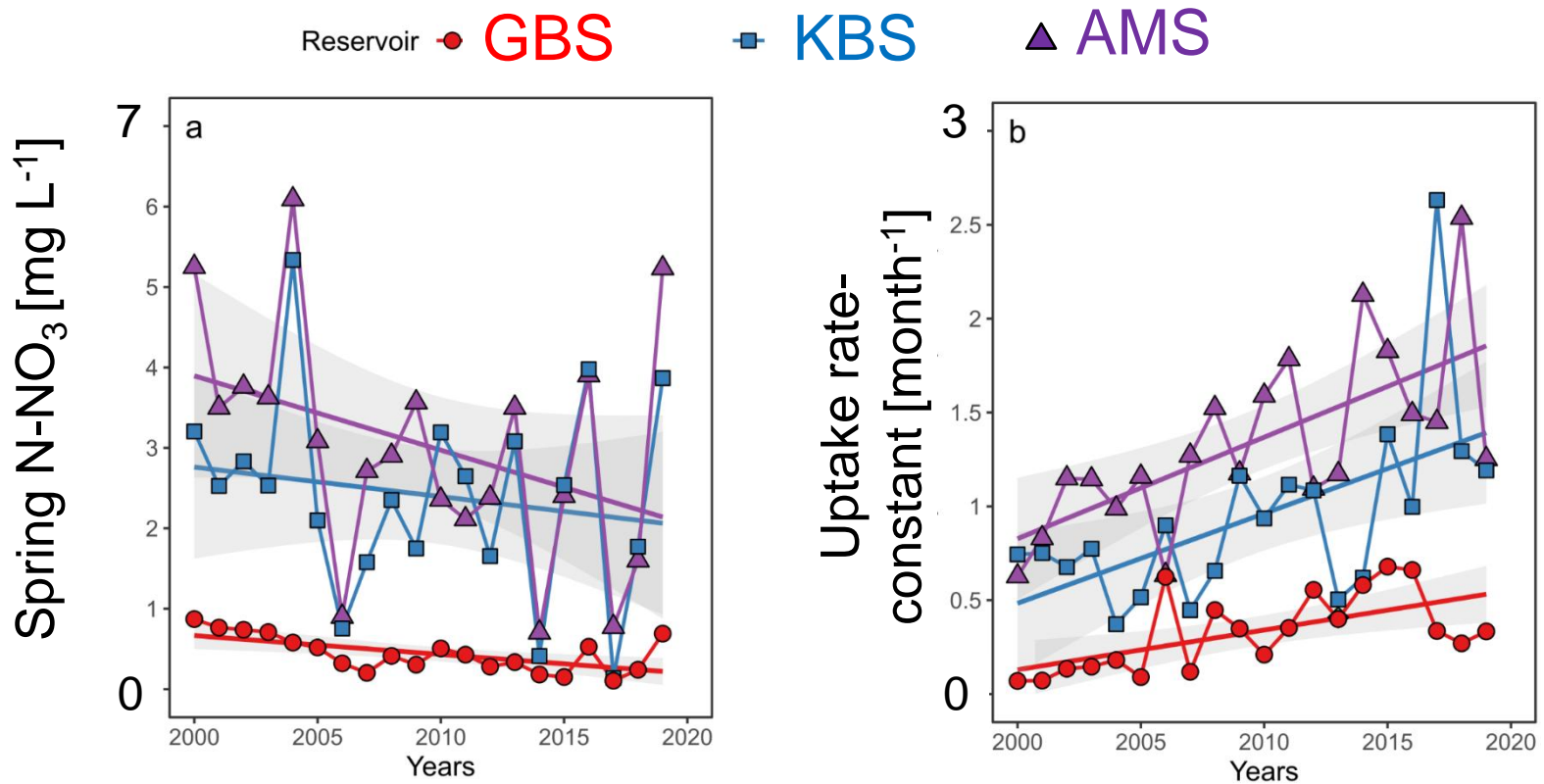


... accompanied by an increase in **internal P loading** in **GBS** calculated as hypolimnic accumulation rate



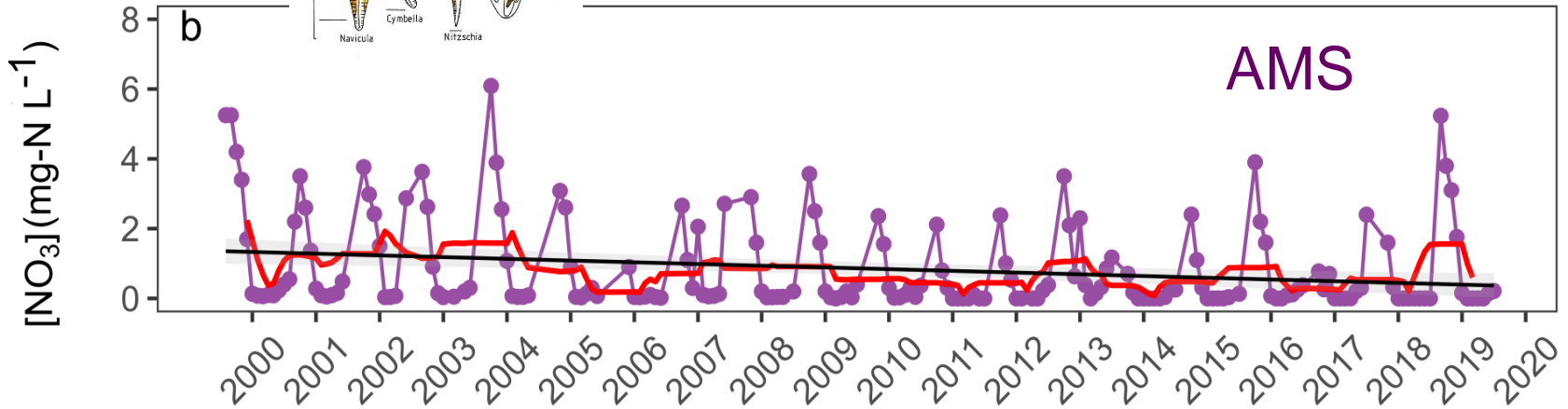
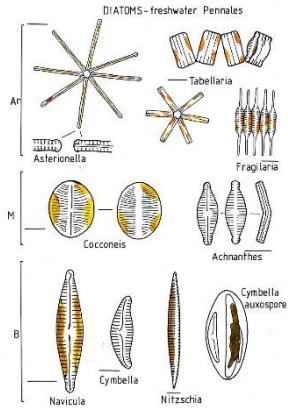
$$\text{summer release rate} = \frac{[c(TP)_{peak} - c(TP)_{spring}] \cdot V_{Hypo}}{\text{year}}$$

# *Decrease in spring $\text{NO}_3$ -concentration increase in $\text{NO}_3$ -uptake rate*



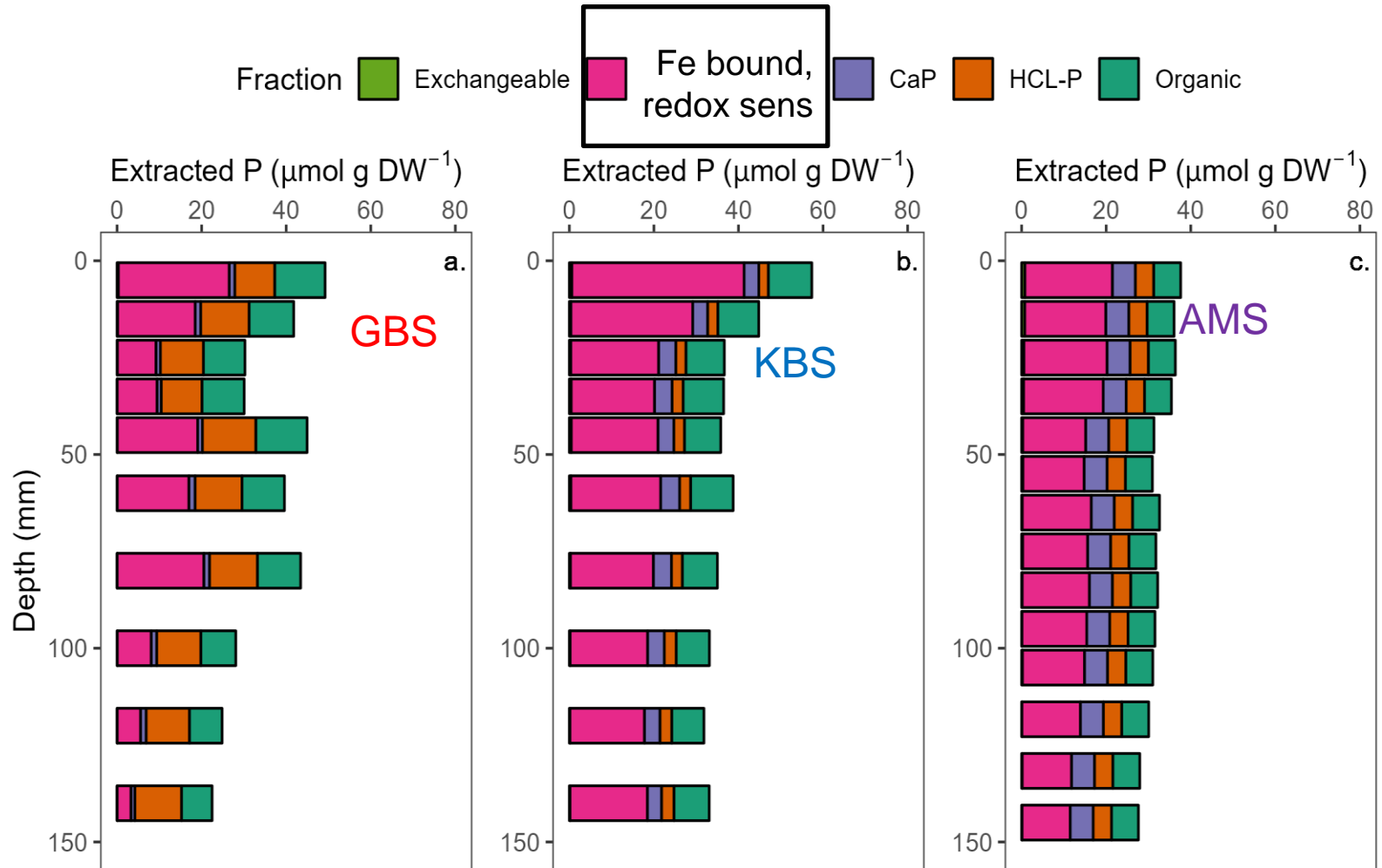
Diatoms etc.

*Spring nitrate uptake follows algae blooms*

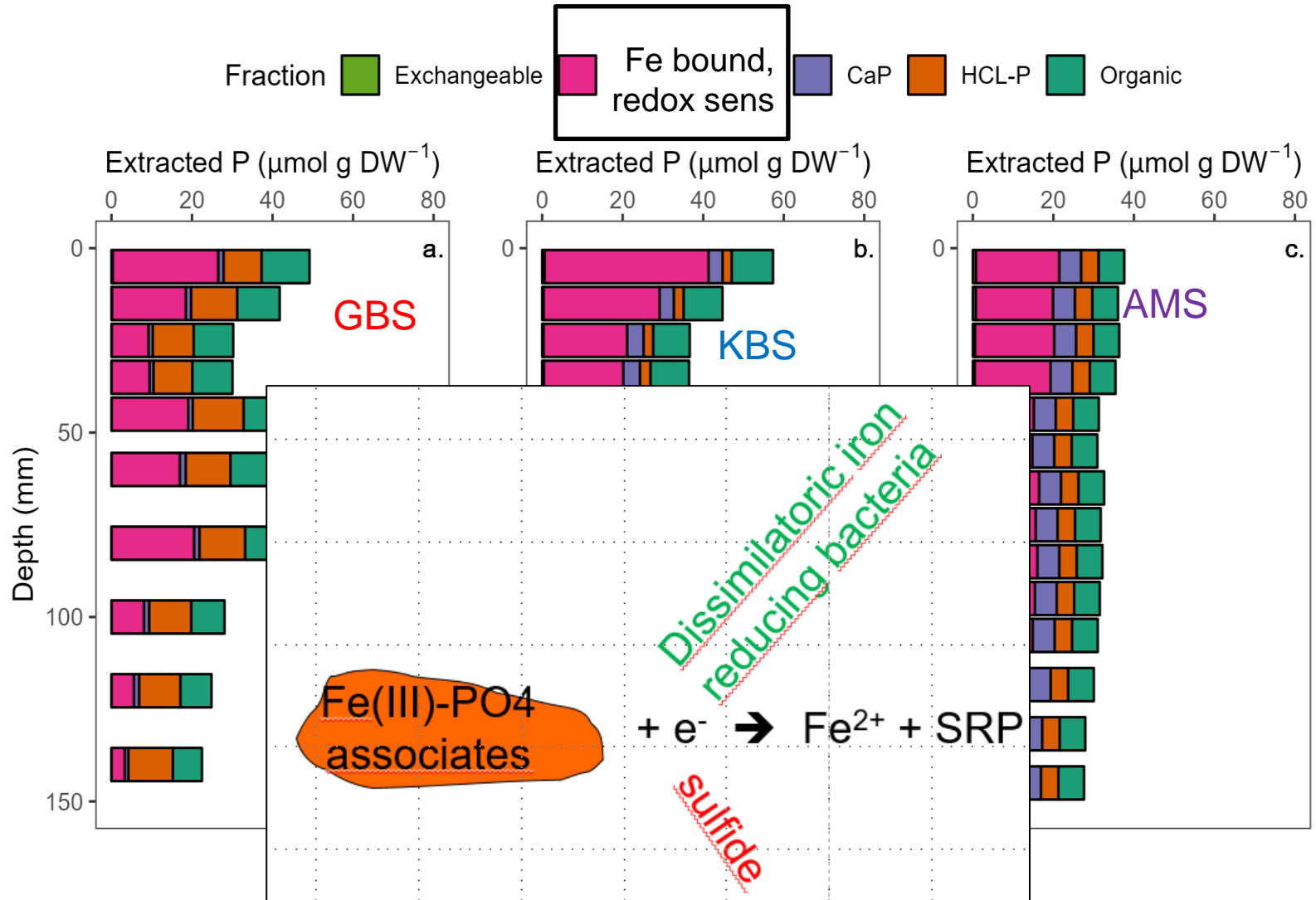


- Warmer?
- Larger pools of SRP (PO<sub>4</sub>)?

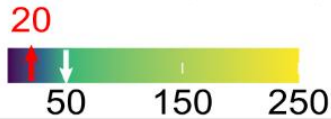
*... iron bound redox sensitive P  
largest P Fraction in sediments*



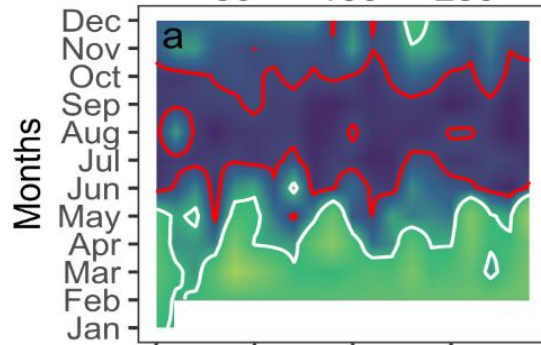
# ... iron bound redox sensitive P largest P Fraction in sediments



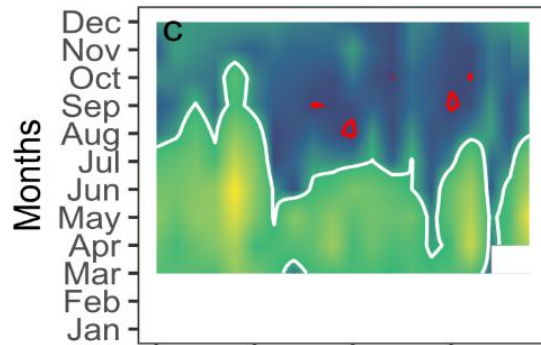
# N/P Verhältnis



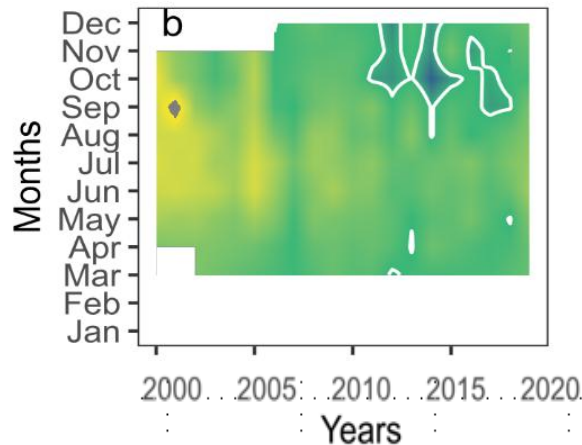
AMS



KBS



GBS



An der Kippe zur Eutrophierung mit bisweiligem Blaualgenwachstum

Tendenz zur Eutrophierung im Herbst