



SeeWandel



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Resilienz von Ökosystemen: Projekt "SeeWandel"

OST 15.11.2023

Leben im Bodensee –
gestern, heute und morgen (2018-2023)

www.seewandel.org

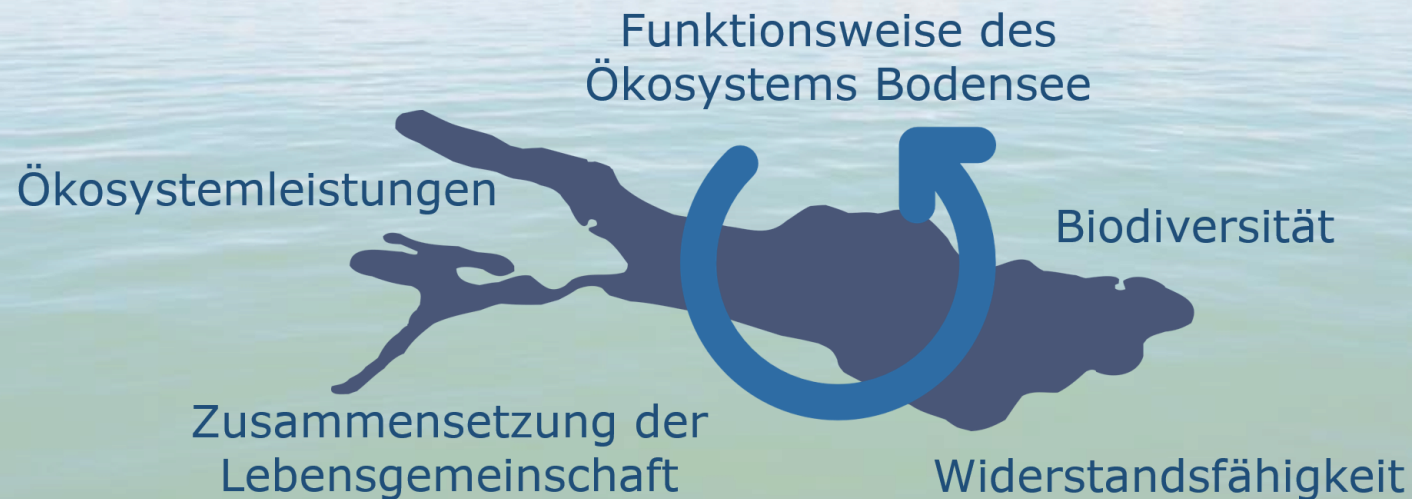
Piet Spaak
Projektleiter SeeWandel



Veränderungen Ökosystem Bodensee

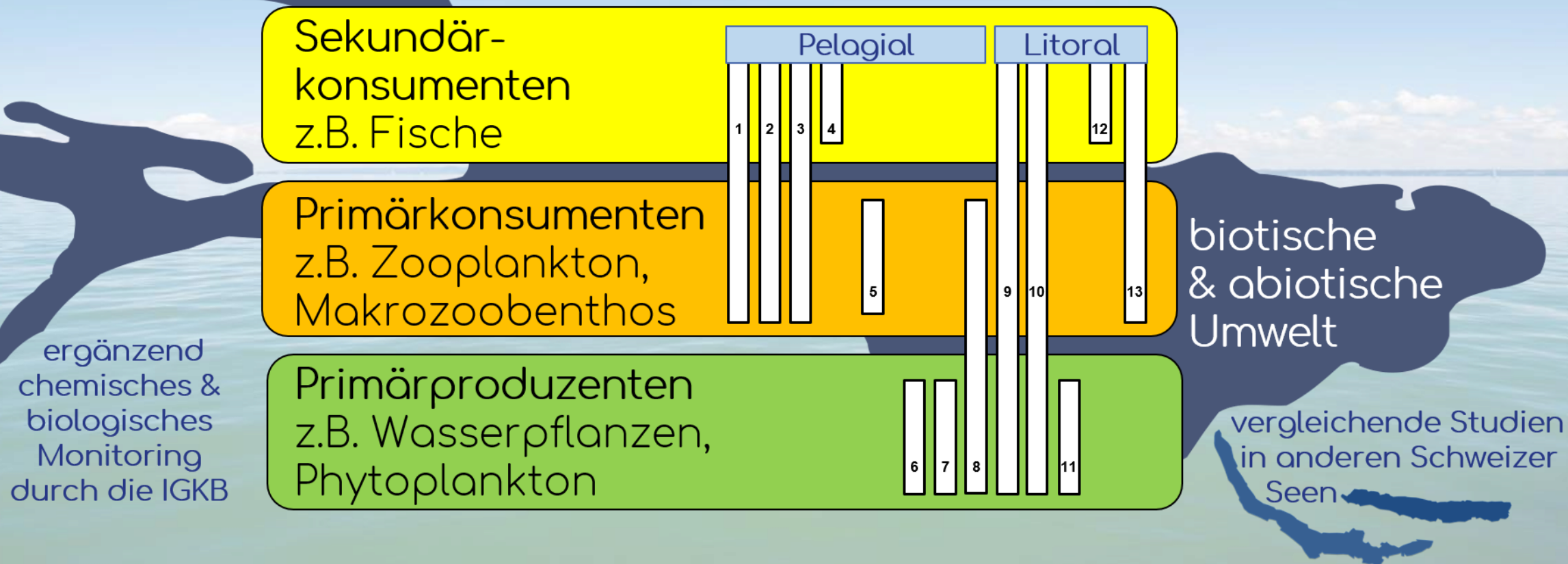
Hauptfrage SeeWandel

- Welchen Einfluss haben Nährstoffrückgang, Klimawandel, gebietsfremde Arten & andere Stressfaktoren auf das Ökosystem Bodensee, seine Biodiversität & Funktionsweise, sowie die menschliche Nutzung am See?

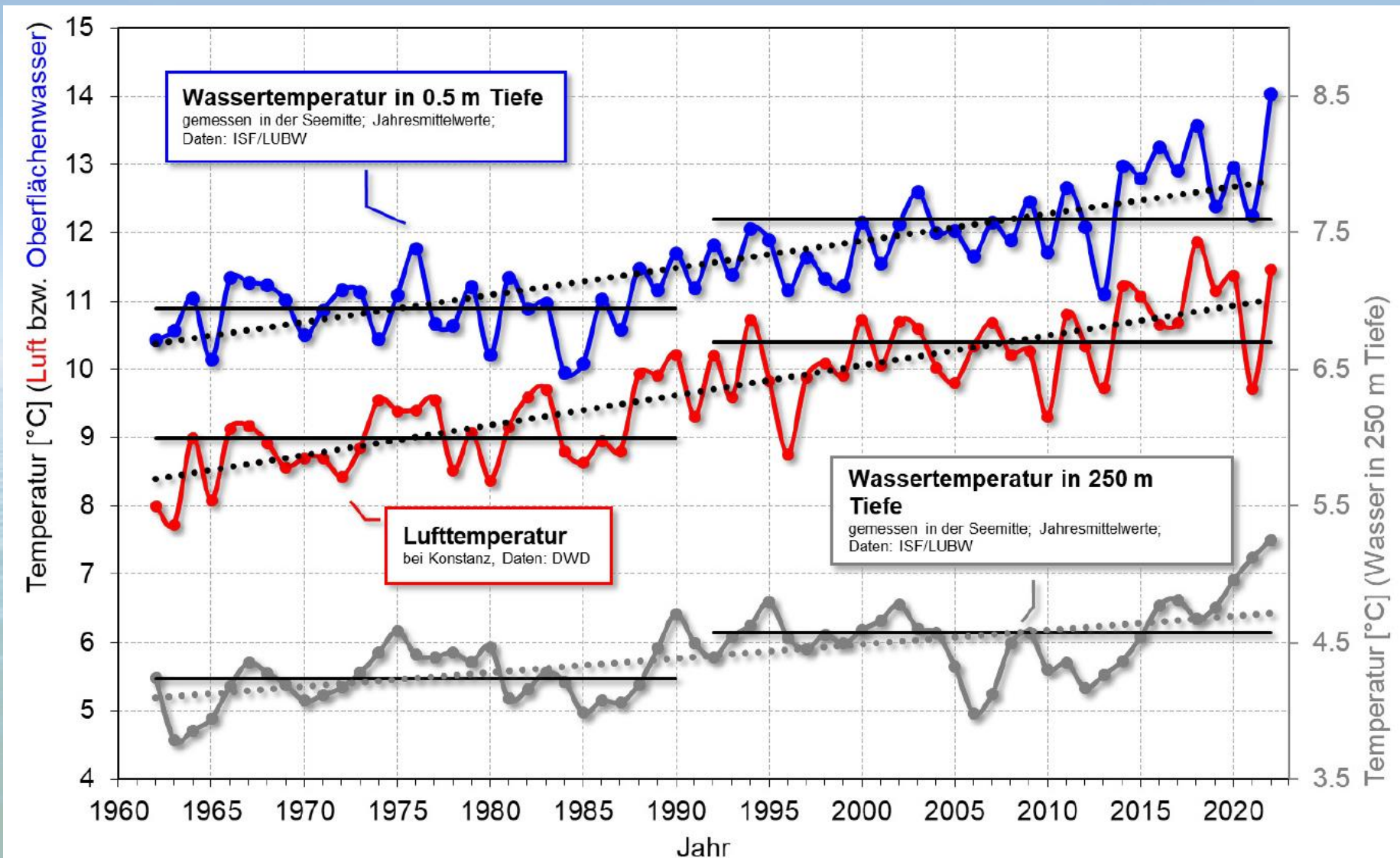


13 Teilprojekte

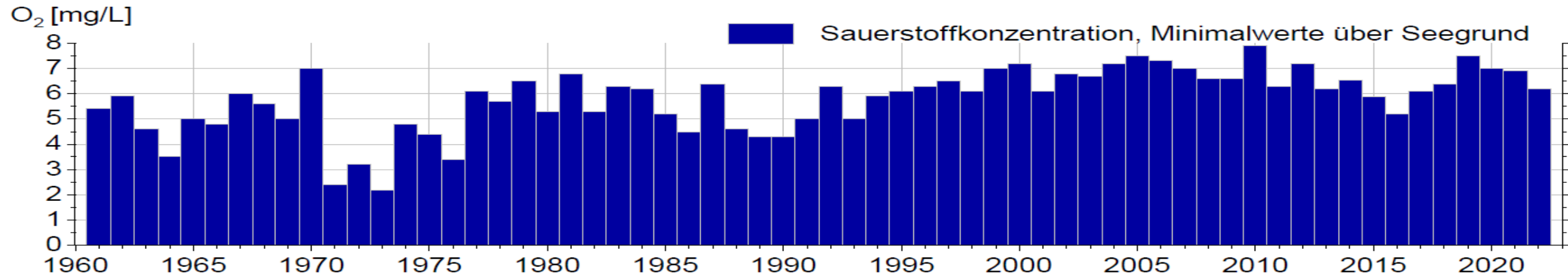
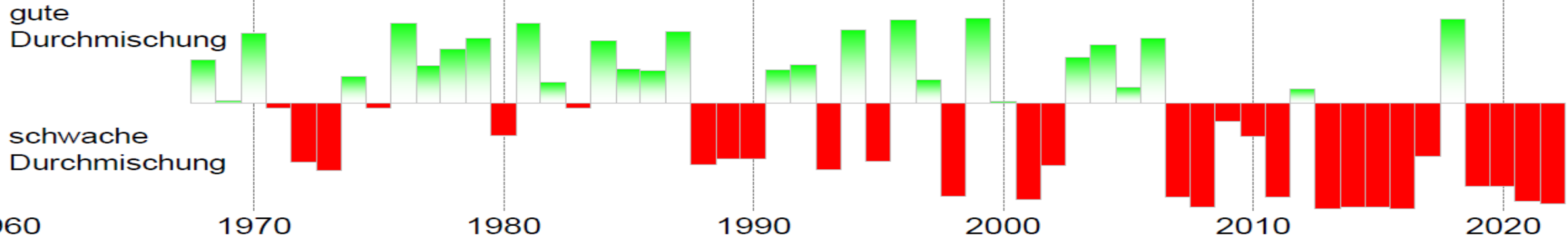
Auseinandersetzung mit aktueller Problematik unter Anwendung
verschiedenster Forschungsmethoden,
Berücksichtigung des gesamten Ökosystems



Veränderungen im Bodensee: Klimawandel



Veränderungen im Bodensee: Klimawandel



© LUBW/ISF, Daten aus Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)

- Gute vertikale Durchmischung des Sees in den letzten 15 Jahren eher die Ausnahme.
- Das Phytoplanktonwachstum ist an die thermische Schichtung im Frühjahr gekoppelt. Risiko: Entkoppelung von Frassketten.

Veränderungen im Bodensee: Klimawandel

Beispiel: Zeitpunkt des Daphnienmaximums



Unpublizierte Daten,
Grafik entfernt

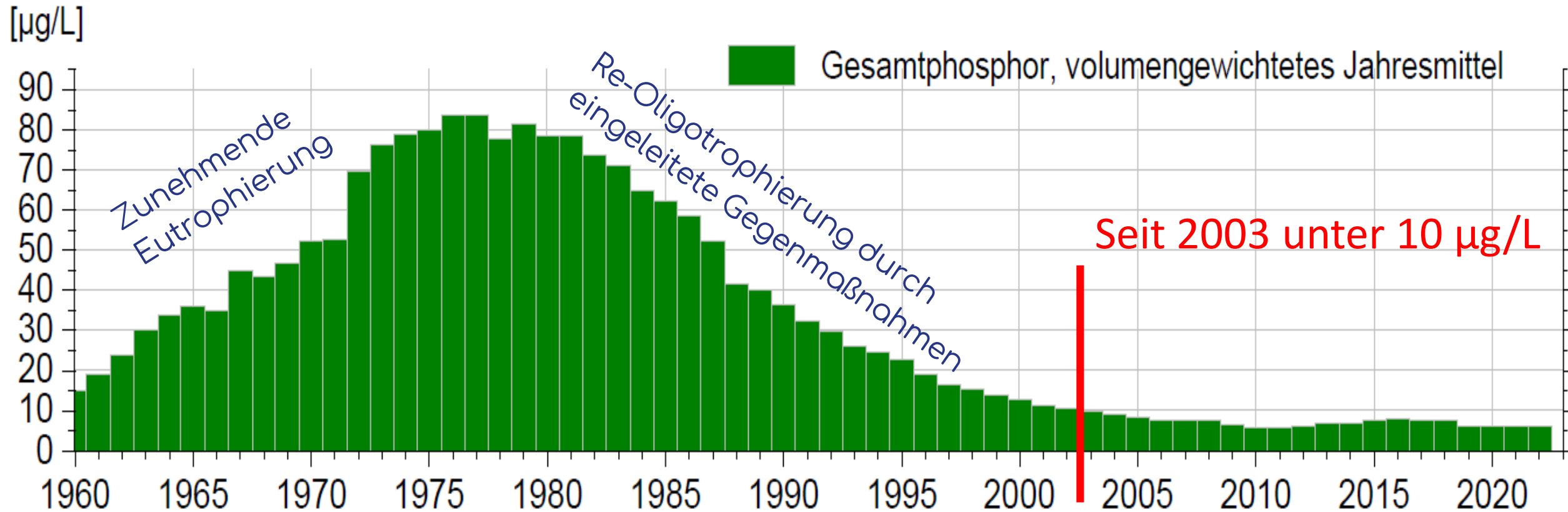
Verschiebung: 0.5 - 1 Tag / Jahr

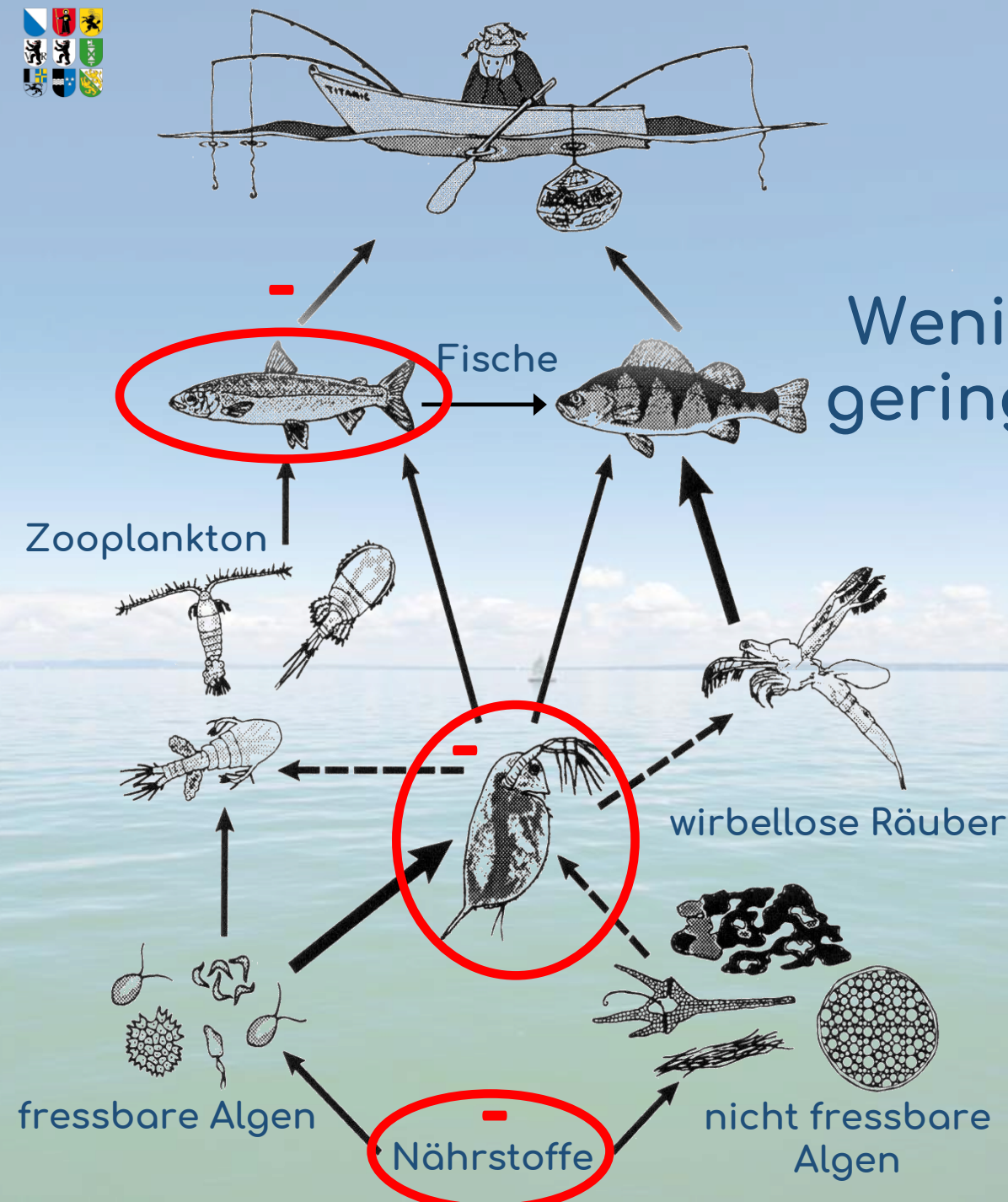
Dietmar Straile

Universität
Konstanz



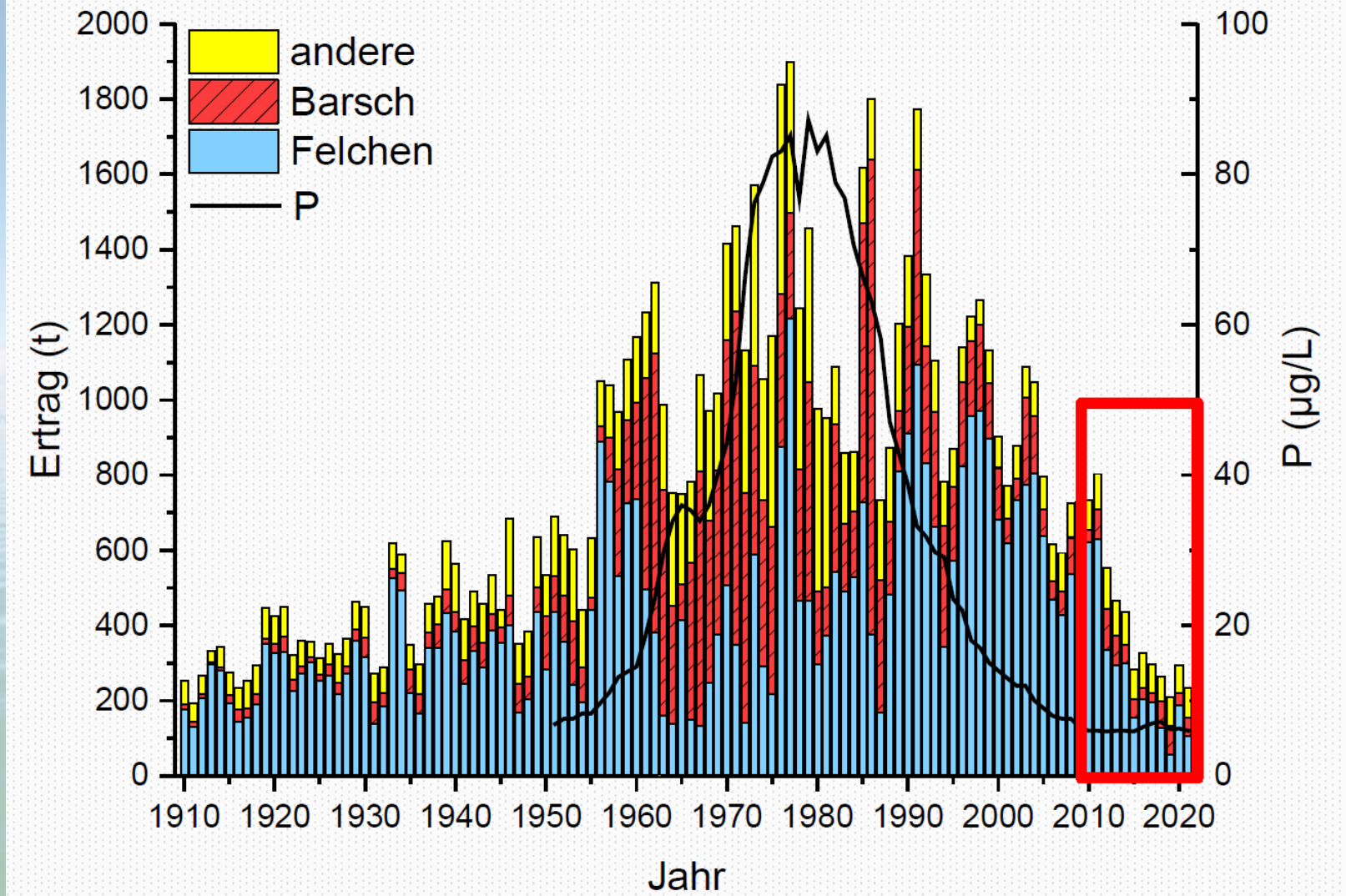
Veränderungen im Bodensee: Phosphor



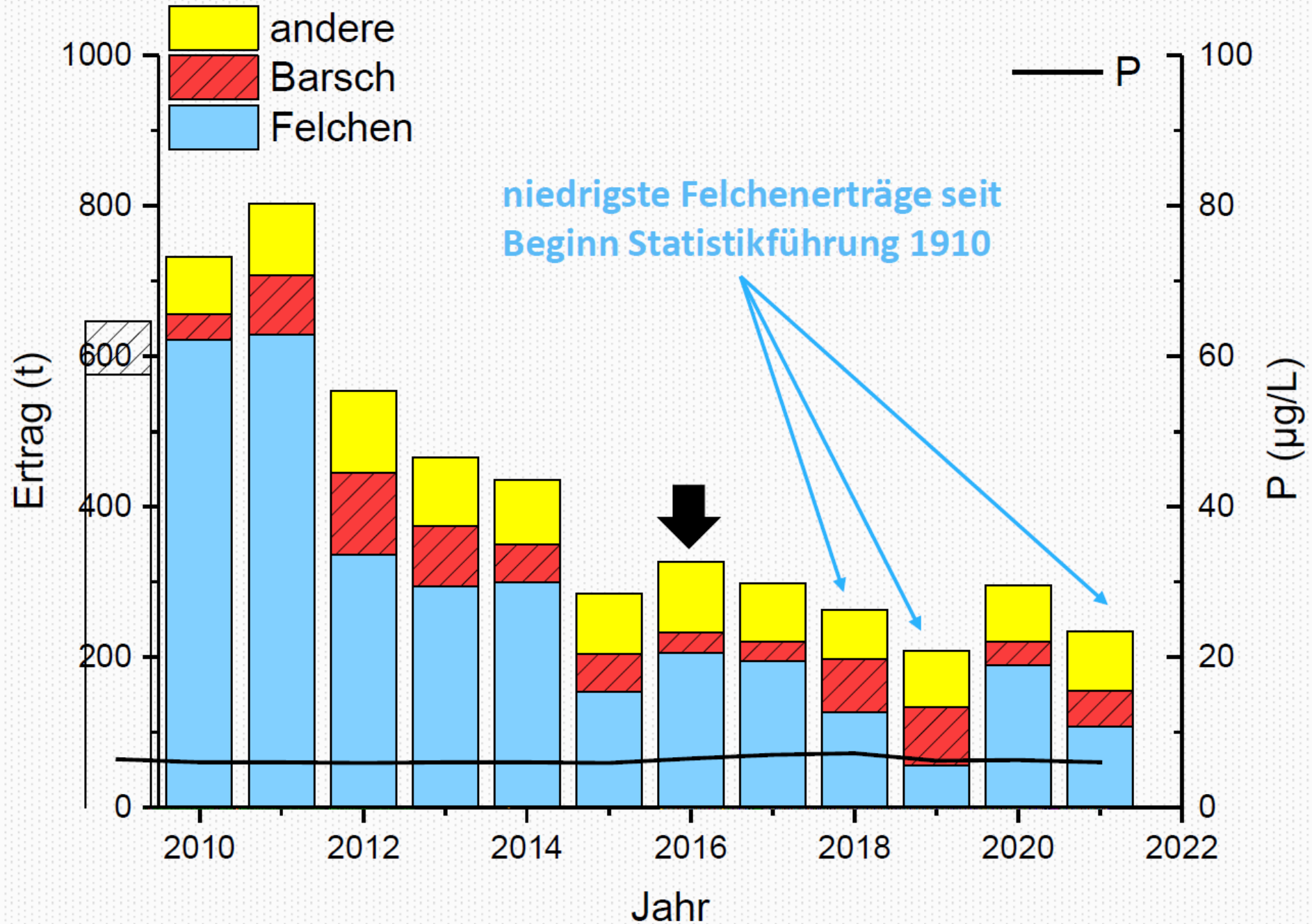


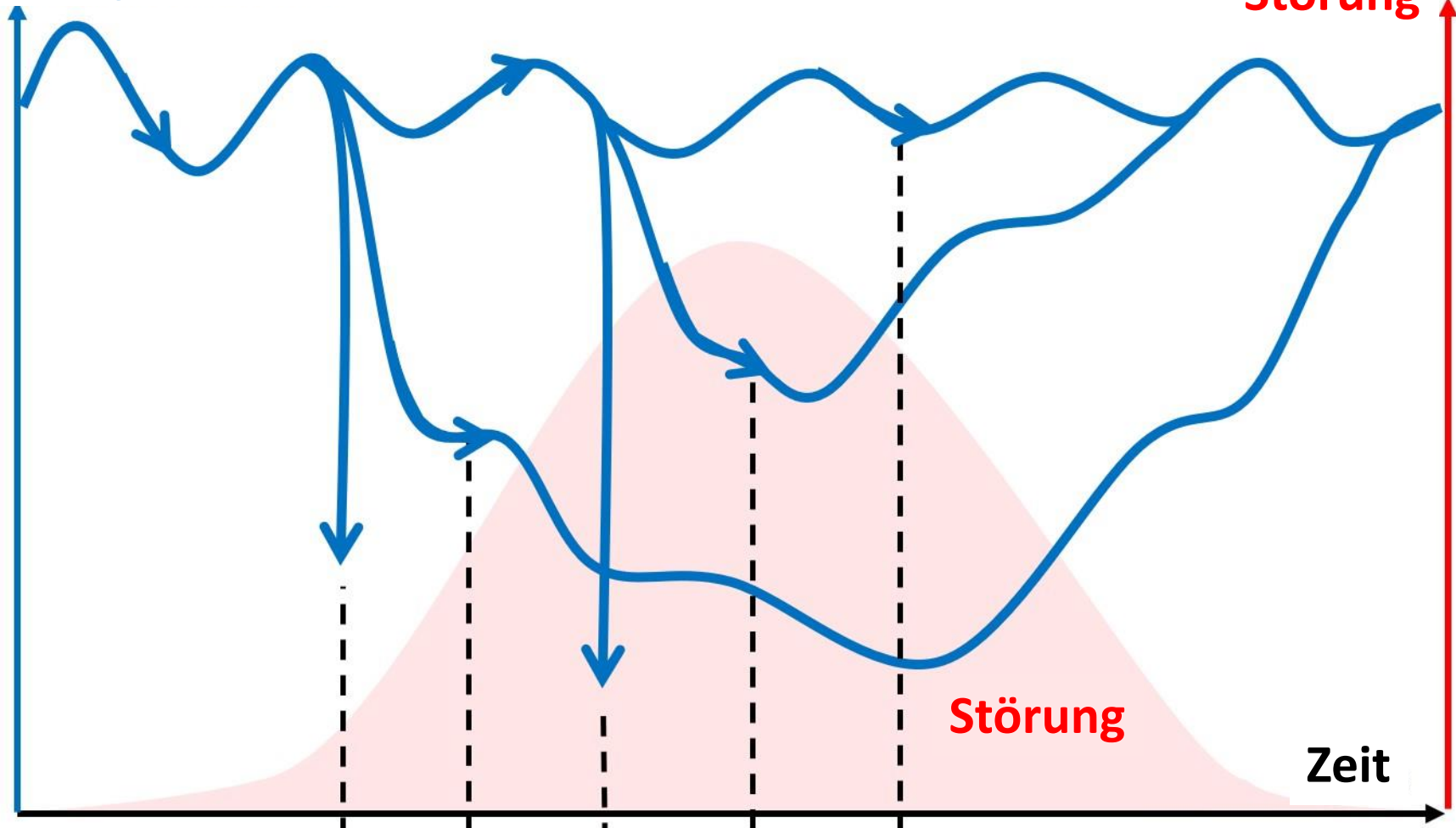
Weniger Nährstoffe,
geringere Produktion

Gesamtertrag 1910-2021



Gesamtertrag 2010-2021





Störung

Zeit

- || hohe Widerstandsfähigkeit
- | mittlere Widerstandsfähigkeit, hohe Resilienz
- mittlere Widerstandsfähigkeit, niedrige Resilienz
- niedrige Widerstandsfähigkeit, hohe Resilienz
- niedrige Widerstandsfähigkeit, niedrige Resilienz

- Widerstandsfähigkeit
die Fähigkeit eines Systems, trotz einer Störung unverändert zu bleiben
- Erholung / Resilienz
die Fähigkeit des Systems, nach der Störung in seinen ursprünglichen Zustand zurückzukehren

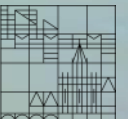
Veränderungen der Kieselalgen, der **Daphnien** und des **Felchenwachstums**

Unpublizierte Daten
Grafik entfernt

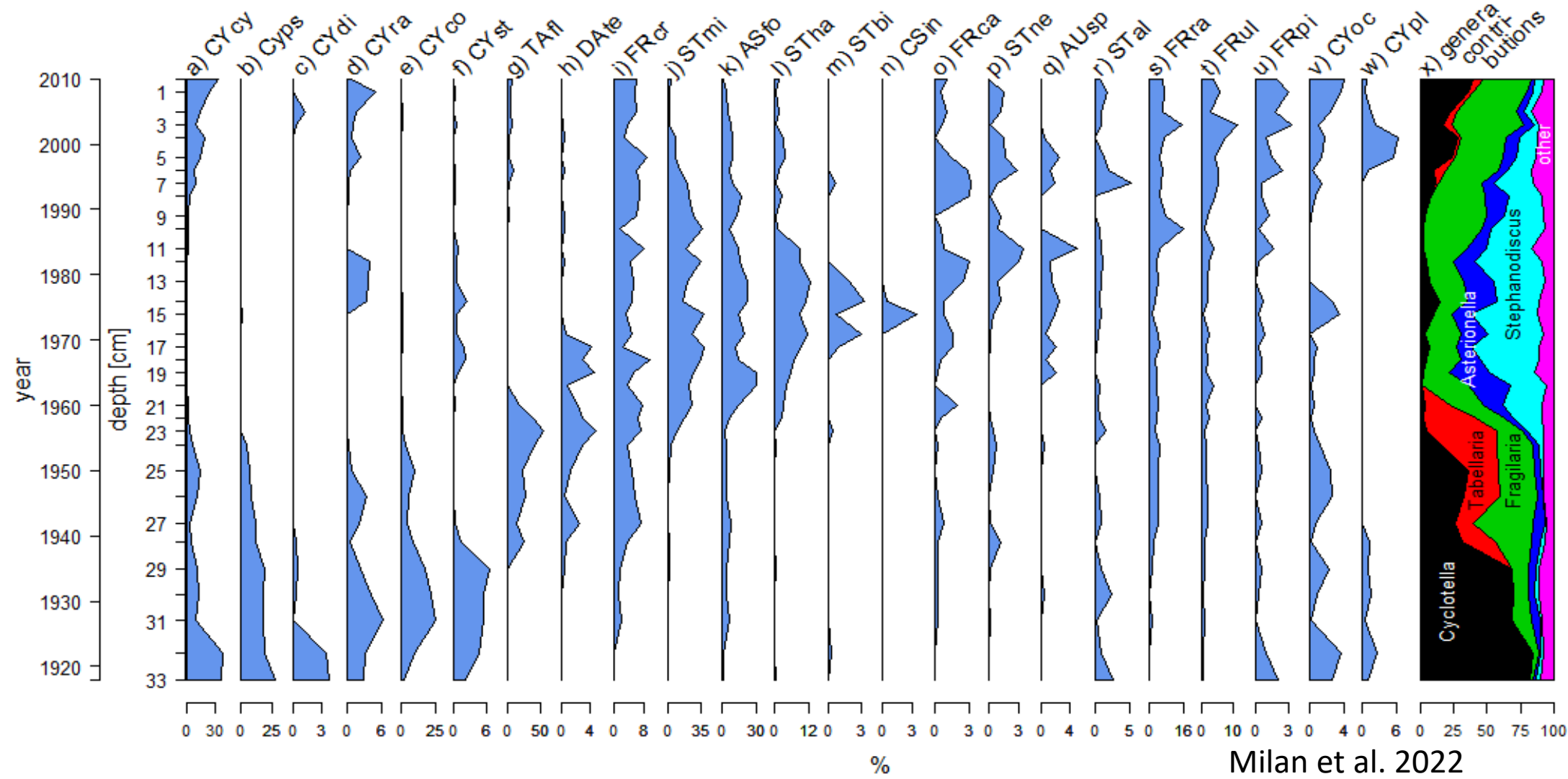
Daten zum
Felchenwachstum
aus Thomas &
Eckmann (2007)
und Eckmann
(unpubliziert)

Dietmar Straile

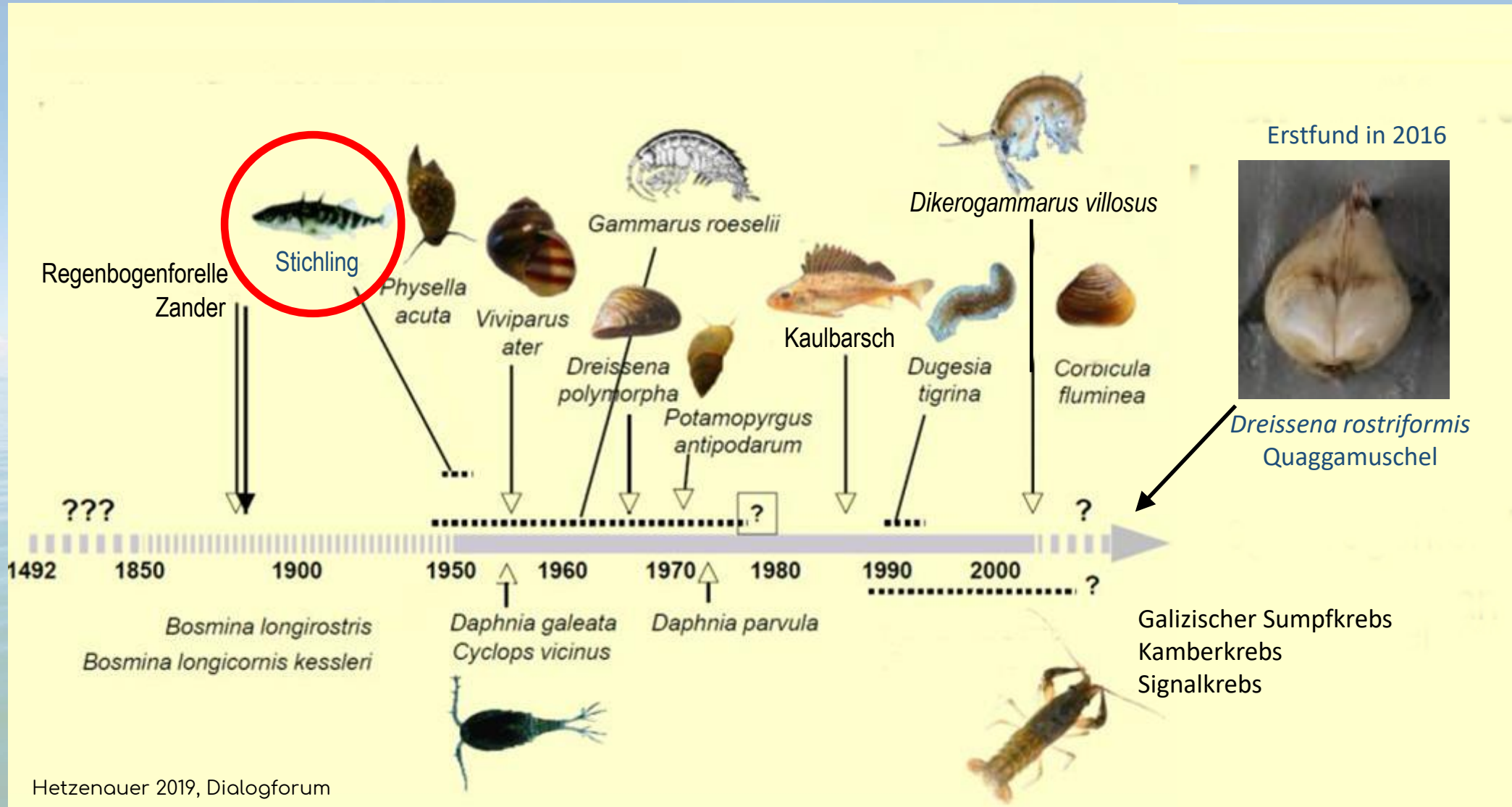
Universität
Konstanz



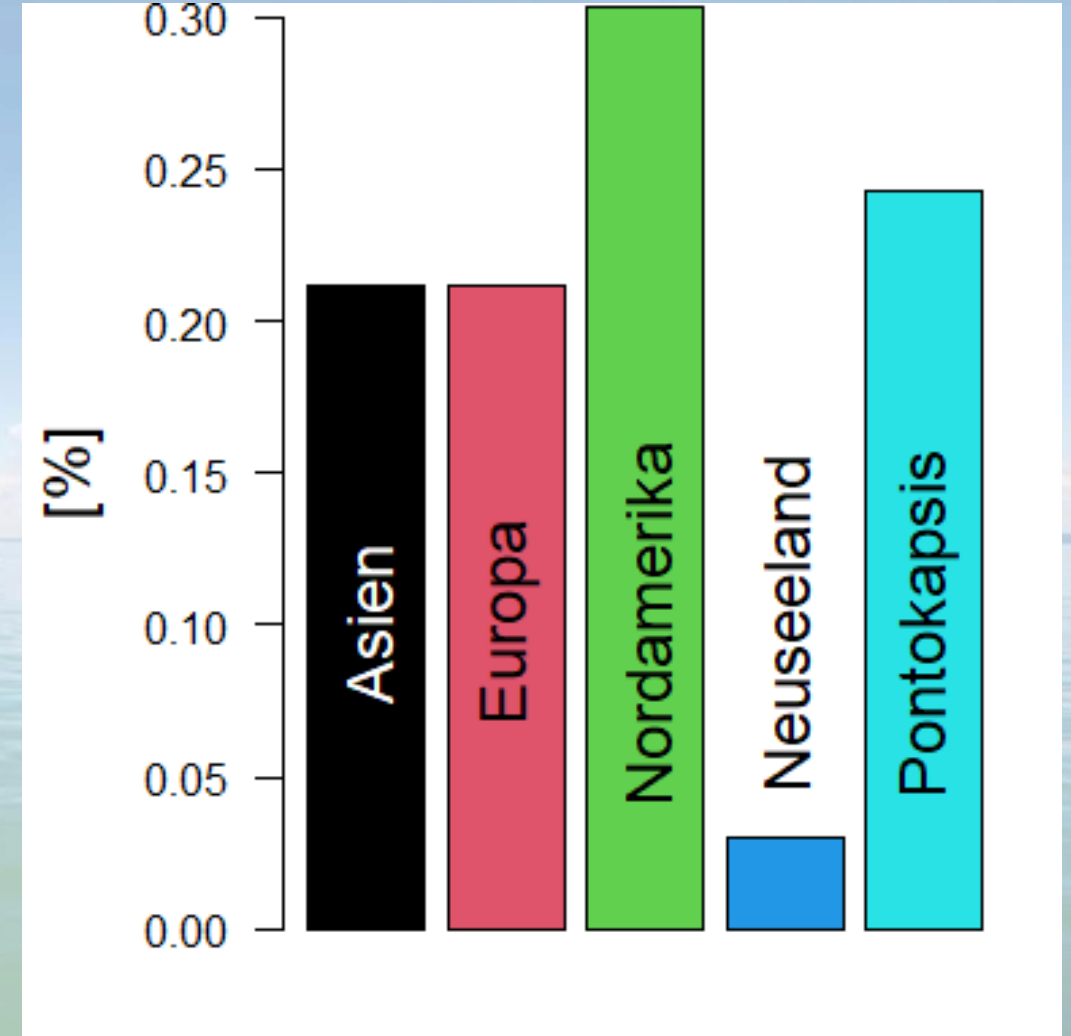
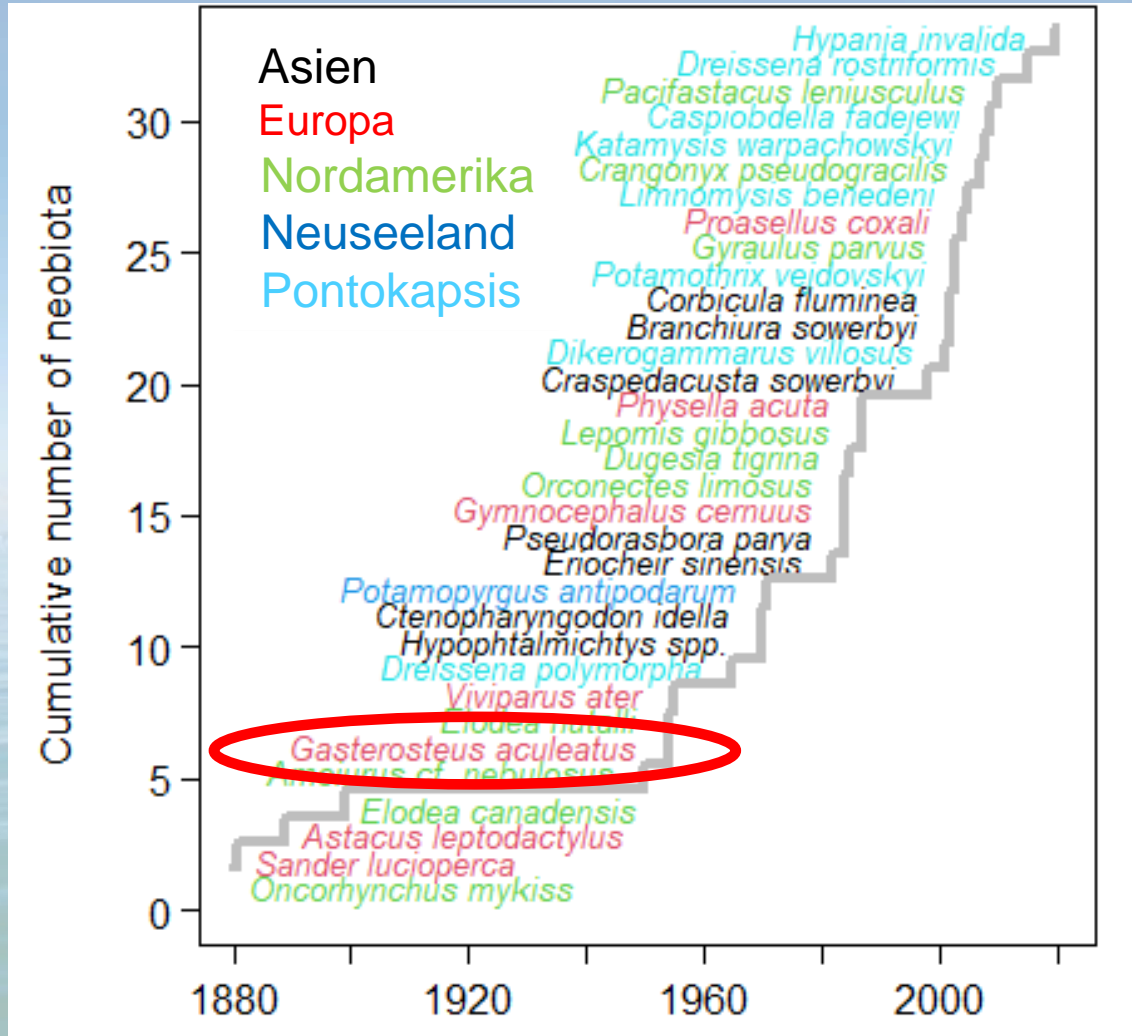
Veränderungen im Bodensee: Kieselalgen als Trophie-Indikatoren



Bodensee: Kalendarium der Invasionen



Neobiota im Bodensee



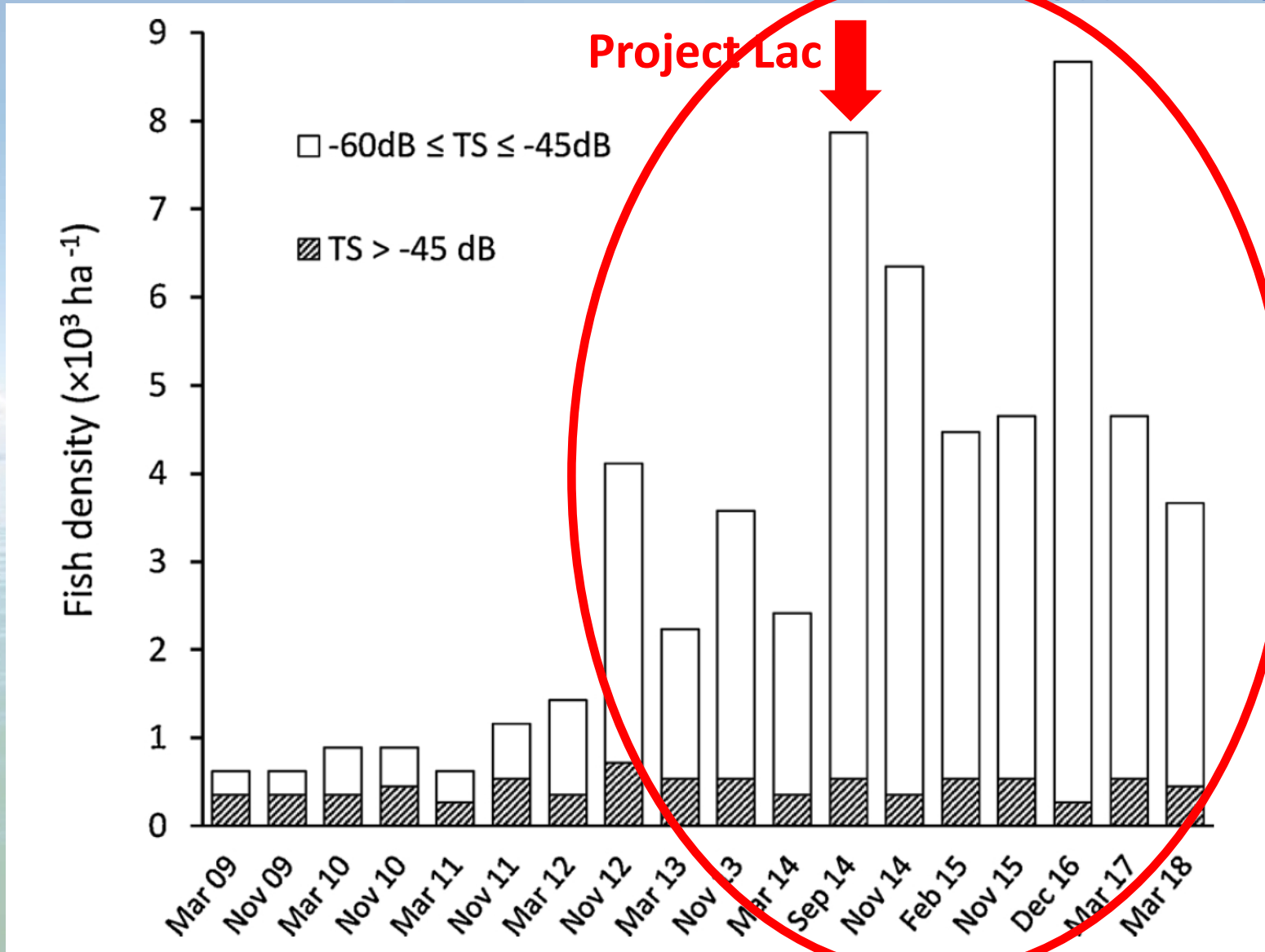
nach Straile & Güde (2016)



Bodensee: 2014 (Projet Lac)

Dichte von zwei Grössenklassen von Fischen im Frei- wasser (Pelagial) des Obersees

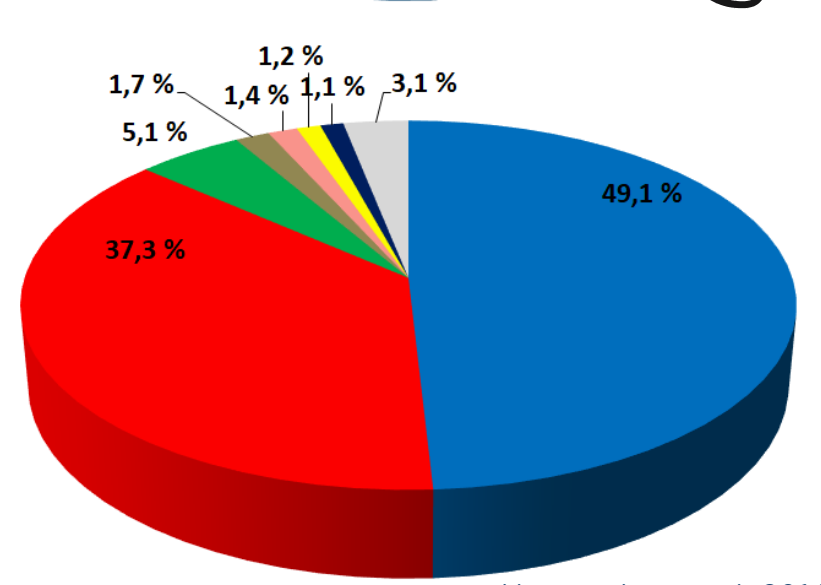
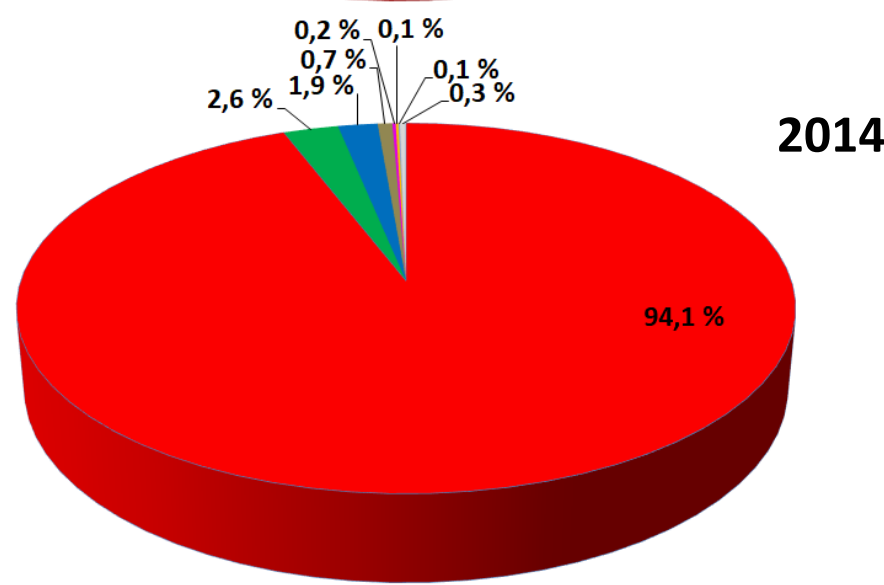
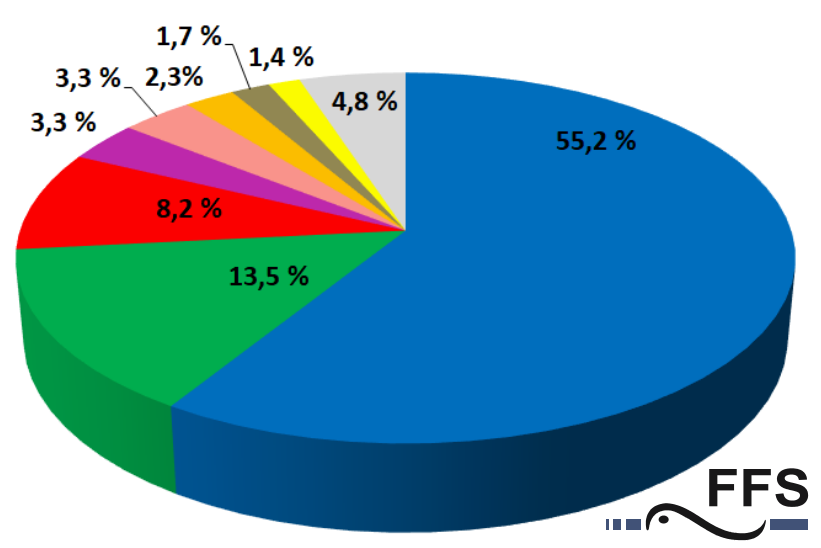
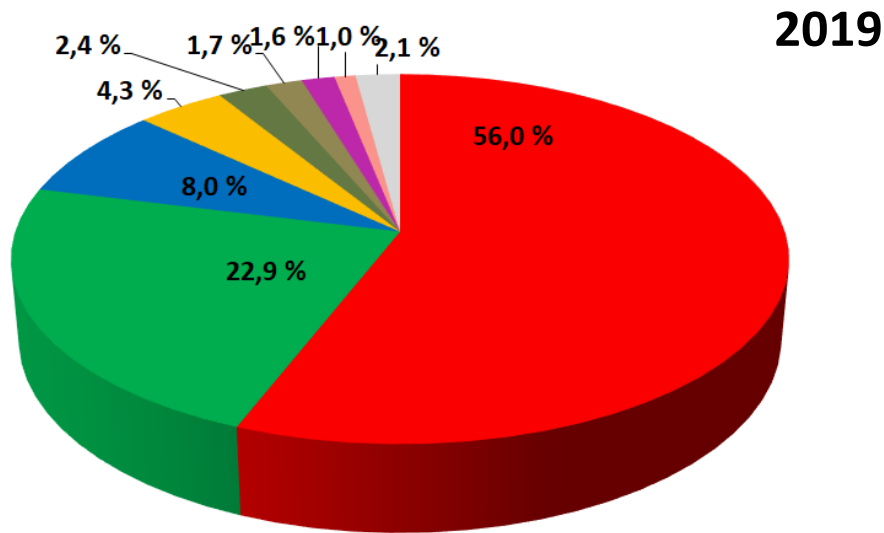
Kleine Fische (zwischen
-60 und -45 dB Zielstärke)
beinhalten pelagische (im
Freiwasser lebende)
Stichlinge ab November
2012



Anteile der Individuen

Anteile der Biomasse

Obersee

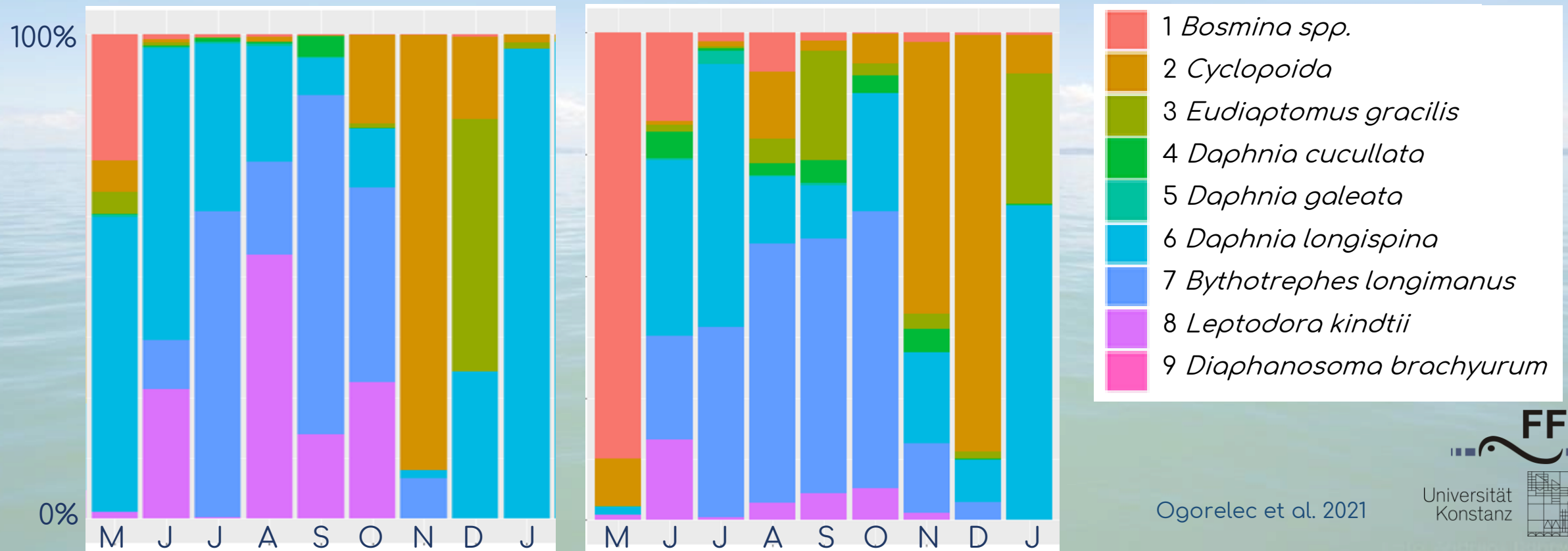


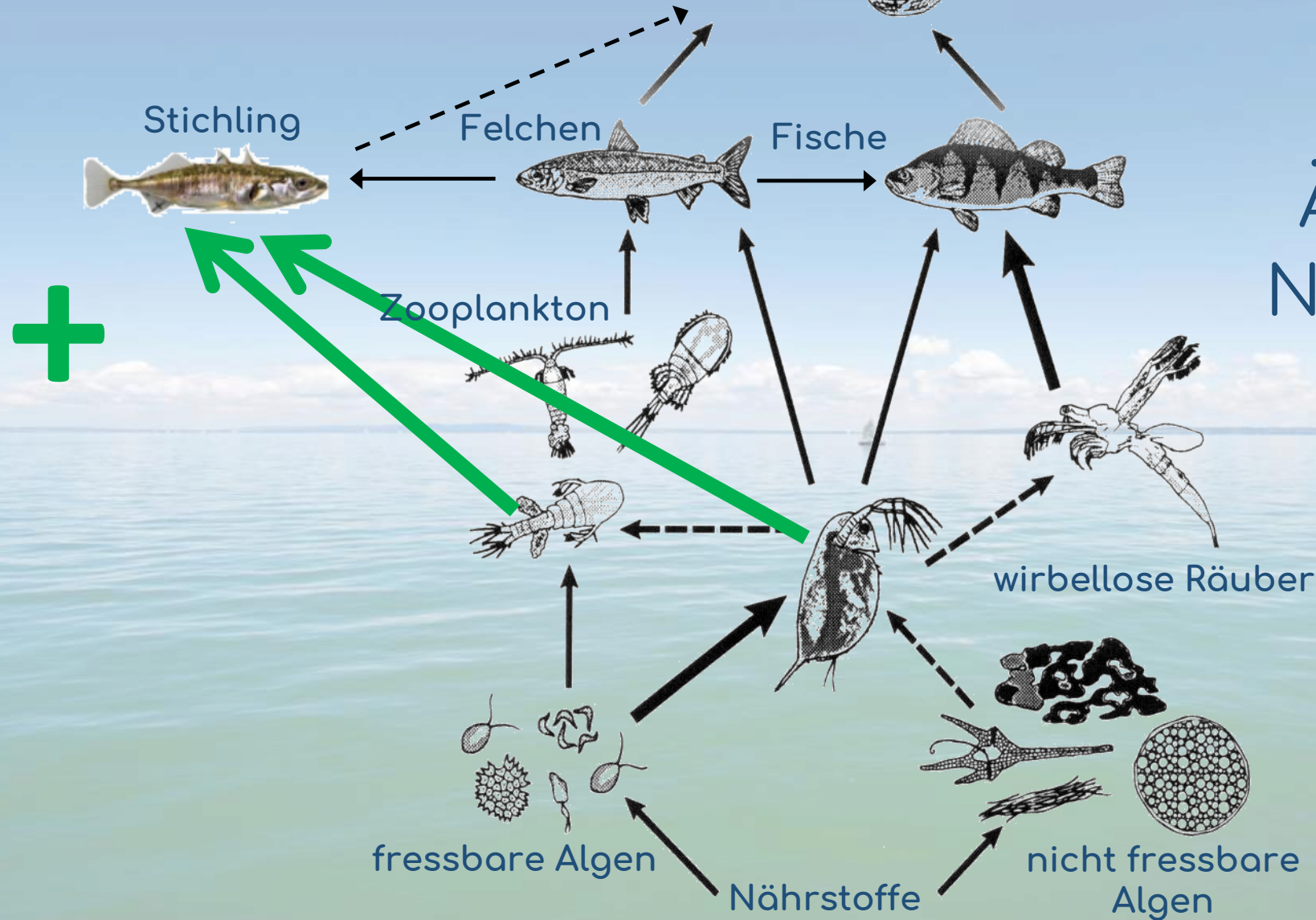
- Felchen
- Barsch
- Dreist. Stichling
- Rotaugen
- Seesaibling
- Ukelei
- Kaulbarsch
- Döbel
- Sonstige

P3: Nahrungszusammensetzung Fische im See Auf Basis von Trockengewicht (2018-19)

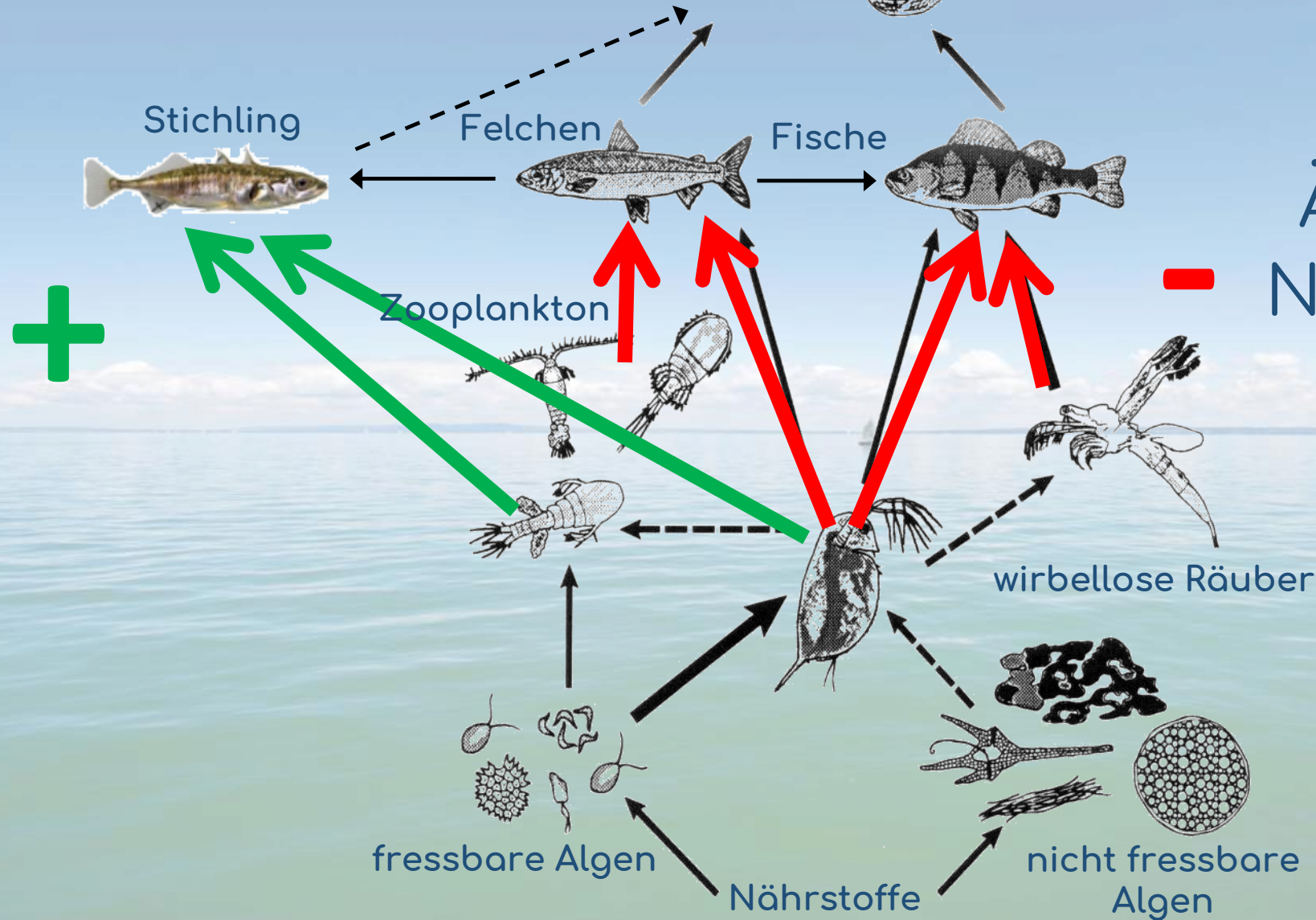
Felchen

Stichlinge

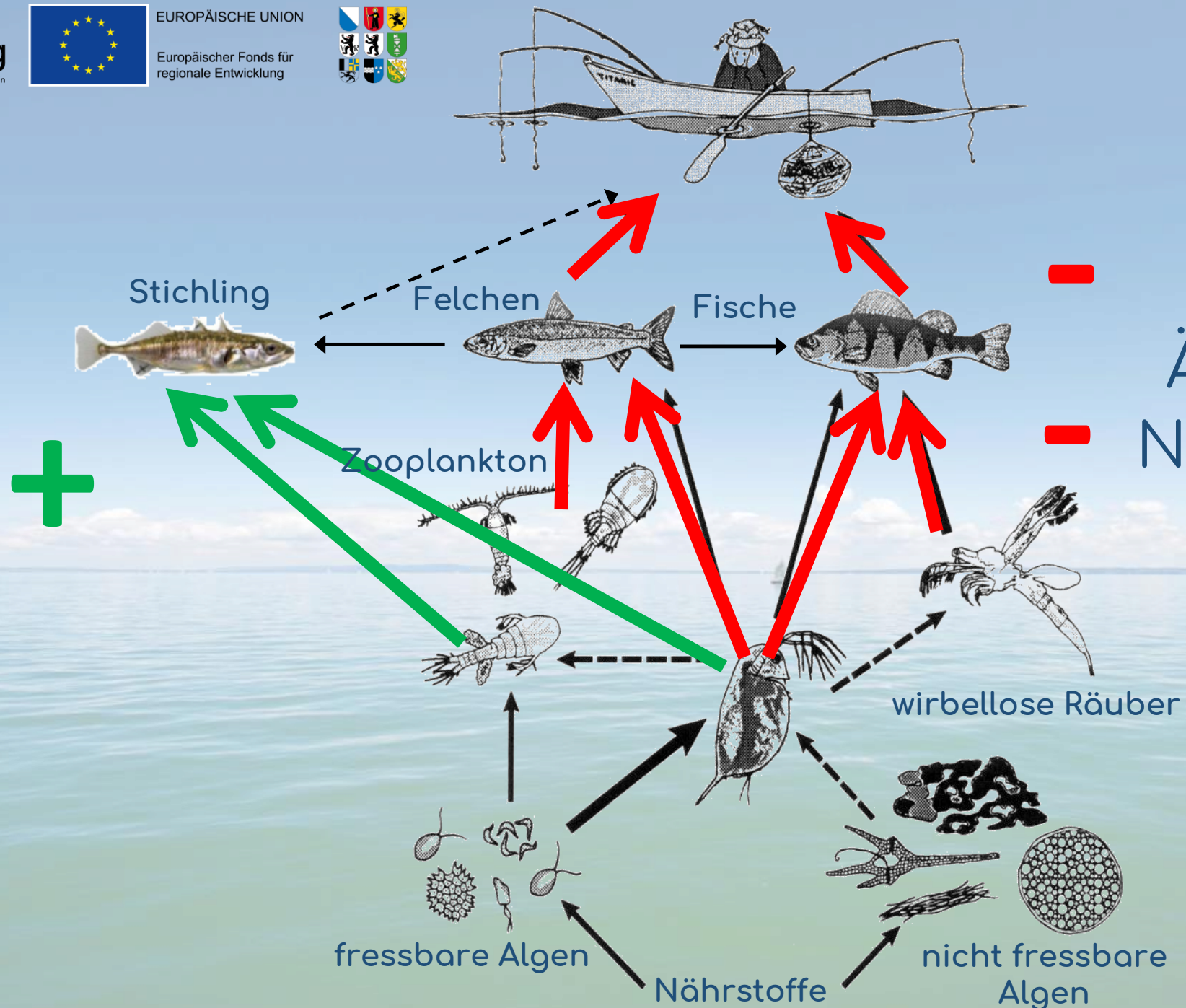




Mögliche Änderungen Nahrungsnetz Bodensee: Stichlinge

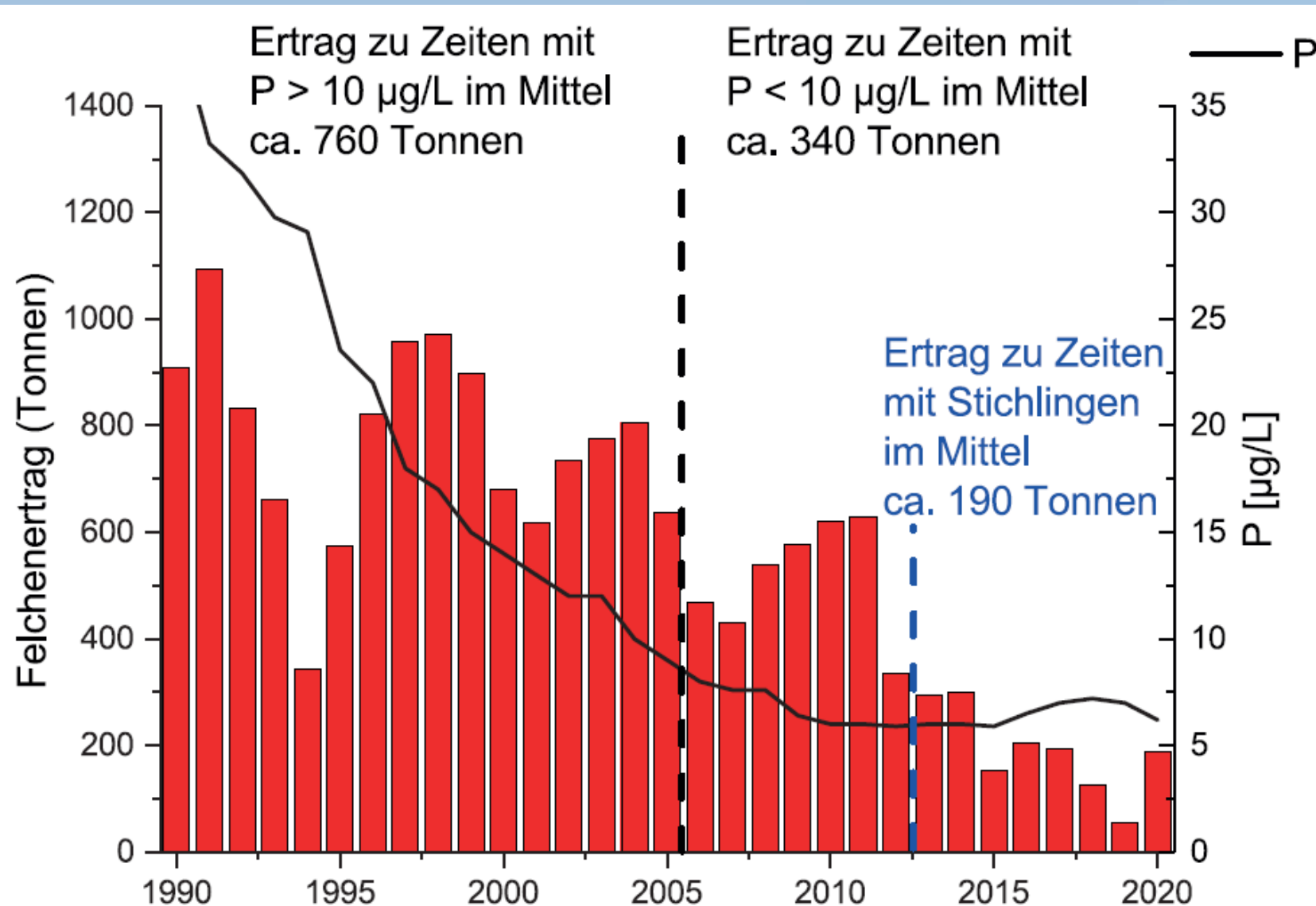


Mögliche
Änderungen
Nahrungsnetz
Bodensee:
Stichlinge

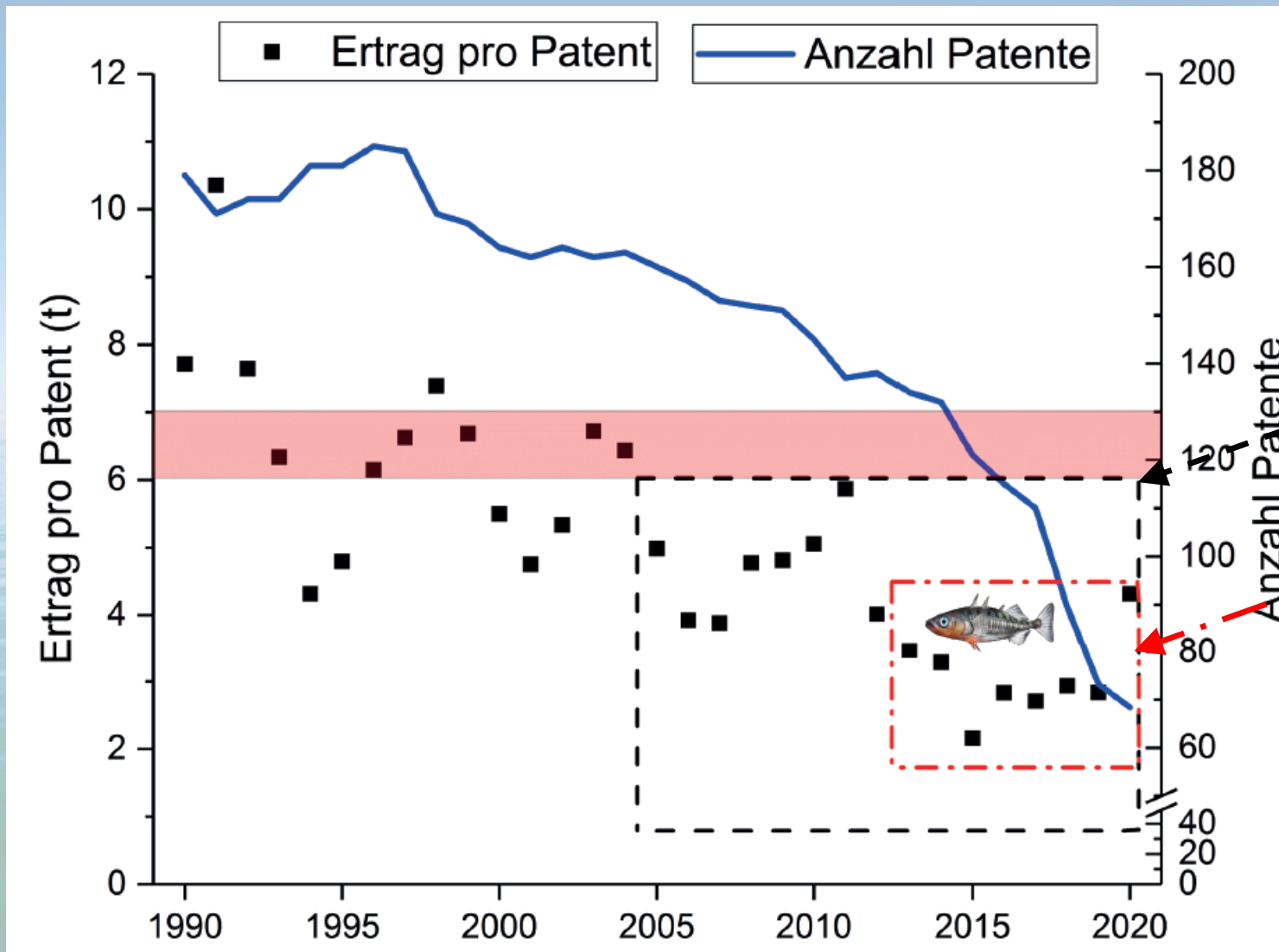


- Mögliche
Änderungen
- Nahrungsnetz
Bodensee:
Stichlinge

Stichling im Bodensee: sinkende Fangerträge?



Stichling im Bodensee: sinkende Fangerträge?

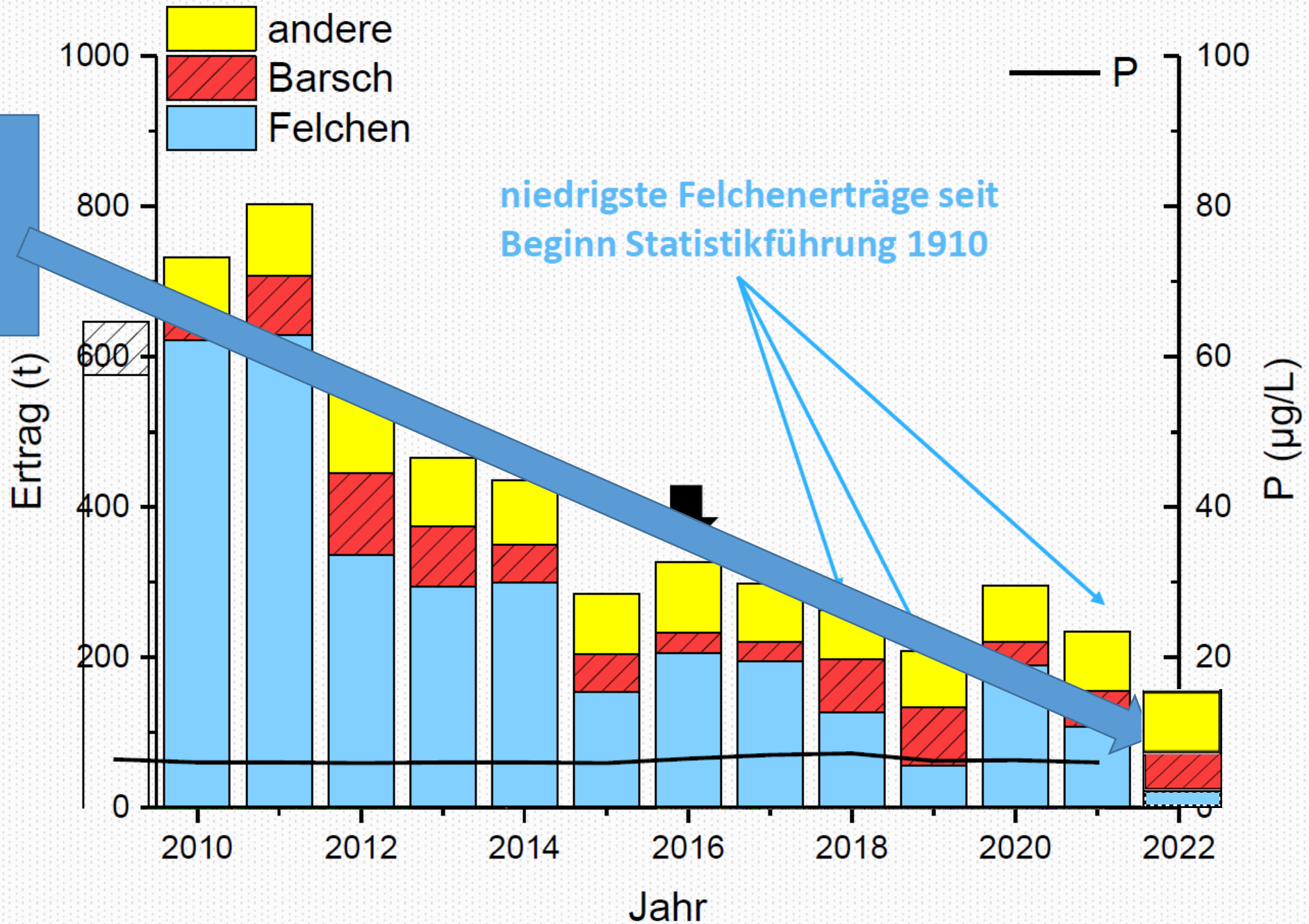


Gesamtphosphorgehalt
unter $10 \mu\text{g L}^{-1}$

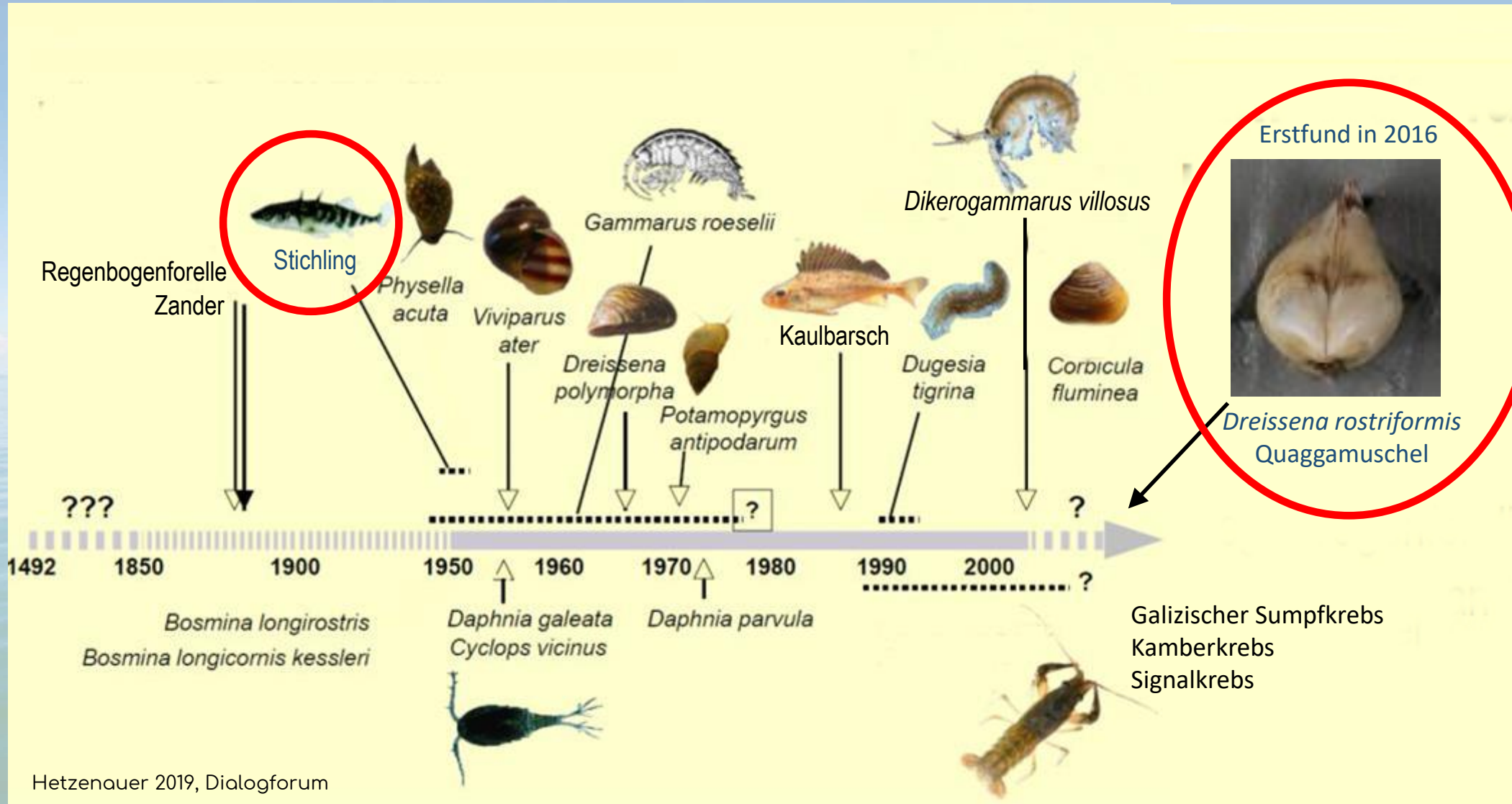
Stichling im Freiwasser

Gesamtertrag 2010-2021

64 Berufsfischerinnen und -fischer am Bodensee haben 2022 nur noch 21 Tonnen Felchen gefangen

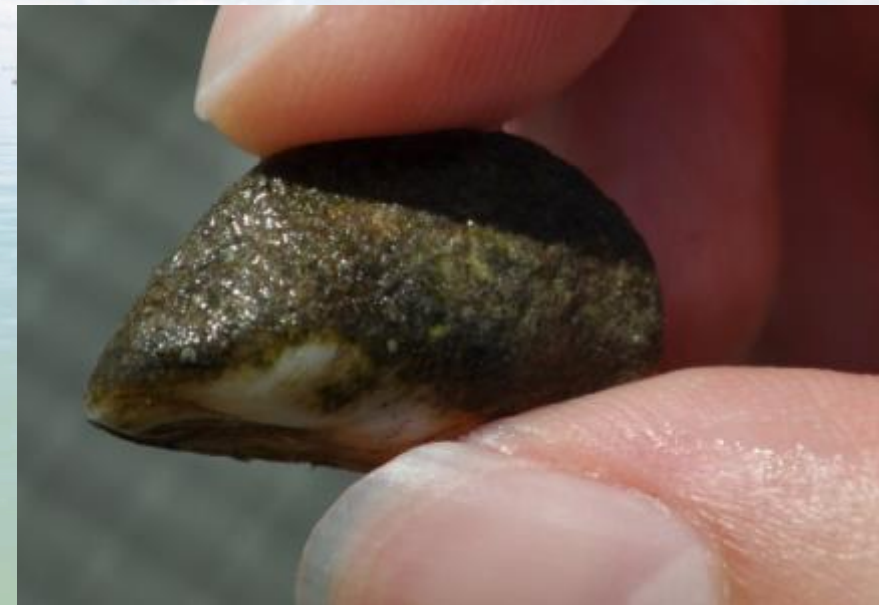


Bodensee: Kalendarium der Invasionen

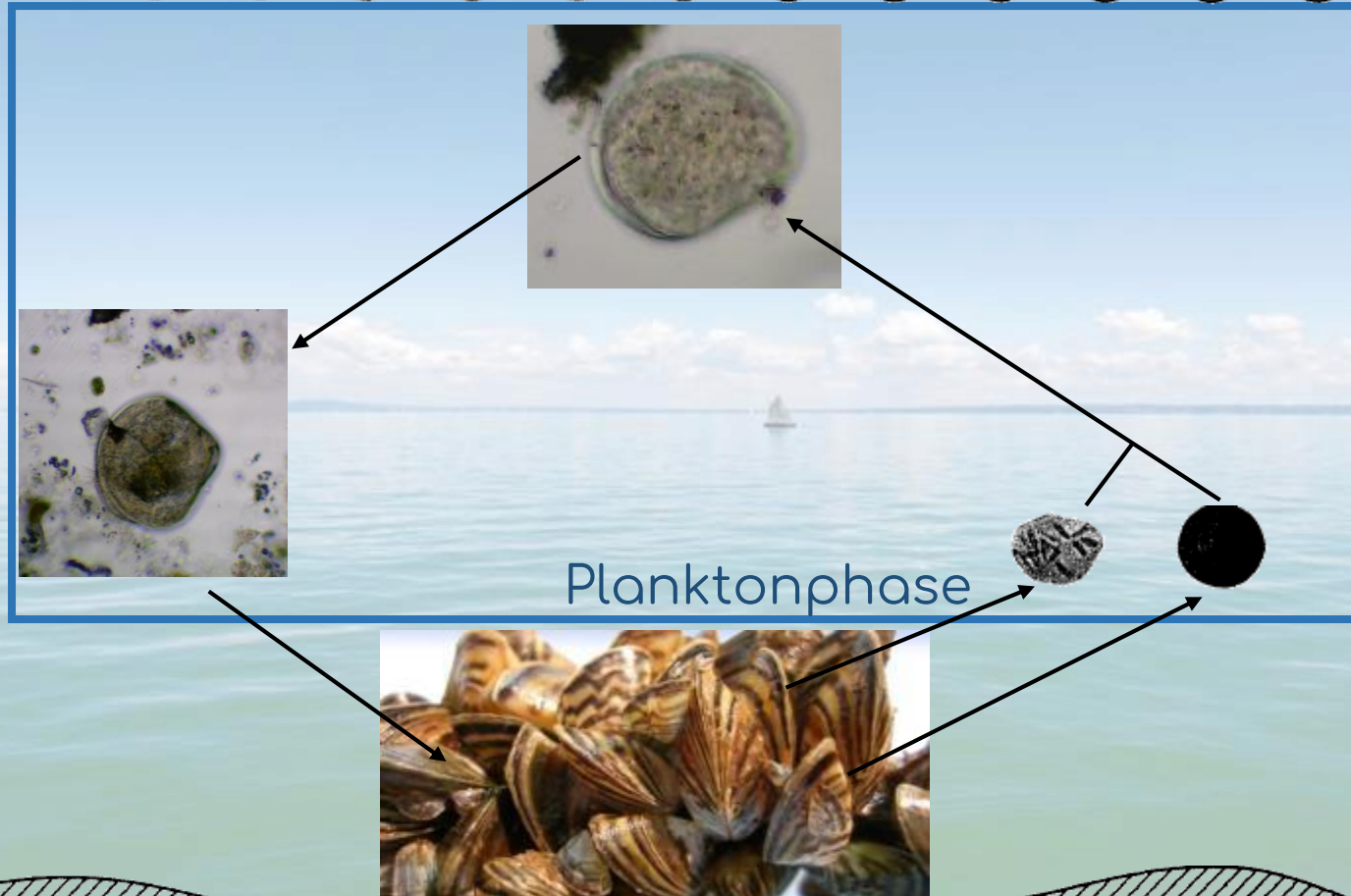


Dreissena

- Im Bodensee kommen zwei verwandte invasive Muscheln nebeneinander vor
- Zebra- und Quagga-Muschel, *Dreissena polymorpha* (1960er Jahre)
- und Quaggamuschel, *Dreissena rostriformis* (Erstfund 2016)
- Mit selbstklebenden Byssalfäden setzen sie sich an Oberflächen und aneinander



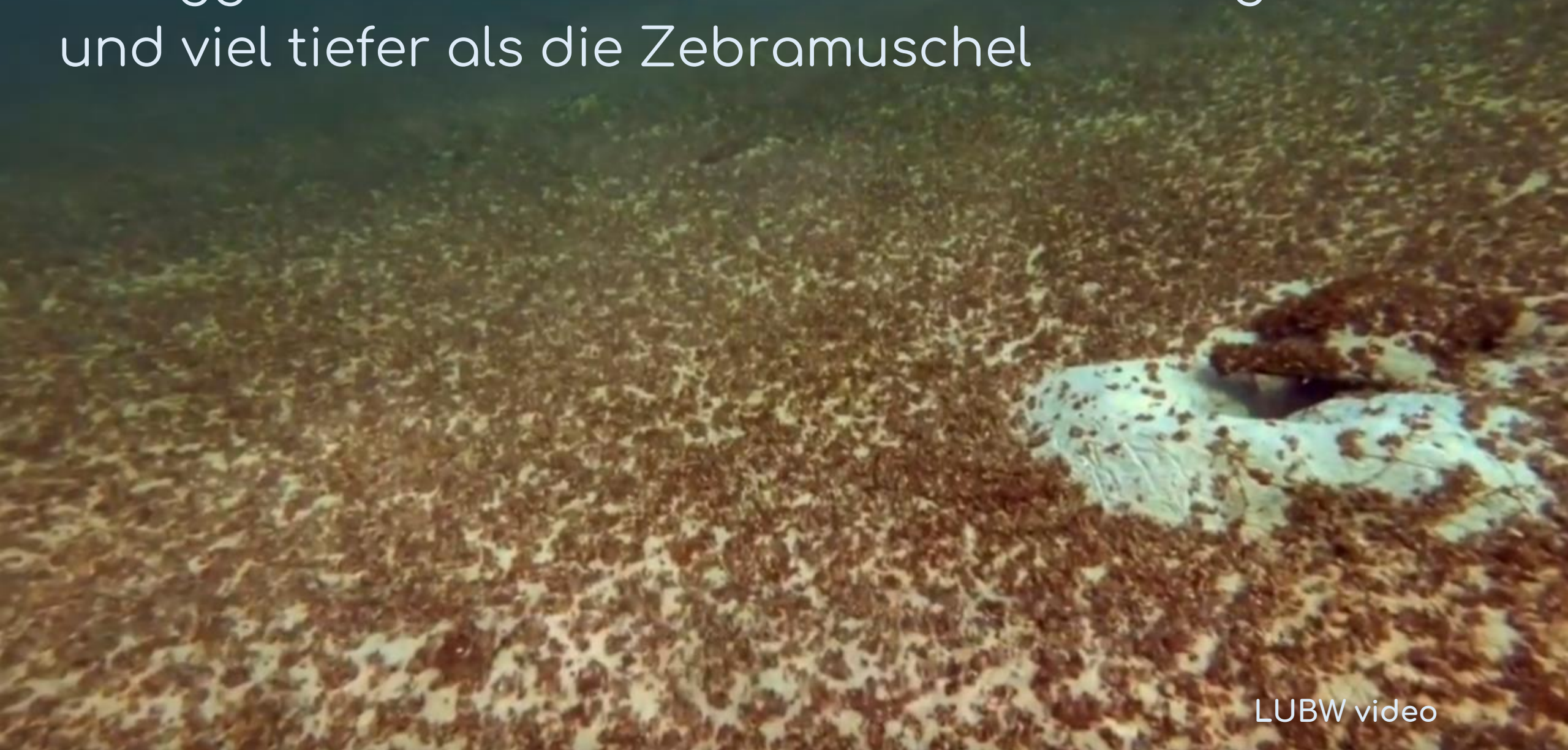
Reproduktion von *Dreissena*: Veligerlarve



Jede Muschel
kann pro Saison
eine Million
Gameten
produzieren



Quagga setzt sich auch auf weichem Untergrund ab und viel tiefer als die Zebraamuschel



Research Article

The distribution and spread of quagga mussels in perialpine lakes north of the Alps

Linda Haltiner^{1,2,†,*}, Hui Zhang^{3,*}, Orlane Anneville⁴, Lukas De Ventura⁵, J Tyrell DeWeber⁶, John Hesselschwerdt⁷, Michael Koss⁸, Serena Rasconi⁴, Karl-Otto Rothhaupt³, Roland Schick⁹, Brigitte Schmidt¹⁰, Piet Spaak^{1,2}, Petra Teiber-Siessegger¹¹, Martin Wessels¹¹, Markus Zeh¹² and Stuart R. Dennis¹

¹Department of Aquatic Ecology at the Swiss Federal Institute for Environmental Sciences and Technology (Eawag), Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, Switzerland

²Institute for Integrative Biology (IBZ) at the Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ), Switzerland

³University of Konstanz, Limnological Institute, Mainaustrasse 252, 78464 Konstanz, Germany

⁴INRAE (National Research Institute for Agriculture, Food and Environment), University Savoie Mont Blanc, CARTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France

⁵Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt, Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau, Switzerland

⁶LAZBW, Fischereiforschungsstelle Langenargen, Argenweg 50/1, 88085 Langenargen, Germany

⁷HYDRA, Büro Konstanz, Fürstenbergstrasse 25, 78467 Konstanz, Germany

⁸Zurich Water Supply, Hardhof 9, 8021 Zurich, Switzerland

⁹Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung, Süssenmühle, 78354 Sipplingen, Germany

¹⁰Ville de Lausanne, Service de l'eau, Rue de Genève 36, CP 7416, 1002 Lausanne, Switzerland

¹¹Institut für Seenforschung, Landesanstalt für Umwelt (LUBW), Argenweg 50/1, 88085 Langenargen, Germany

¹²Kanton Bern, Bündackerstrasse 44, 3047 Bremgarten, Switzerland

[†]Equal contribution

*Corresponding author



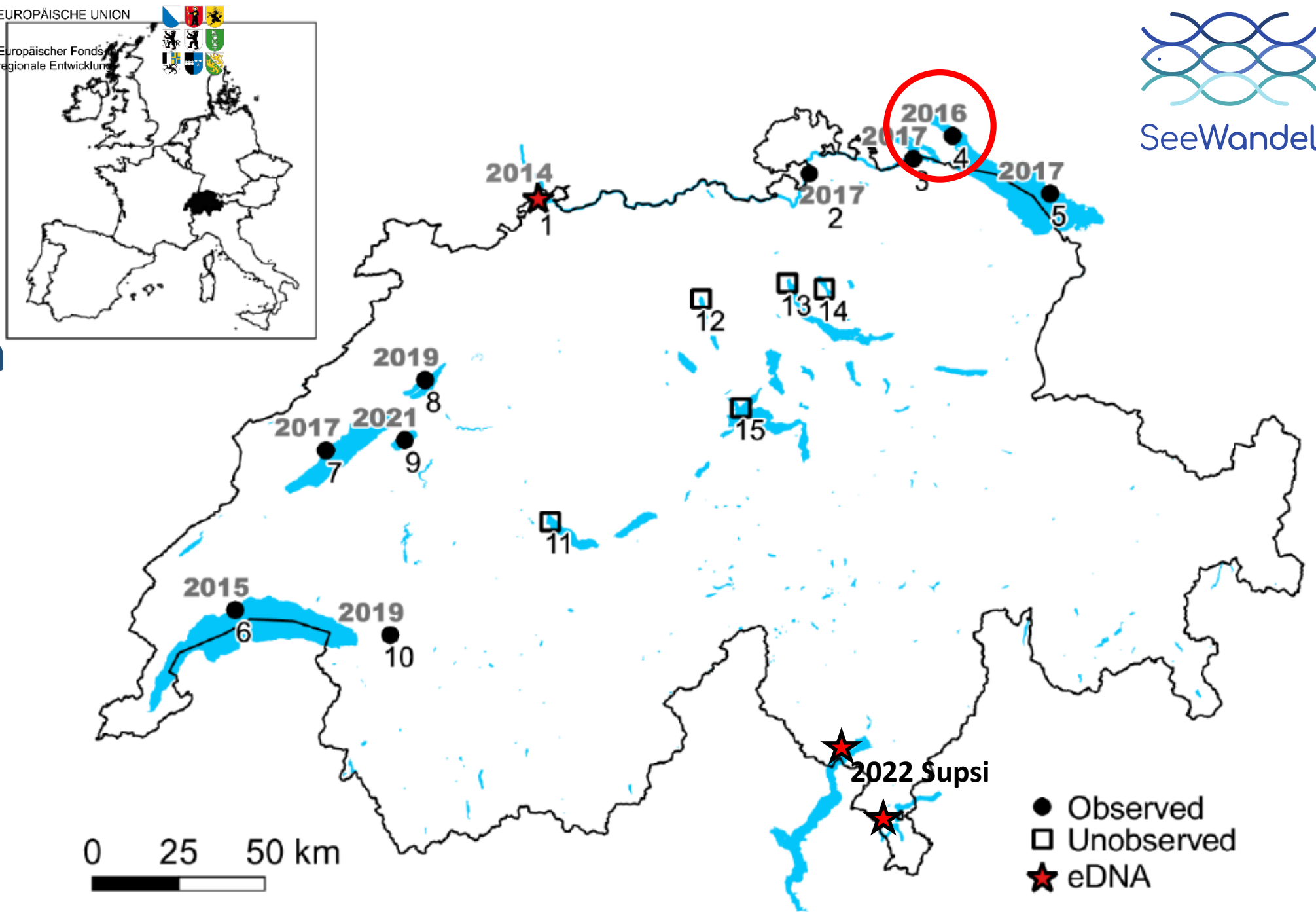
SeeWandel Faktenblatt
No. 02 | Dezember 2021

Leben im Bodensee –
gestern, heute und morgen

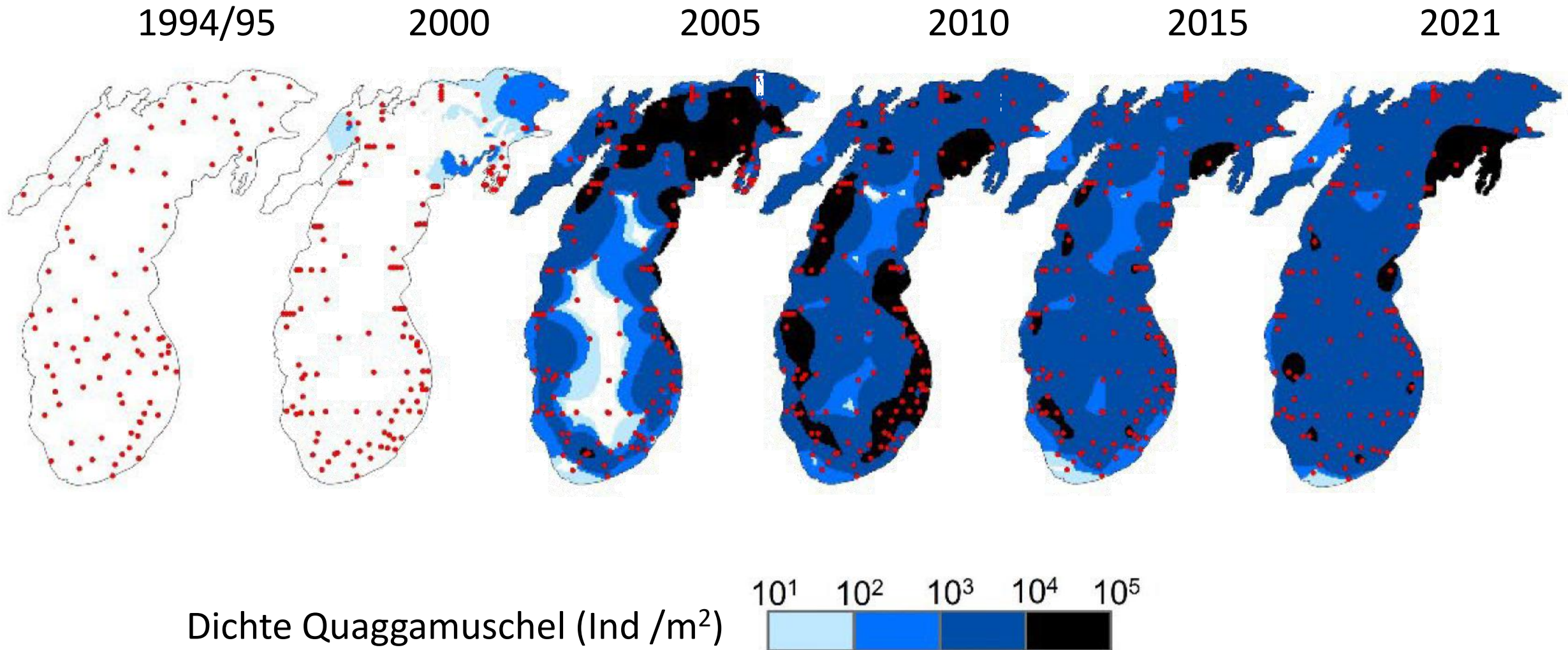
Die gebietsfremde Quaggamuschel erobert den Bodensee – drohen massive Folgen für das Ökosystem?

Innerhalb kürzester Zeit hat sich die neu eingewanderte gebietsfremde Quaggamuschel im Bodensee ausgebreitet und die gebietsfremde Zebromuschel zurückgedrängt. Sie vermehrt sich massenhaft und besiedelt den See bis in große Tiefen. Die Quaggamuschel wächst nicht nur an Booten, Stegen und in Rohren, auch auf weichem Substrat kann sie sich ansiedeln. Welche Folgen die schnelle Ausbreitung für das Ökosystem Bodensee hat, lässt sich noch nicht abschließend sagen. Die gut untersuchten Großen Seen (Great Lakes) in Nordamerika liefern jedoch Anhaltspunkte zu möglichen Folgen für den Bodensee. Wir befürchten, dass die Quaggamuschel auch in unseren Gewässern die Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen wird. Die rasante Weiterverbreitung in verschiedene Seen verdeutlicht das Risiko für bisher unbesiedelte Gewässer.

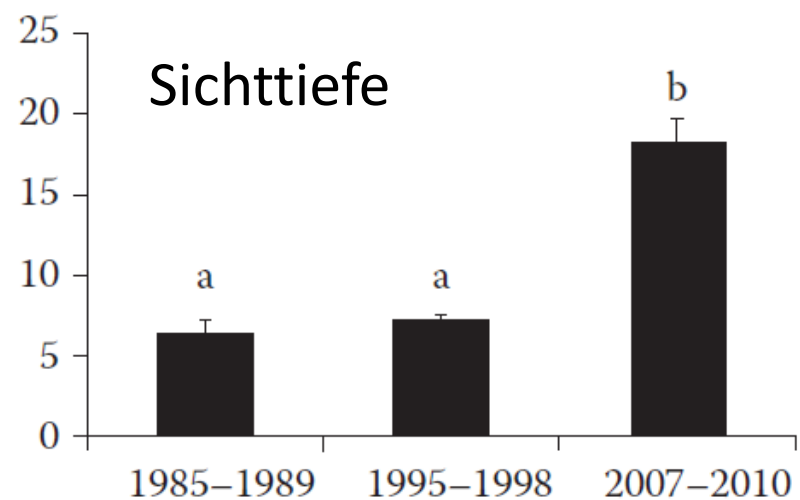
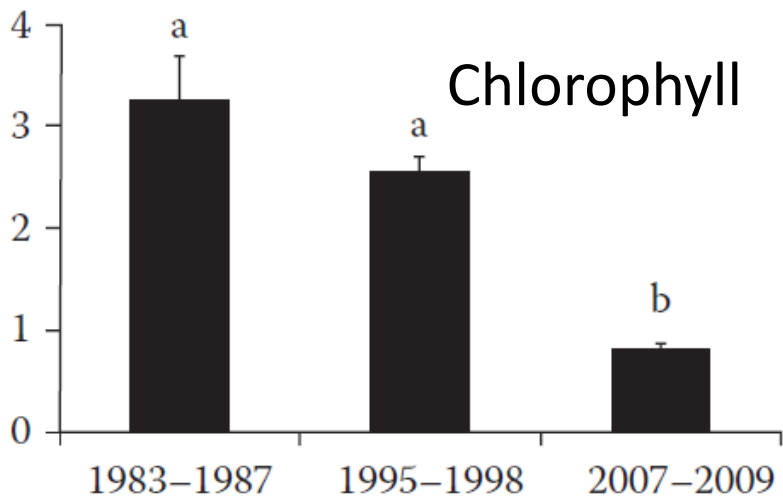
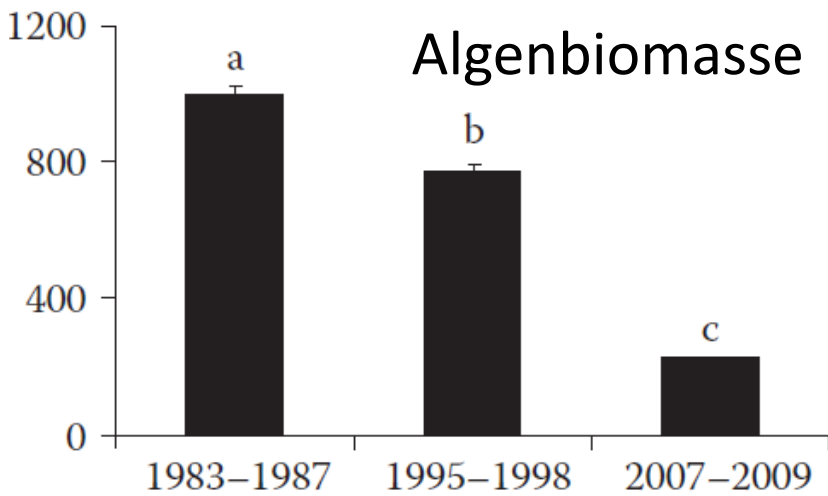
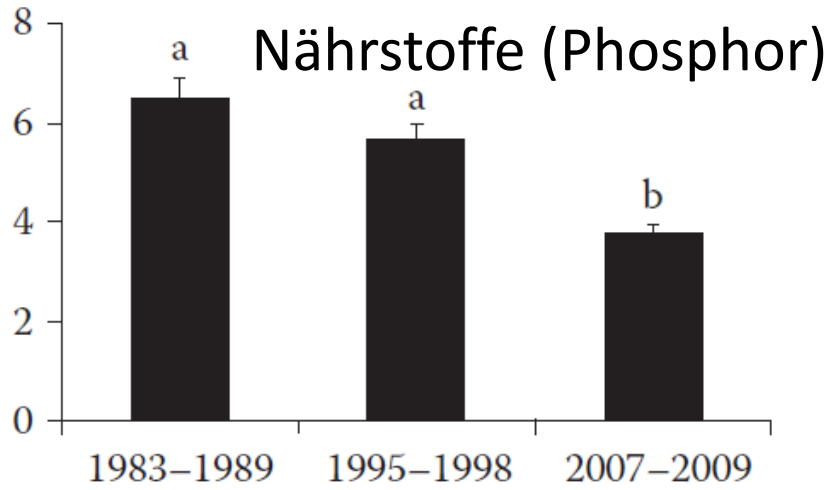
Quagga- muschel- Vorkommen in der Schweiz



Ausbreitung von Quaggamuscheln im Lake Michigan, USA



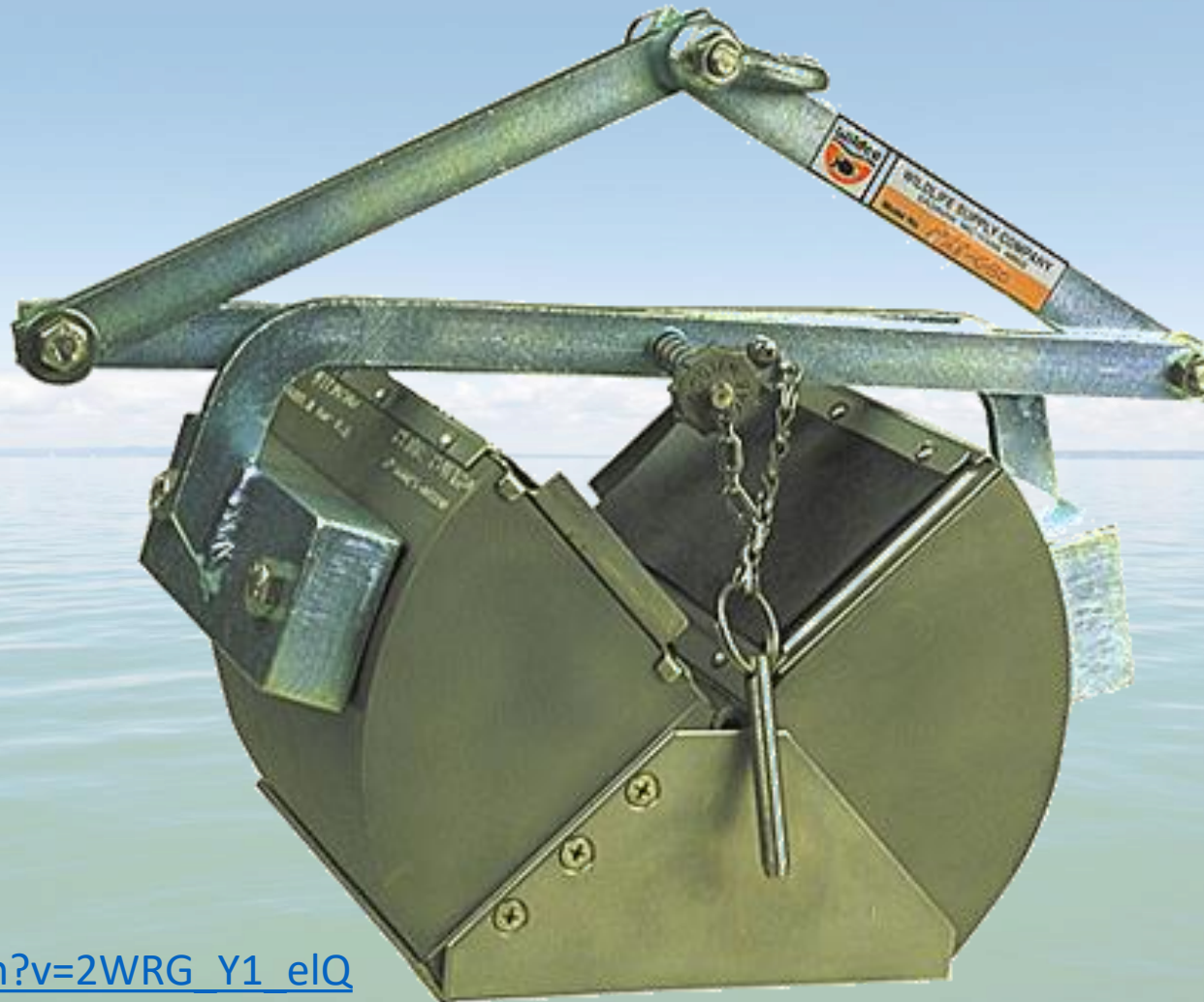
Änderungen in Lake Michigan

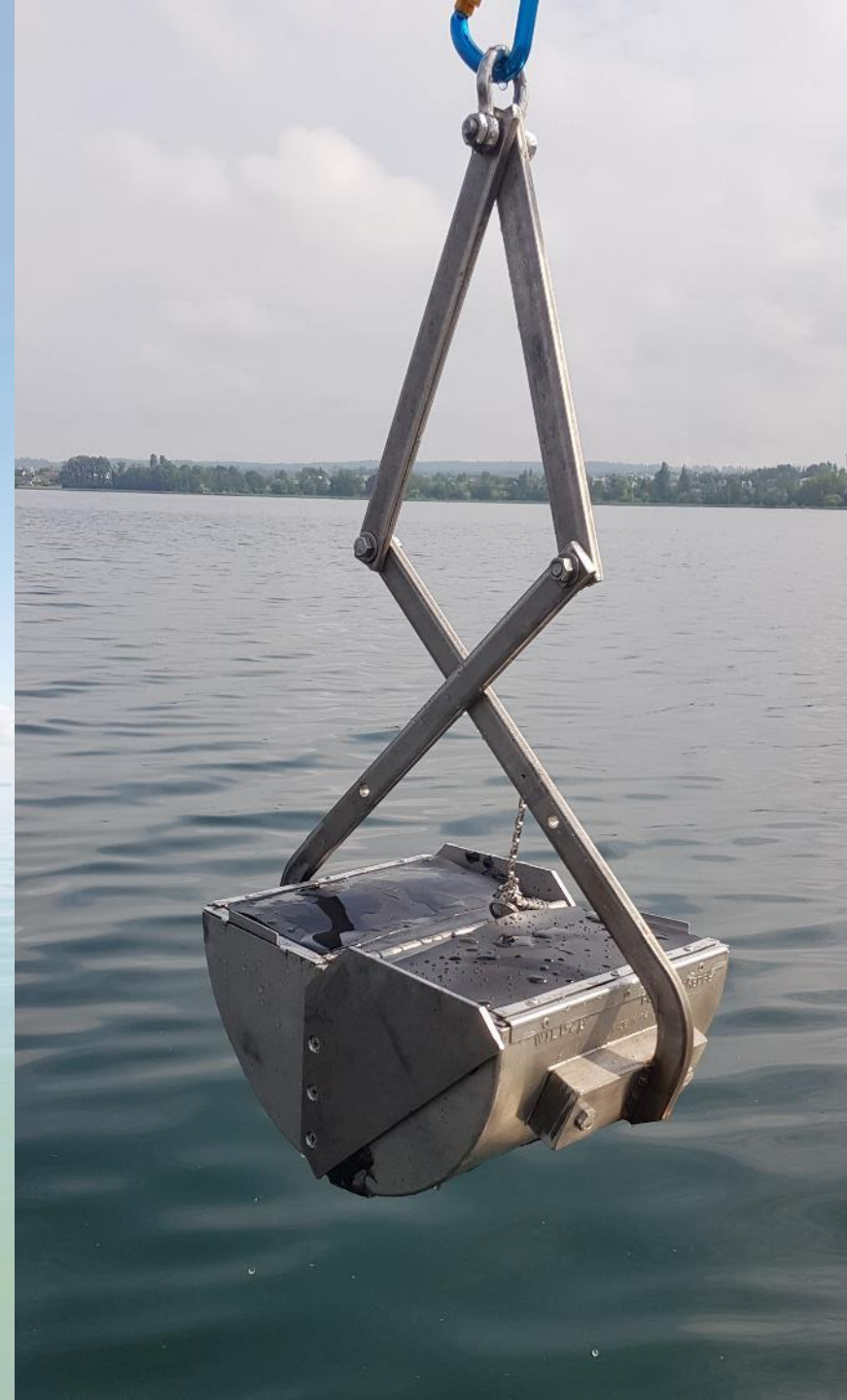


1983-87 keine Muscheln
1995-98 Zebra- und Quagga-Muscheln
2007-09 Quagga-Muscheln

Ponar Grab (das Probenahmegerät in Lake Michigan)

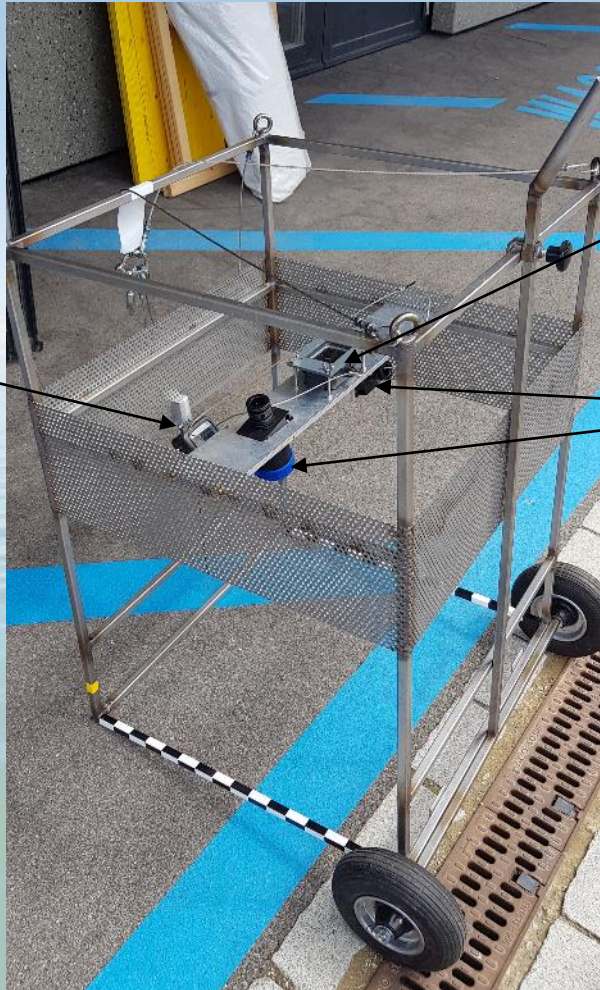
Ponar Grab,
Standard 9" x 9" -
All 316 Stainless
Steel





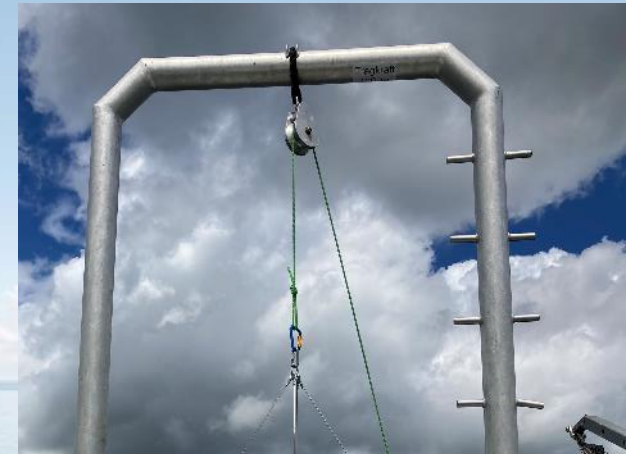


Unser Unterwasser-Videosystem BIS (Benthic Imagine System)



Obere
Kamera

Lampen



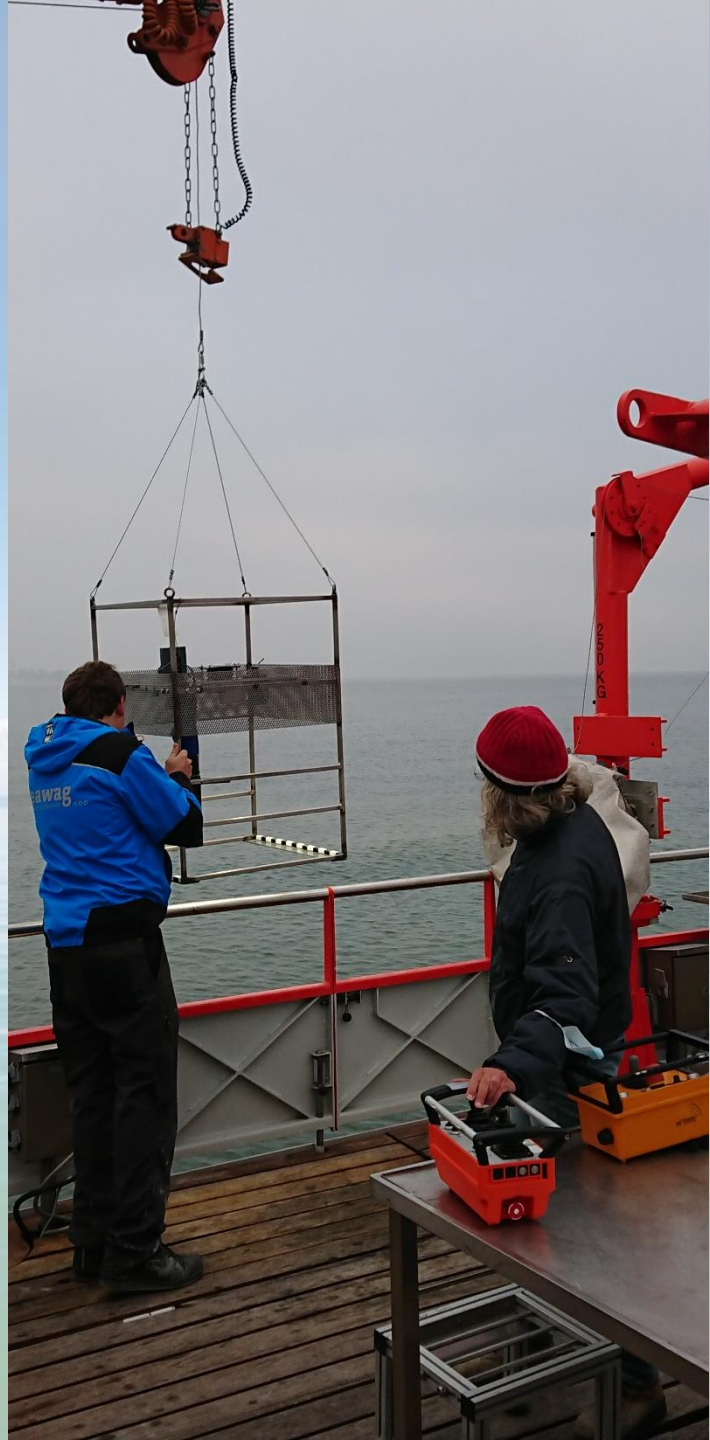
Hydrobiologia
<https://doi.org/10.1007/s10750-020-04481-x>

Nach:

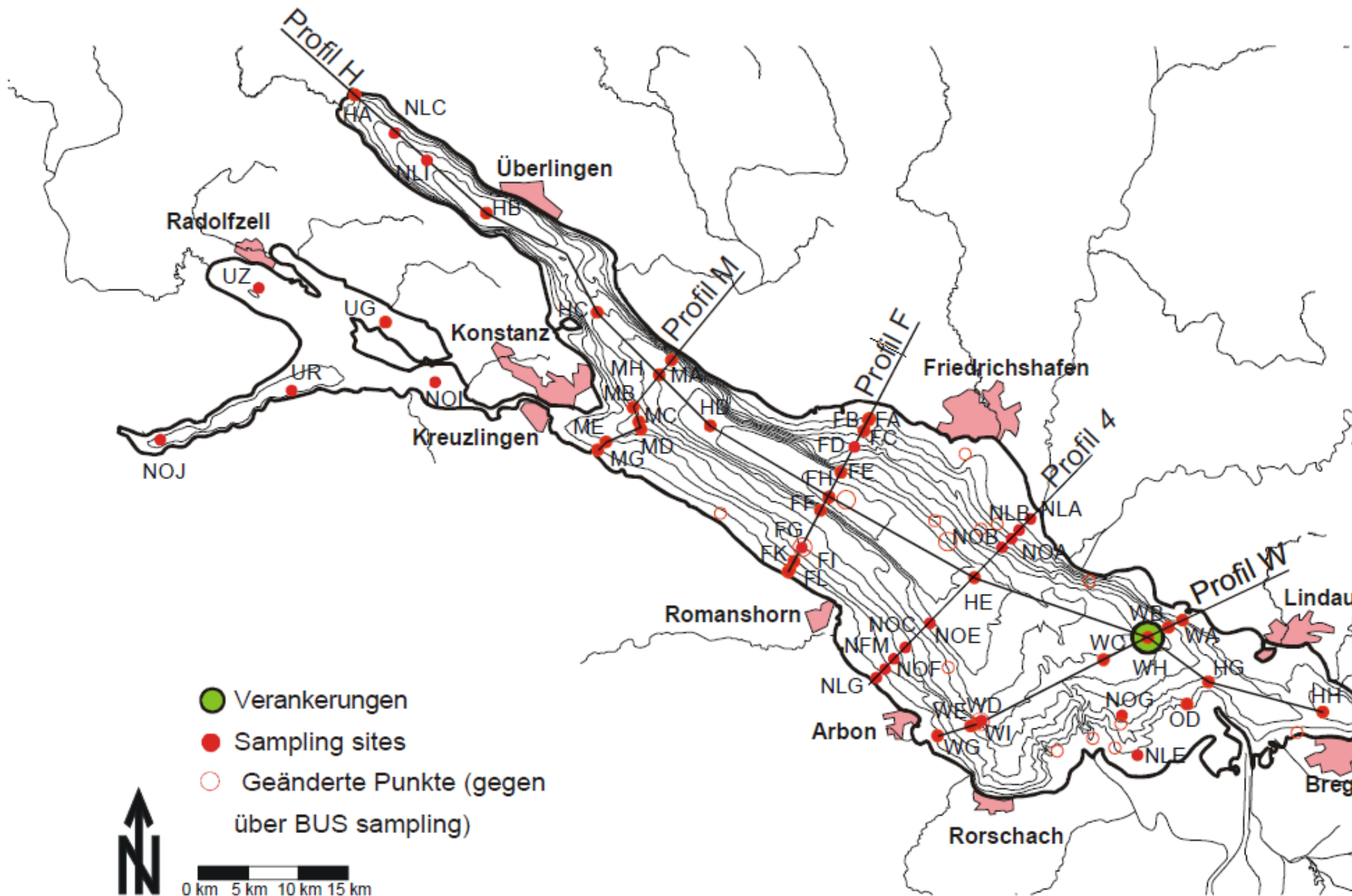
INVASIVE SPECIES III

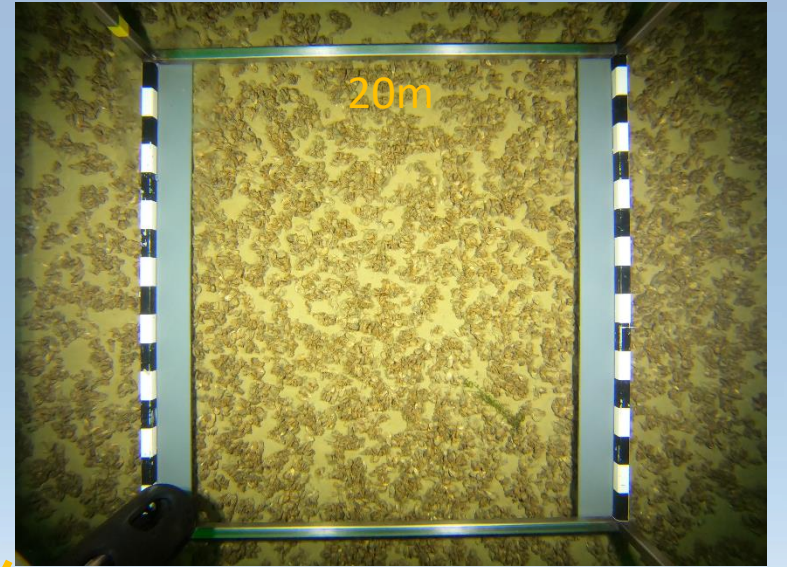
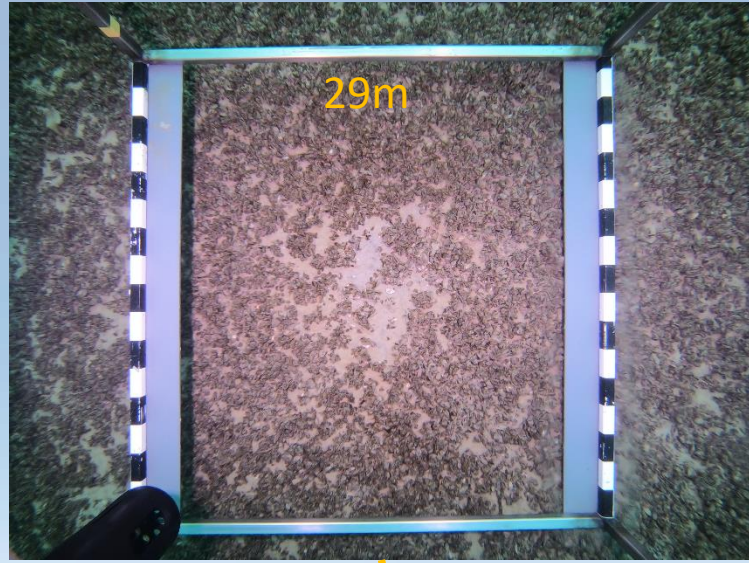
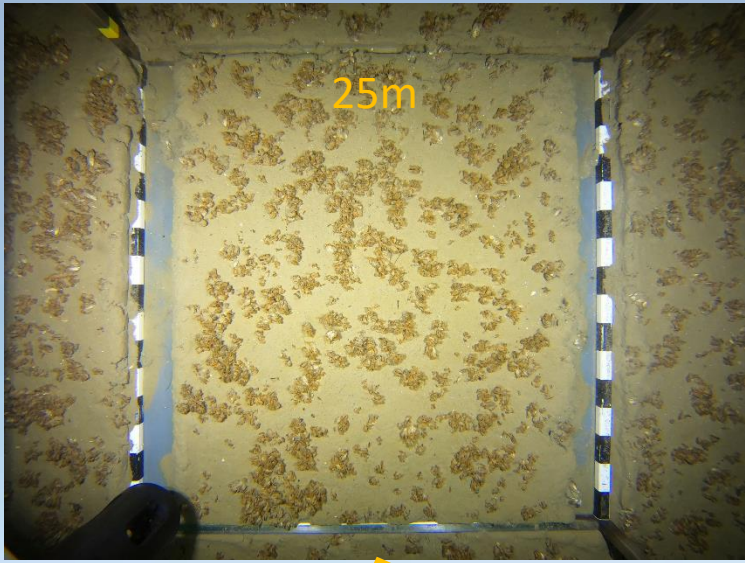
Rapid assessment of *Dreissena* population in Lake Erie using underwater videography

Alexander Y. Karatayev · Lyubov E. Burlakova · Knut Mehler ·
Elizabeth K. Hinchey · Molly Wick · Martyna Bakowska · Natalia Mrozinska

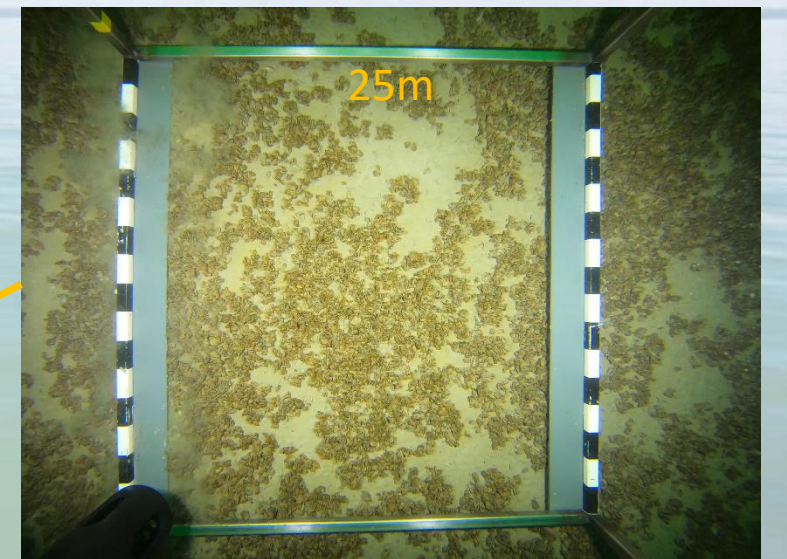
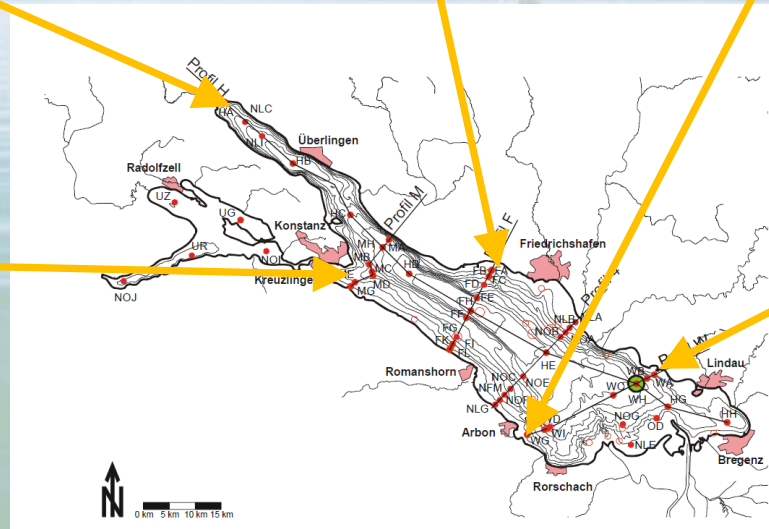
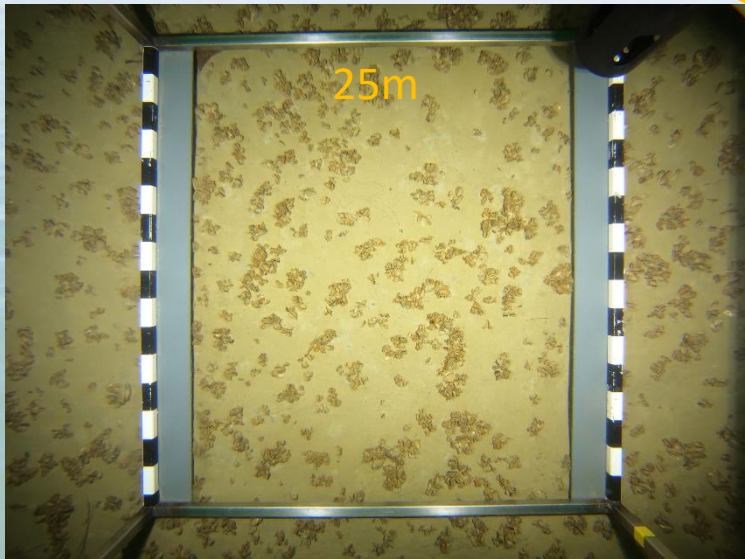


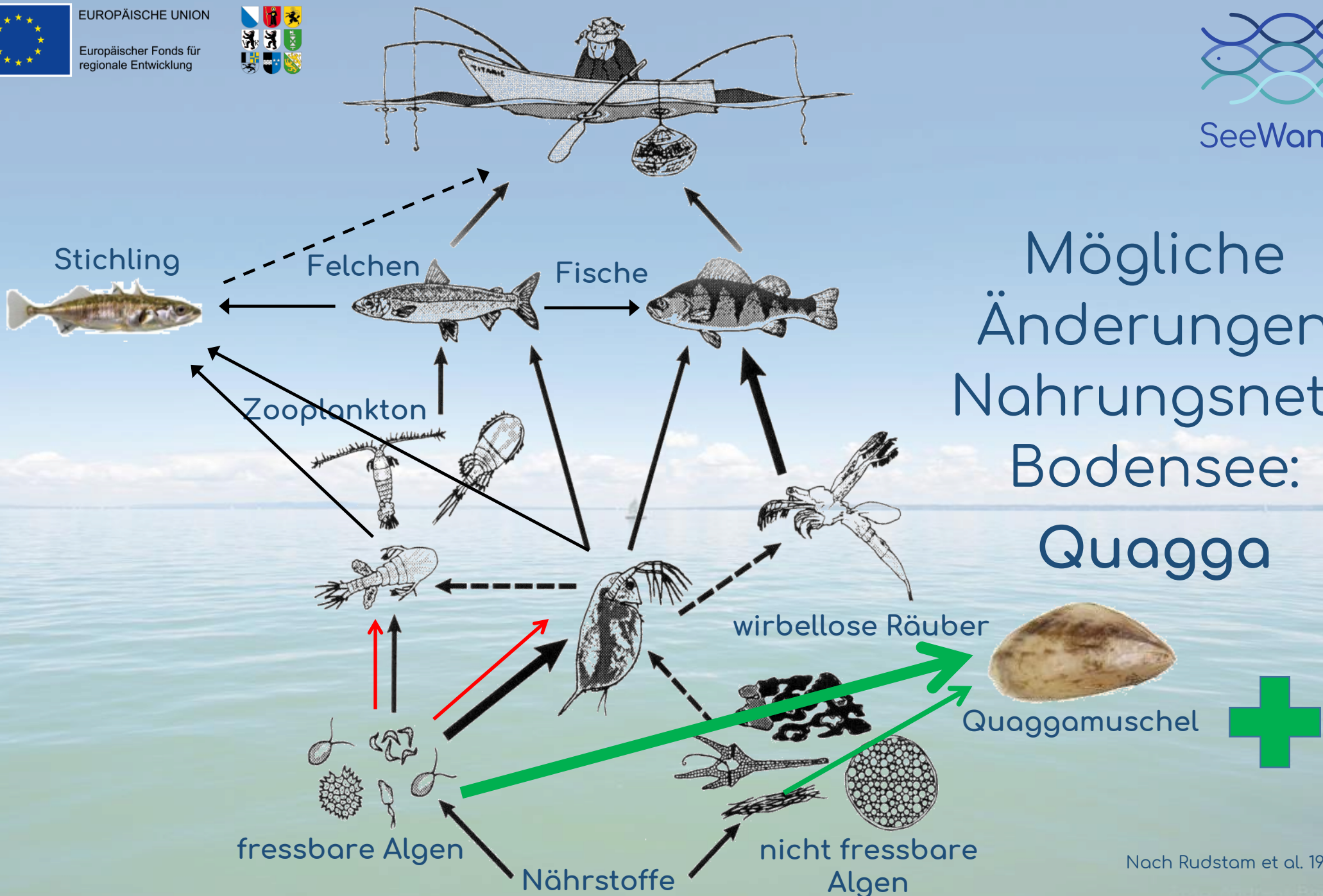
Quagga-Monitoring Bodensee 2021, 2022, 2023



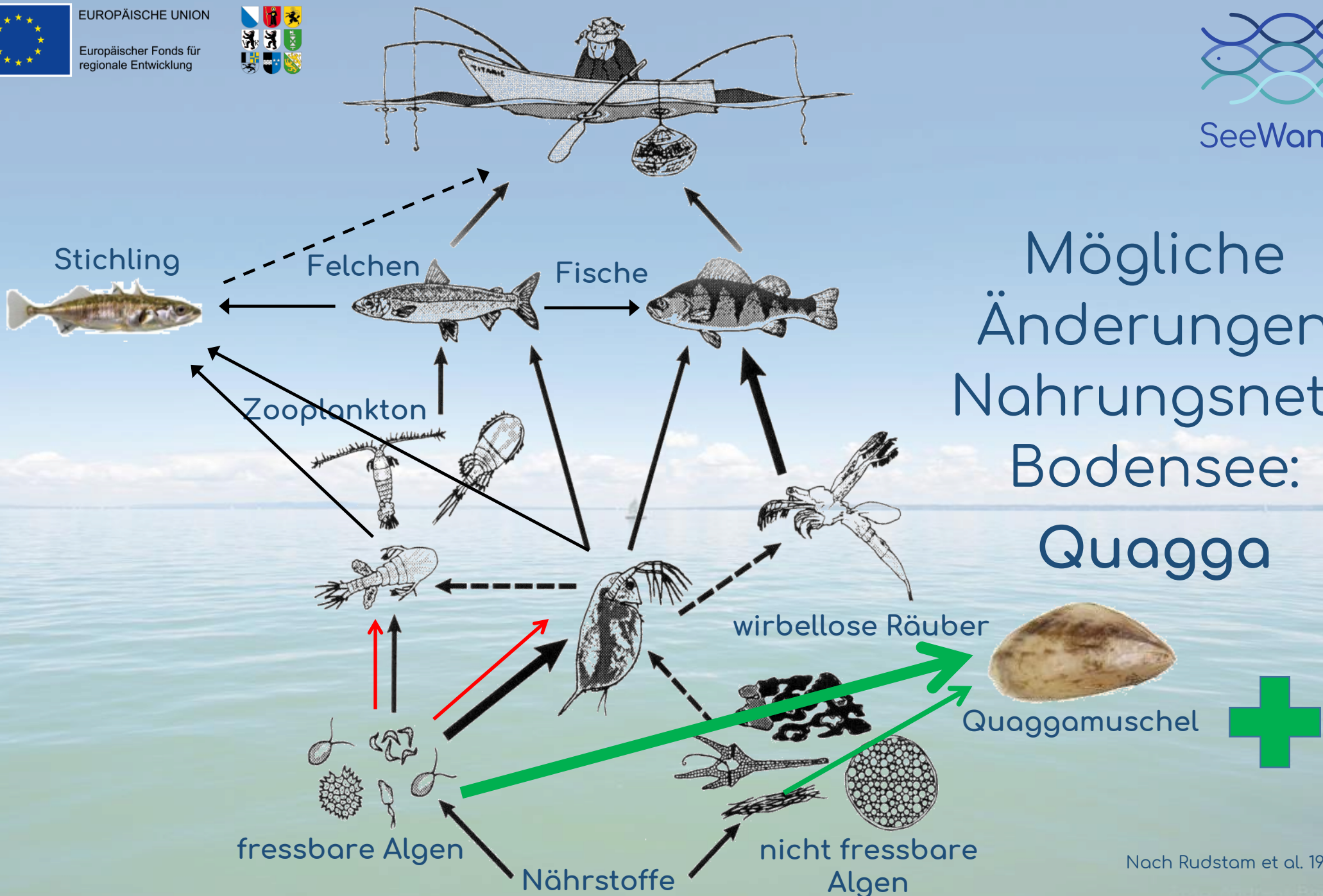


20-30m



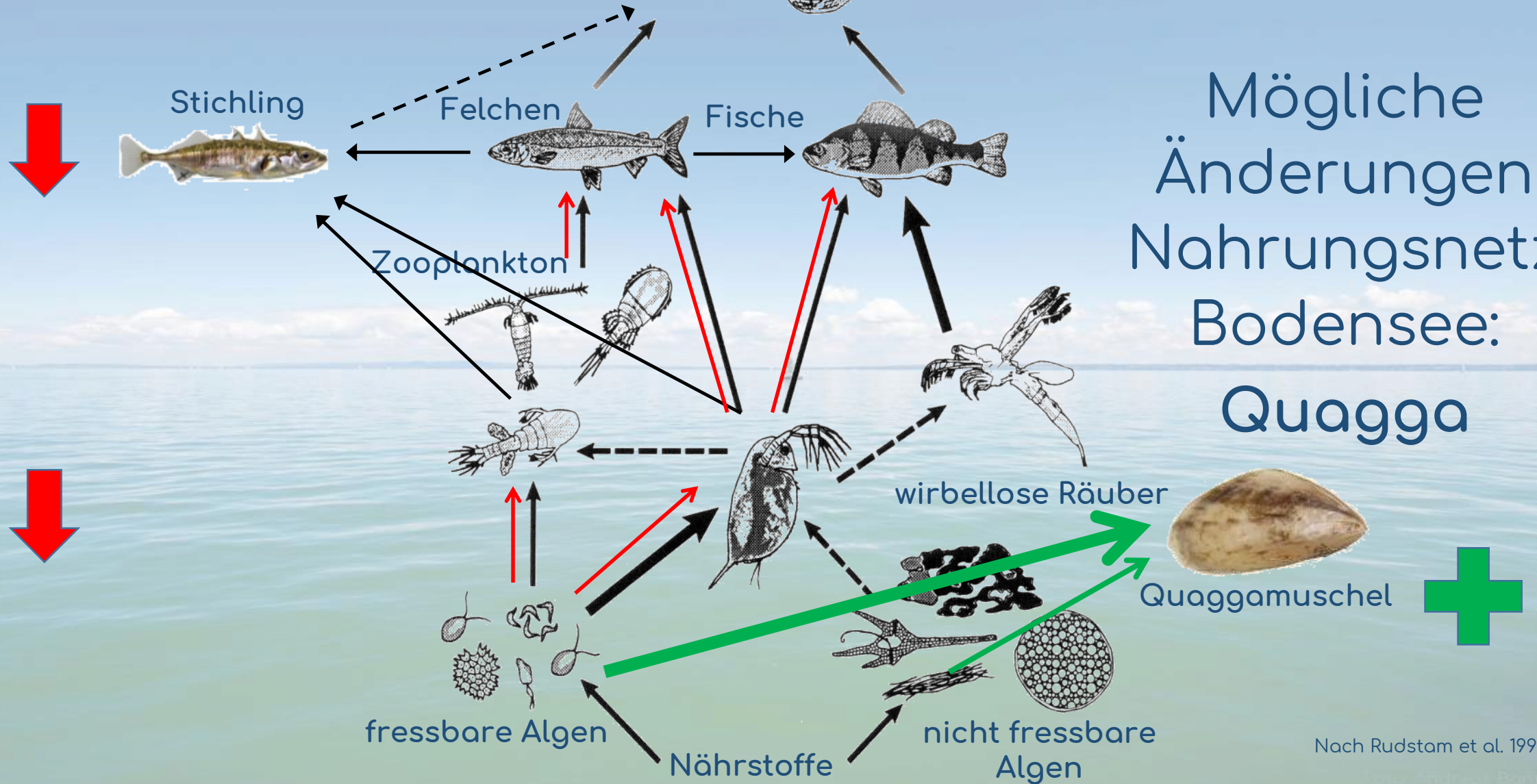


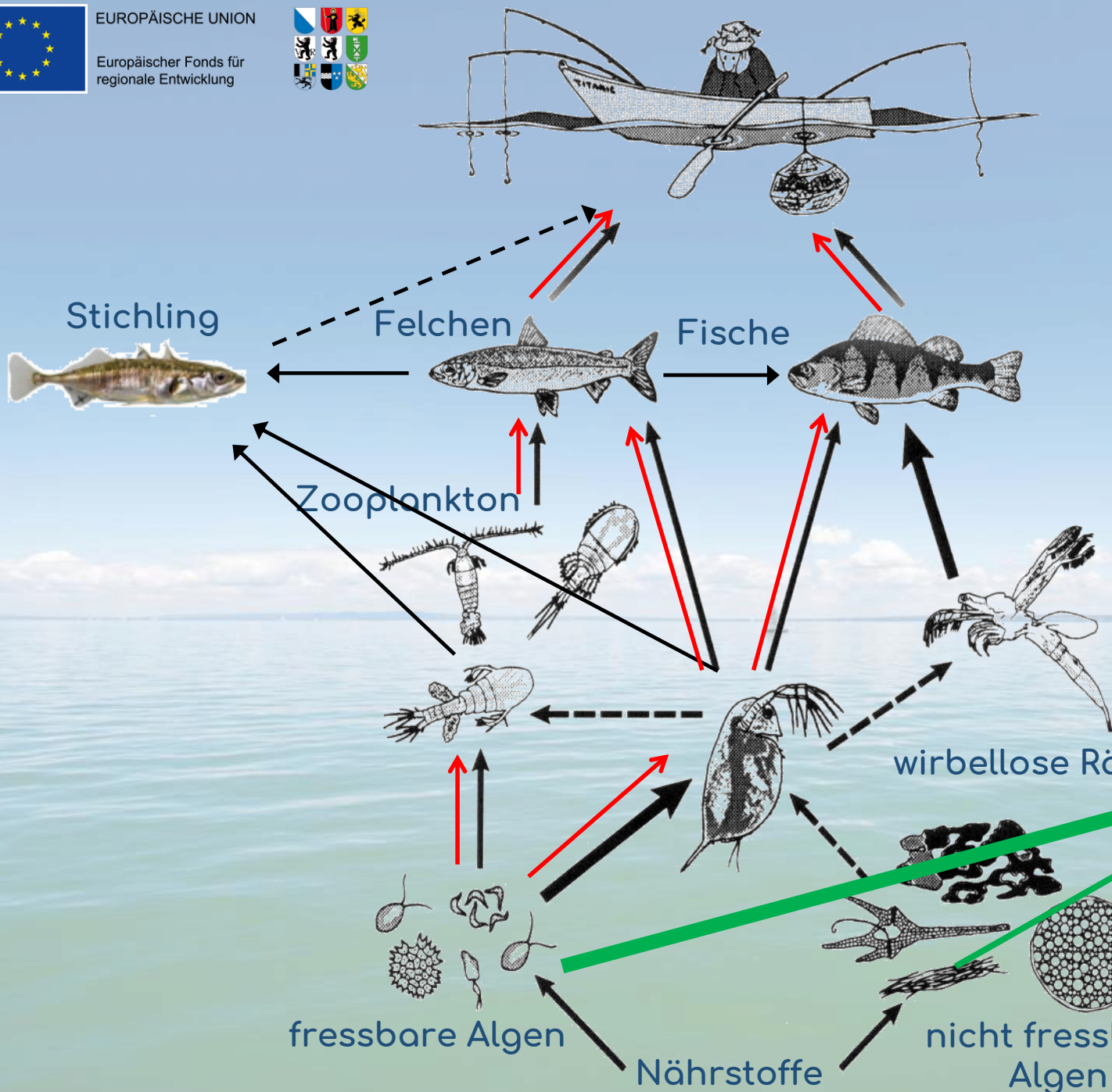
Mögliche Änderungen Nahrungsnetz Bodensee: Quagga



Mögliche Änderungen Nahrungsnetz Bodensee: Quagga







Mögliche Änderungen Nahrungsnetz Bodensee: Quagga

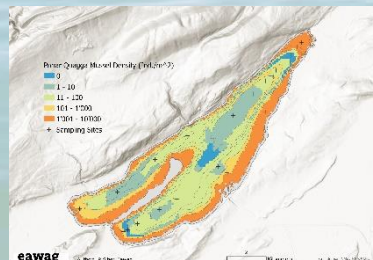
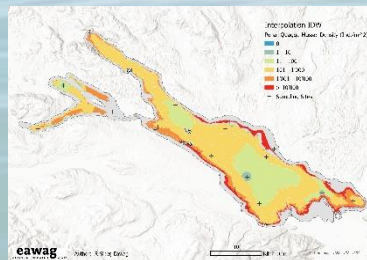


Quaggamuschel



Wie wird sich die Quaggamuschel-Population in unseren Seen weiter entwickeln?

- Erste Daten aus 3 Seen (Genfersee, Bielersee, Bodensee) stehen zur Verfügung



Linda Haltiner



Raphael Stöckli



Silvan
Rossbacher



An abundant future for quagga mussels in deep European lakes

OPEN ACCESS

RECEIVED
31 May 2023

REVISED
17 October 2023









ACCEPTED FOR PUBLICATION
20 October 2023

PUBLISHED
7 November 2023

Original content from
this work may be used
under the terms of the
Creative Commons
Attribution 4.0 licence.

Any further distribution
of this work must
maintain attribution to
the author(s) and the title
of the work, journal
citation and DOI.



Benjamin M Kraemer^{1,*} , Salomé Boudet⁴, Lyubov E Burlakova² , Linda Haltiner³ , Bas W Ibelings⁴ ,
Alexander Y Karatayev² , Vadim A Karatayev^{5,6} , Silvan Rossbacher³, Raphael Stöckli³,
Dietmar Straile¹  and Piet Spaak³ 

¹ Limnological Institute / Department of Biology, University of Konstanz, Konstanz, Germany

² Great Lakes Center, SUNY Buffalo State University, Buffalo, NY, United States of America

³ Department of Aquatic Ecology, Eawag, Dübendorf, Switzerland

⁴ Department FA Forel for Environmental and Aquatic Sciences / Institute for Environmental Sciences, University of Geneva, Geneva, Switzerland

⁵ Kansas Biological Survey, University of Kansas, Lawrence, KS, United States of America

⁶ Department of Biology, University of Maryland, College Park, MD, United States of America

* Author to whom any correspondence should be addressed.

E-mail: ben.m.kraemer@gmail.com

Keywords: quagga, mussels, lakes, future, neobiota, freshwater

Supplementary material for this article is available [online](#)

Abstract

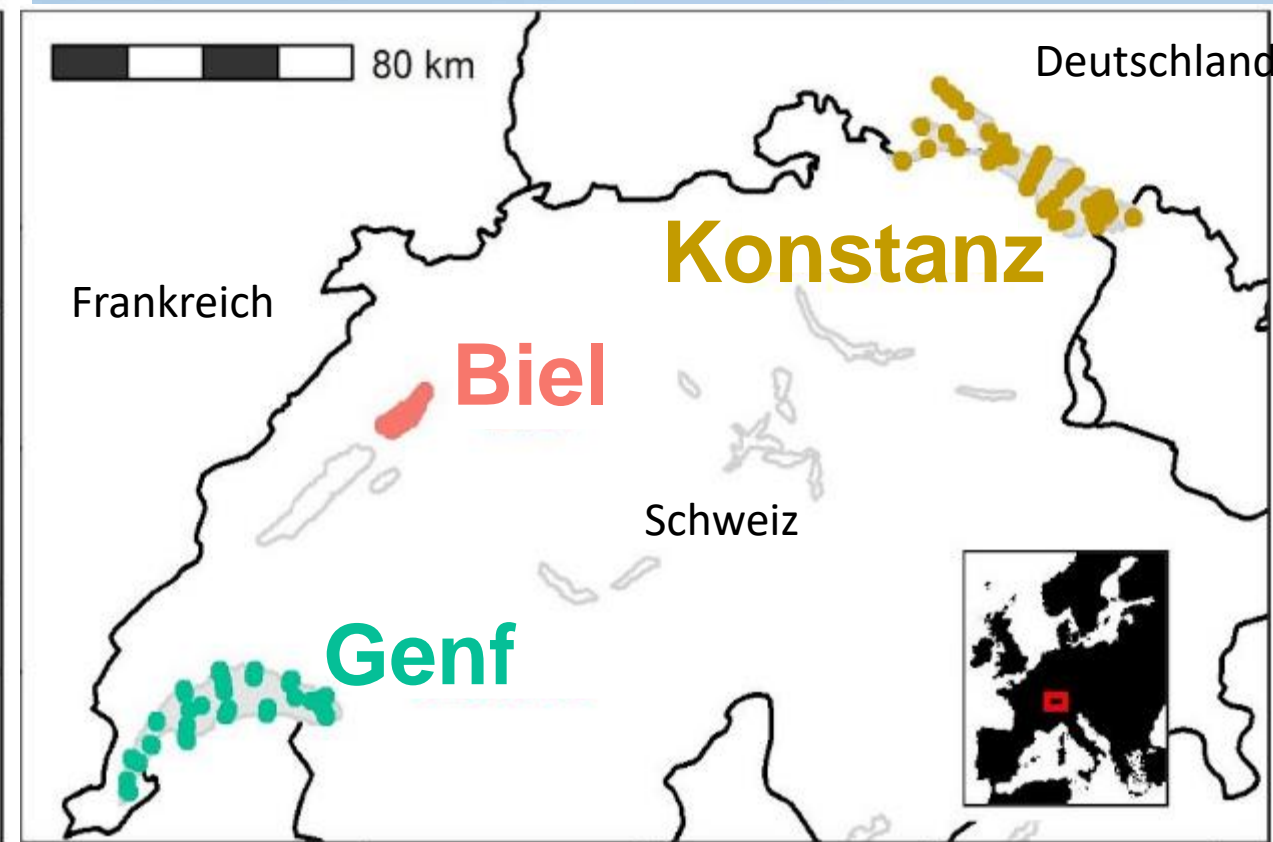
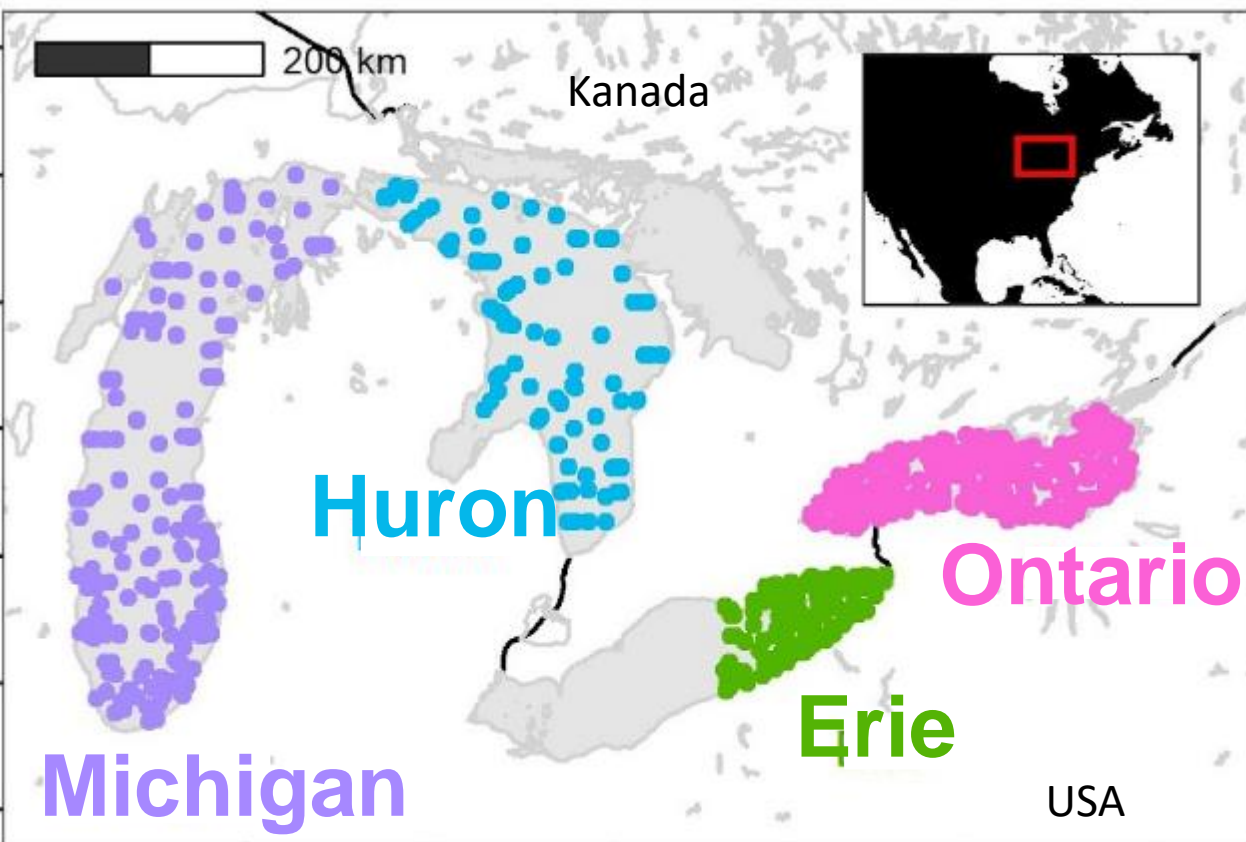
Quagga mussels have expanded their range across the northern hemisphere in recent decades owing to their dispersal abilities, prolific reproduction rates, and broad ecological tolerances. Their remarkable capacity to filter particulates from the water column has had profound effects on inland aquatic ecosystems. In the North American Great Lakes, quagga mussel populations have increased inexorably since the late 1980's, but it remains unclear whether quagga mussels will follow a similar trajectory in Europe where they have appeared more recently. Here we apply knowledge from a long-term quagga population monitoring effort in the North American lakes to predict future quagga populations in deep European lakes, where quaggas are quickly becoming a conspicuous part of the underwater landscape. We predict that quagga mussel biomass in Lakes Biel, Constance, and Geneva may increase by a factor of 9–20 by 2045. Like in North America, this increase may be characterized by a shift to larger individuals and deeper depths as the population matures. If realized, this rapid expansion of quagga mussels would likely drive the largest aquatic ecosystem change in deep European lakes since the eutrophication period of the mid-20th century.

An abu
mussels

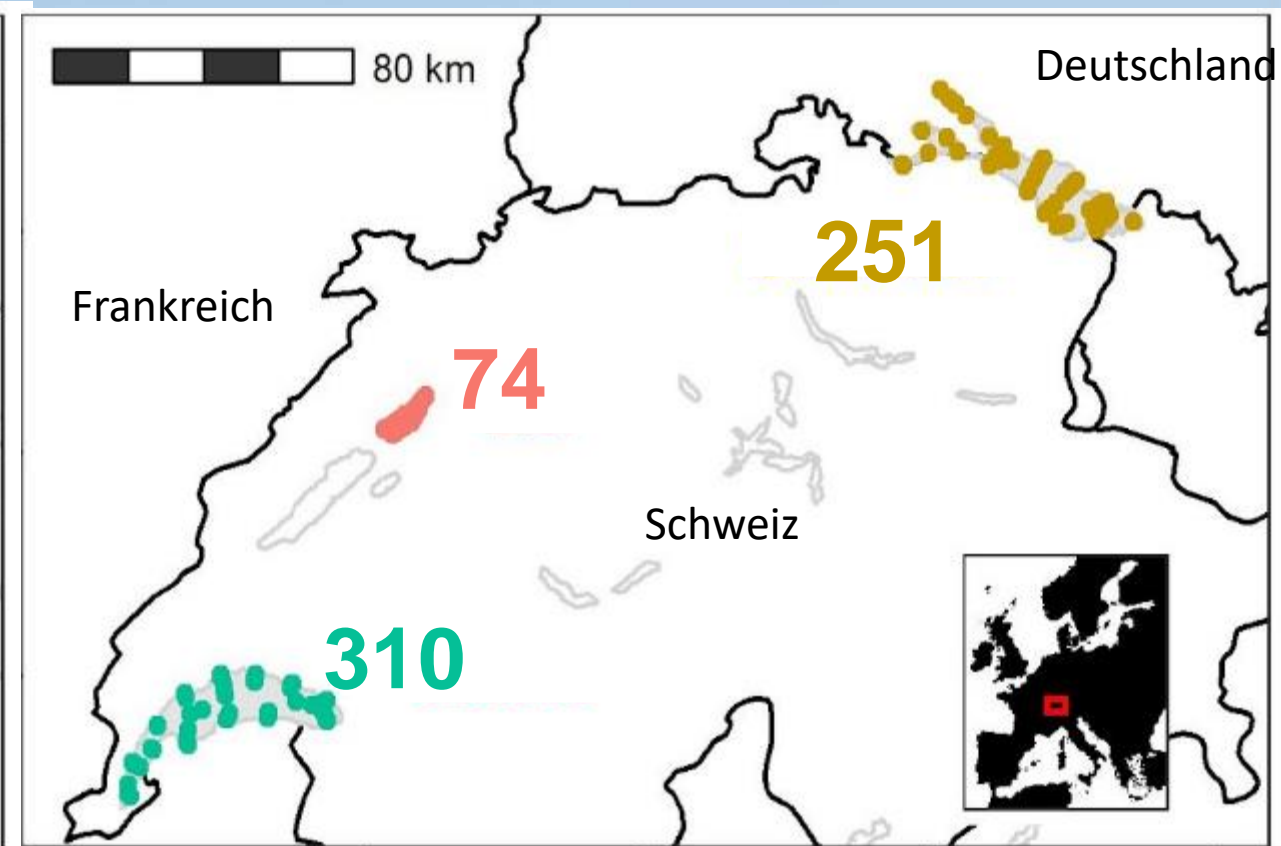
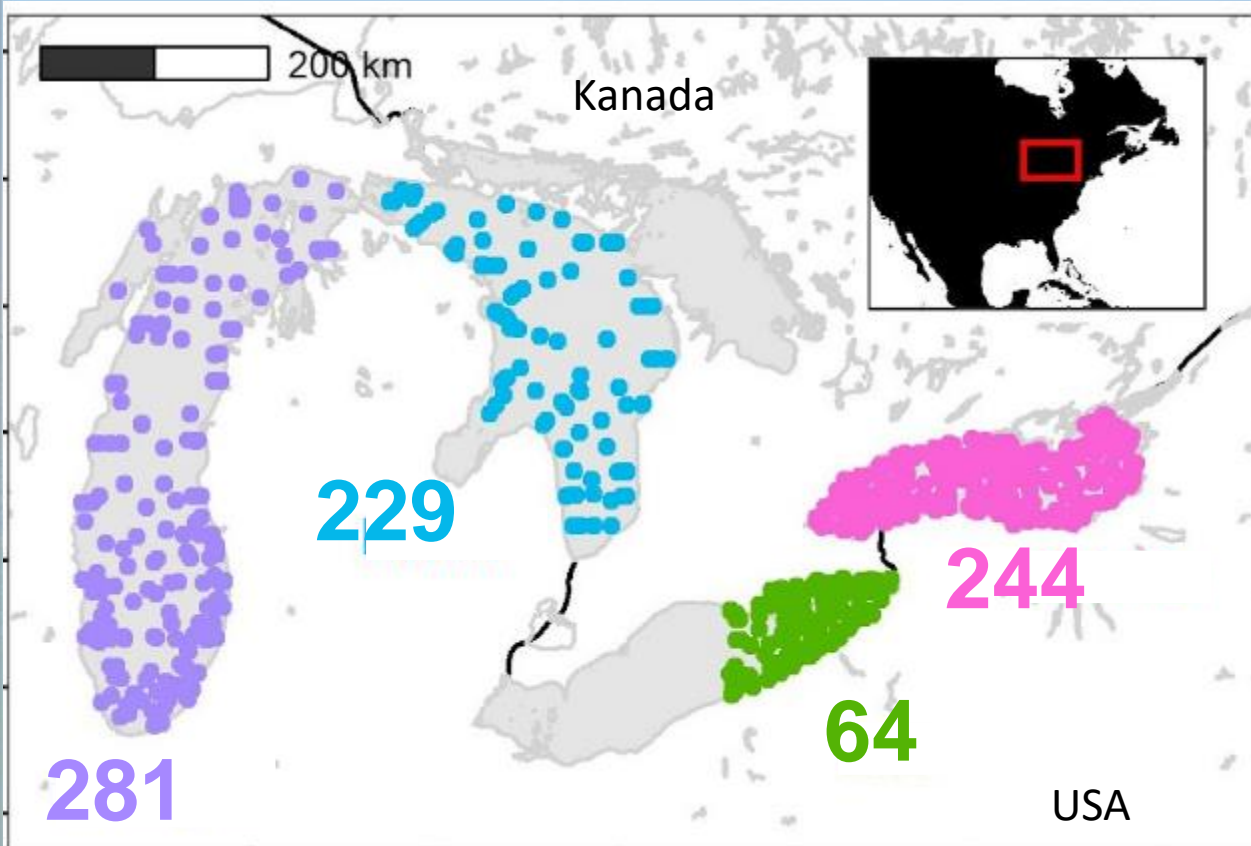
BM Kraemer
S Boudet
LE Burlakova
L Haltiner
BW Ibelings
AY Karatayev
V Karatayev
S Rossbacher
R Stöckli
D Straile
P Spaak

Photo credit: NOAA Great Lakes
Environmental Research Labora

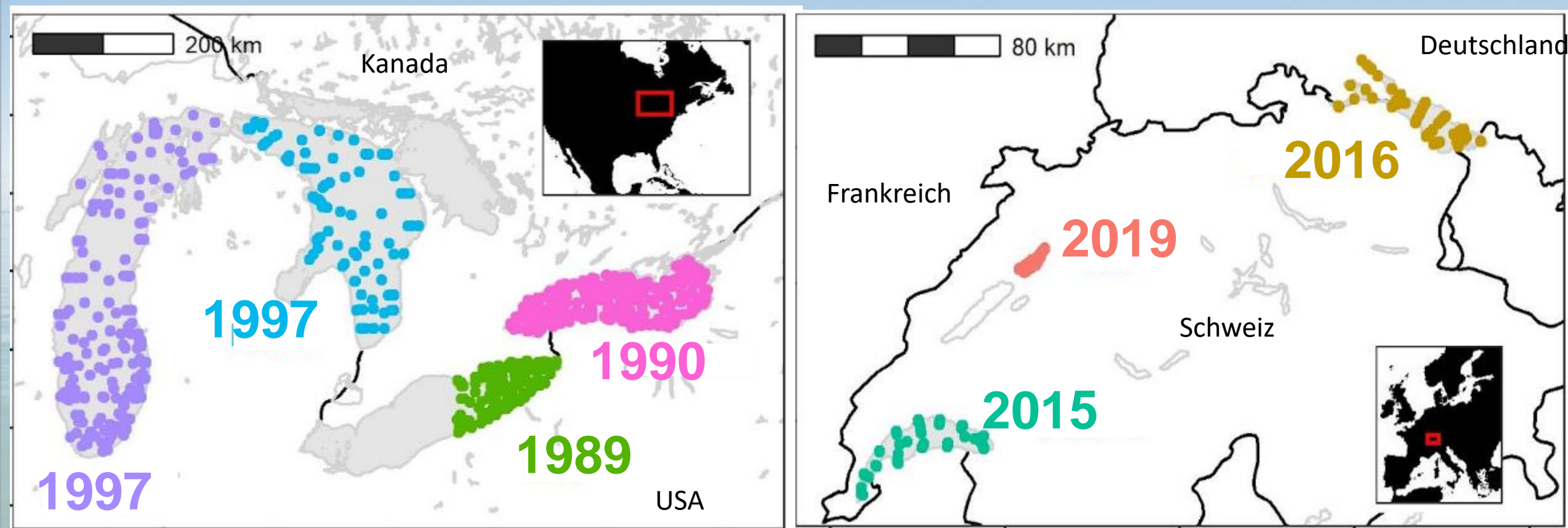
Zusammenstellung von Quaggamuschelbio- masse-Daten aus Europa und Nordamerika

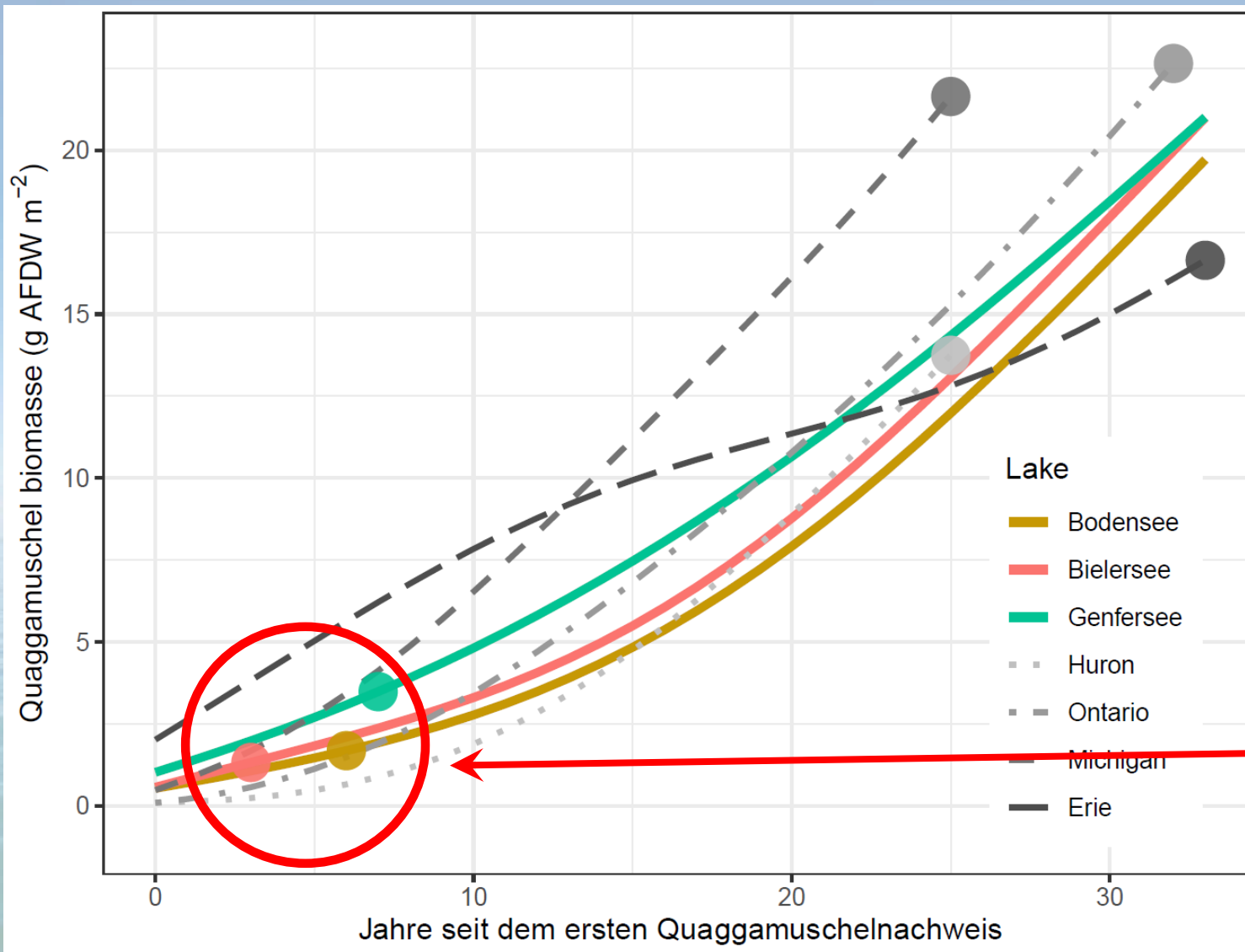


Maximale Tiefe des Sees (m)



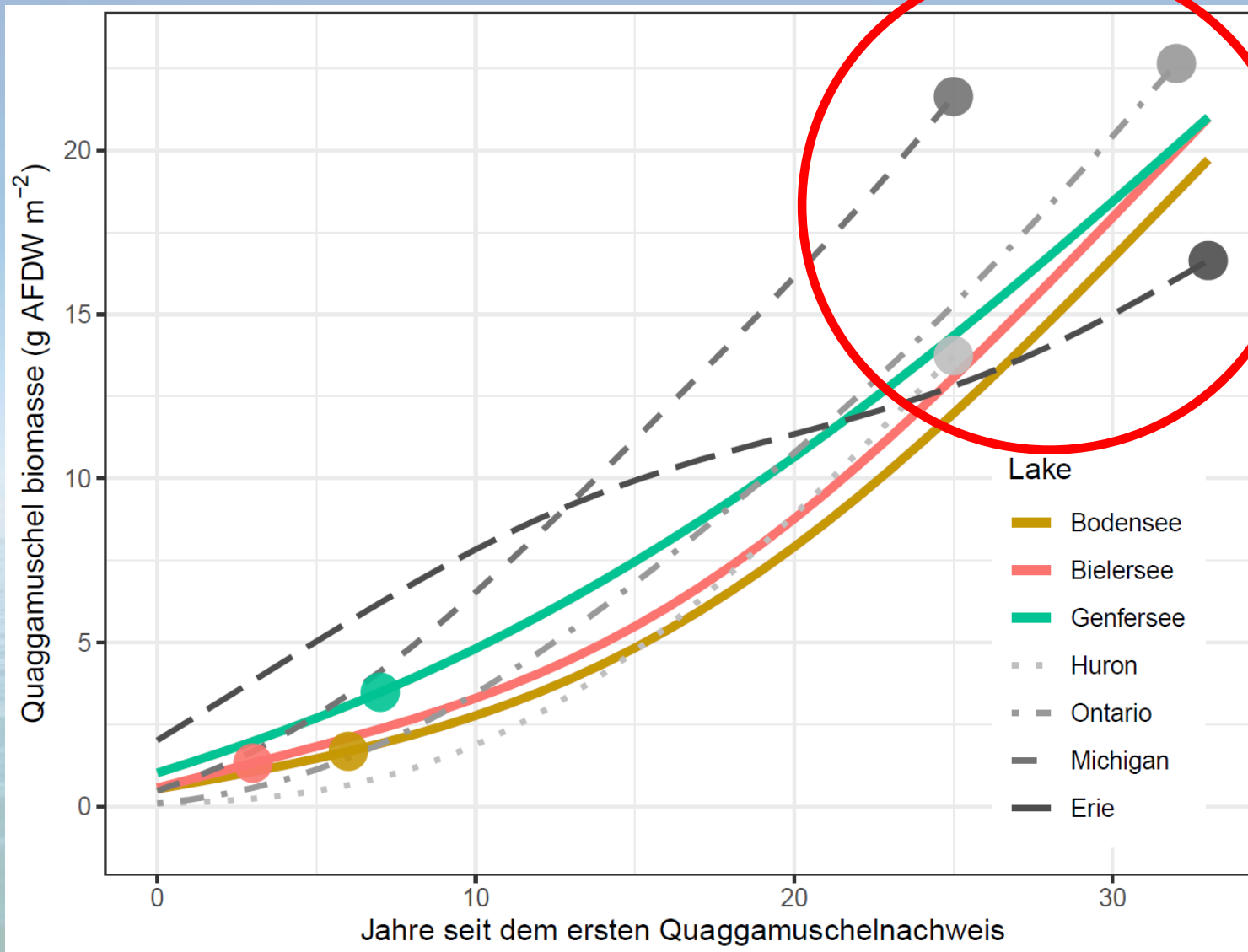
Jahr, in welchem Quaggamuschel erstmalig entdeckt wurde





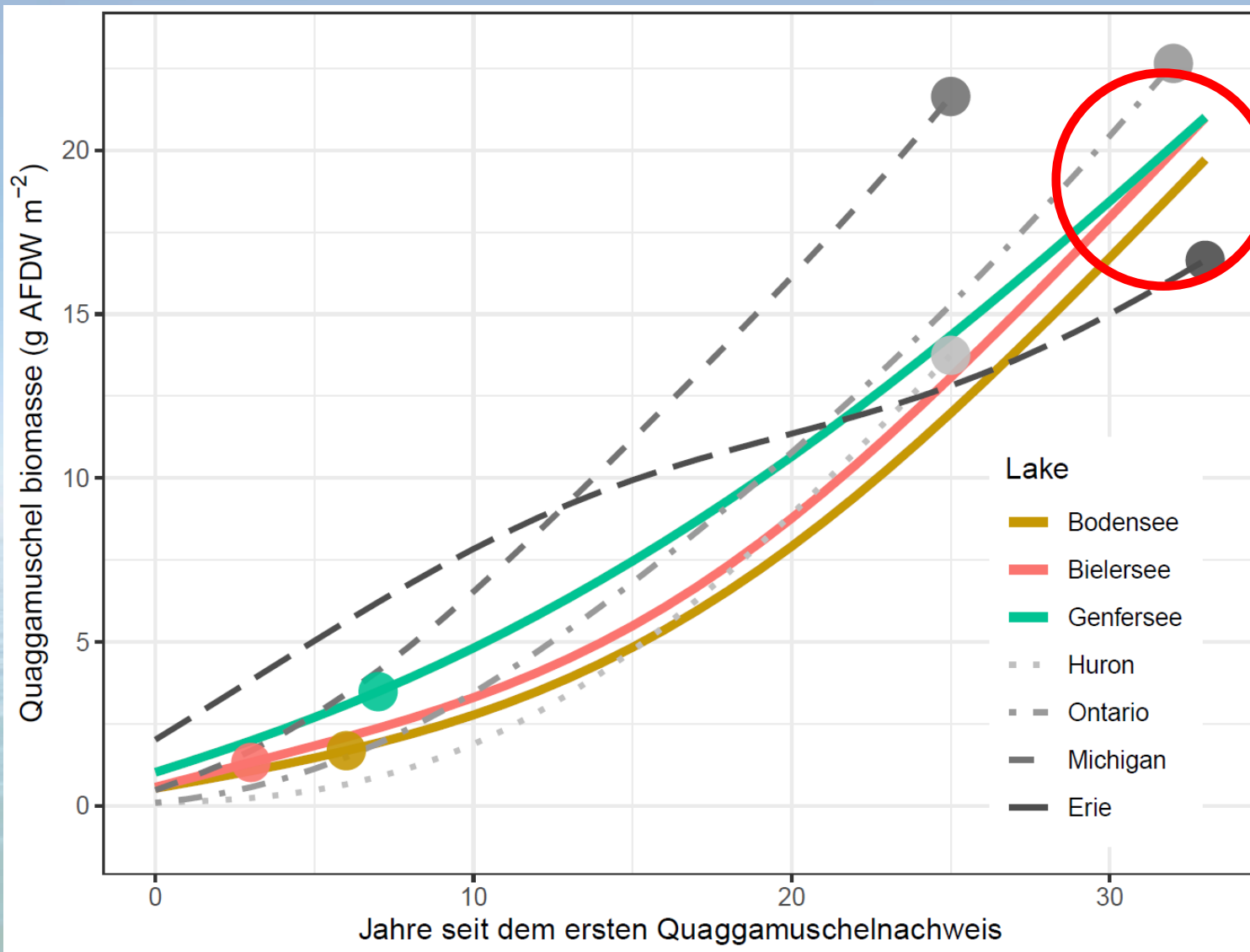
Die Quaggamuscheldichten im Bodensee werden in den kommenden Jahrzehnten höchstwahrscheinlich massiv zunehmen

Unsere Seen
3-7 Jahre nach
Quaggamuschel-
Besiedelung



Nordamerika:
25-35 Jahre nach
Quaggamuschel-
Besiedelung

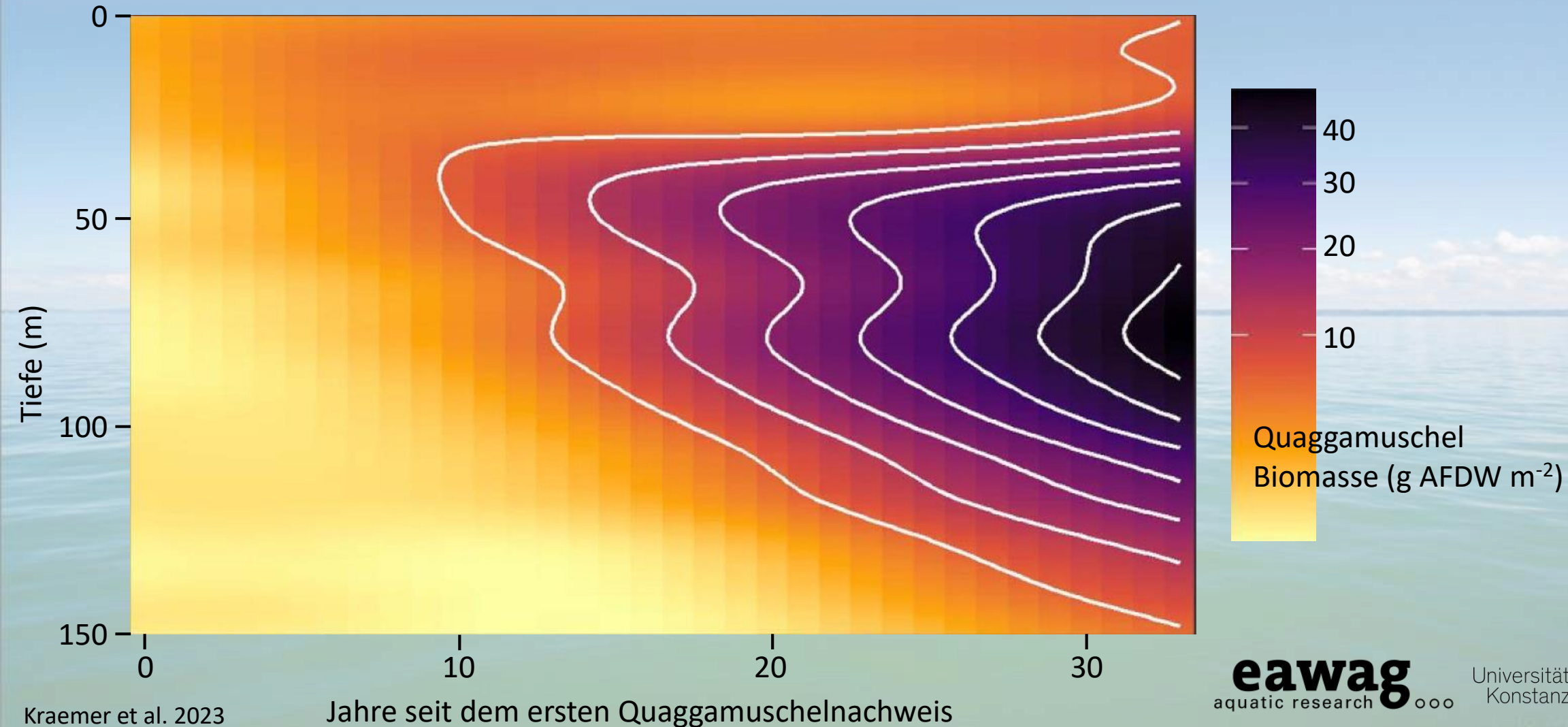
Die Quaggamuscheldichten
im Bodensee werden in den
kommenden Jahrzehnten
höchstwahrscheinlich
massiv zunehmen



Unsere Seen
in 30 Jahren?

Die Quaggamuscheledichten
im Bodensee werden in den
kommenden Jahrzehnten
höchstwahrscheinlich
massiv zunehmen

Vorhergesagte Veränderung der Quagga-Biomasse in der Tiefe des Bodensees



Konkrete Wünsche/Z



Vorsicht
Blinde Passagiere

Gebietsfremde Pflanzen und Tiere im Bodensee

Bitte beachten!
Gewässerwechsels
Vorgehen:

Ko
... Si
Schl
Tier
Spo
zuri
zugi

Re
... Si
rüst
Was
Bes
Hoc
dass
nich

Lee
... Si
gefü
Ursj

Zudem:

Verwenden Sie nie gebietsfremde Fischarten als Köderfische.

Setzen Sie nie Tiere oder Pflanzen aus Aquarien aus.

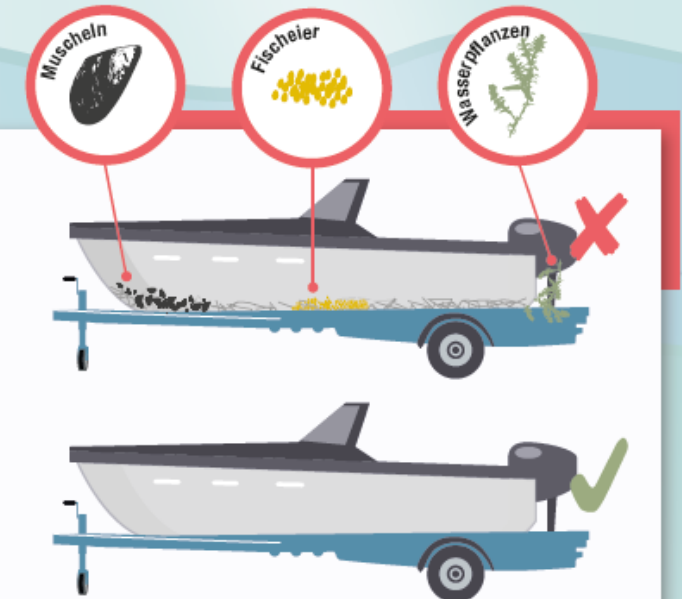
Tro
... Si
voll
bevc
wec



STOP!

Gebietsfremde Invasoren gefährden die heimische Artenvielfalt – helfen Sie mit, die Verbreitung zu stoppen!

Reinigen Sie Ihr Boot gründlich mit Hochdruck, wenn Sie es auf ein anderes Gewässer umsiedeln (siehe Anleitung). Damit helfen Sie die Verbreitung von invasiven gebietsfremden Arten einzudämmen und unsere heimische Artenvielfalt zu erhalten. Ihr sauber gereinigtes Boot fährt dank des geringeren Reibungswiderstands schneller und verbraucht weniger Treibstoff. Ausserdem unterbinden Sie mit der Reinigung, dass der Bootsrumpf durch starken Muschelbewuchs beschädigt wird.



Nach dem Auswassern

1. Reinigen Sie Ihr Boot von aussen mit einem starken Hochdruckreiniger (möglichst heisses Wasser $\geq 45^\circ\text{C}$). Lassen Sie Bilgenwasser und Restwasser aus sonstigen Behältnissen im Boot vollständig ab.

2. Kontrollieren Sie, dass keine Rückstände von Schmutz oder Pflanzenmaterial an Bootsrumpf, Motor, Sellen, Anker oder anderen Geräten zurückbleiben. Kontrollieren Sie insbesondere schwer zugängliche Stellen am Rumpf sowie den Motor.

3. Trocknen Sie Ihr Boot und die dazugehörige Ausrüstung für vier Tage, bevor Sie auf einem anderen Gewässer einwassern.

Zusammenfassung von heute präsentierten SeeWandel-Erkenntnissen

- Der Bodensee ändert sich in verschiedener Hinsicht.
- Die Reaktionen vom Ökosystem sind vielfältig und komplex.
- Das Ökosystem zeigt eine beschränkte Resilienz bzgl. Eutrophierung, (noch) nicht bzgl. invasiven Arten.
- Es sieht danach aus, dass das Ökosystem Bodensee sich weiter ändern wird (z. B. Quaggamuschel).
- Ob und wann sich ein neues Gleichgewicht etablieren wird muss fortlaufendes Monitoring und weitere Forschung ausweisen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Mit Unterstützung von:

