

# Ökosysteme unter Druck: der Einfluss von Nährstoffen in Gewässern

*Piet Spaak*

**Zu viel Phosphor verursacht Probleme in Seen**

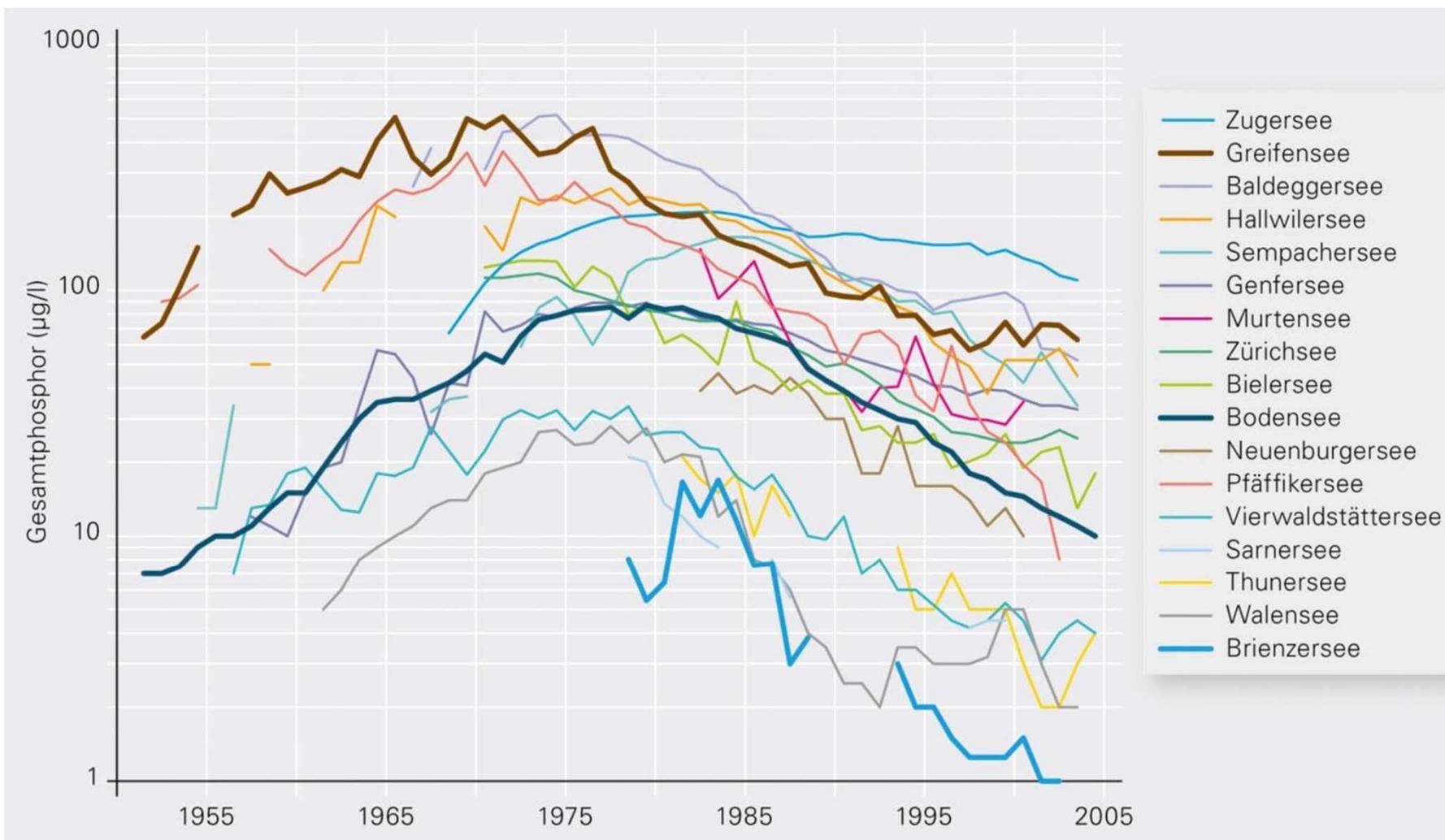


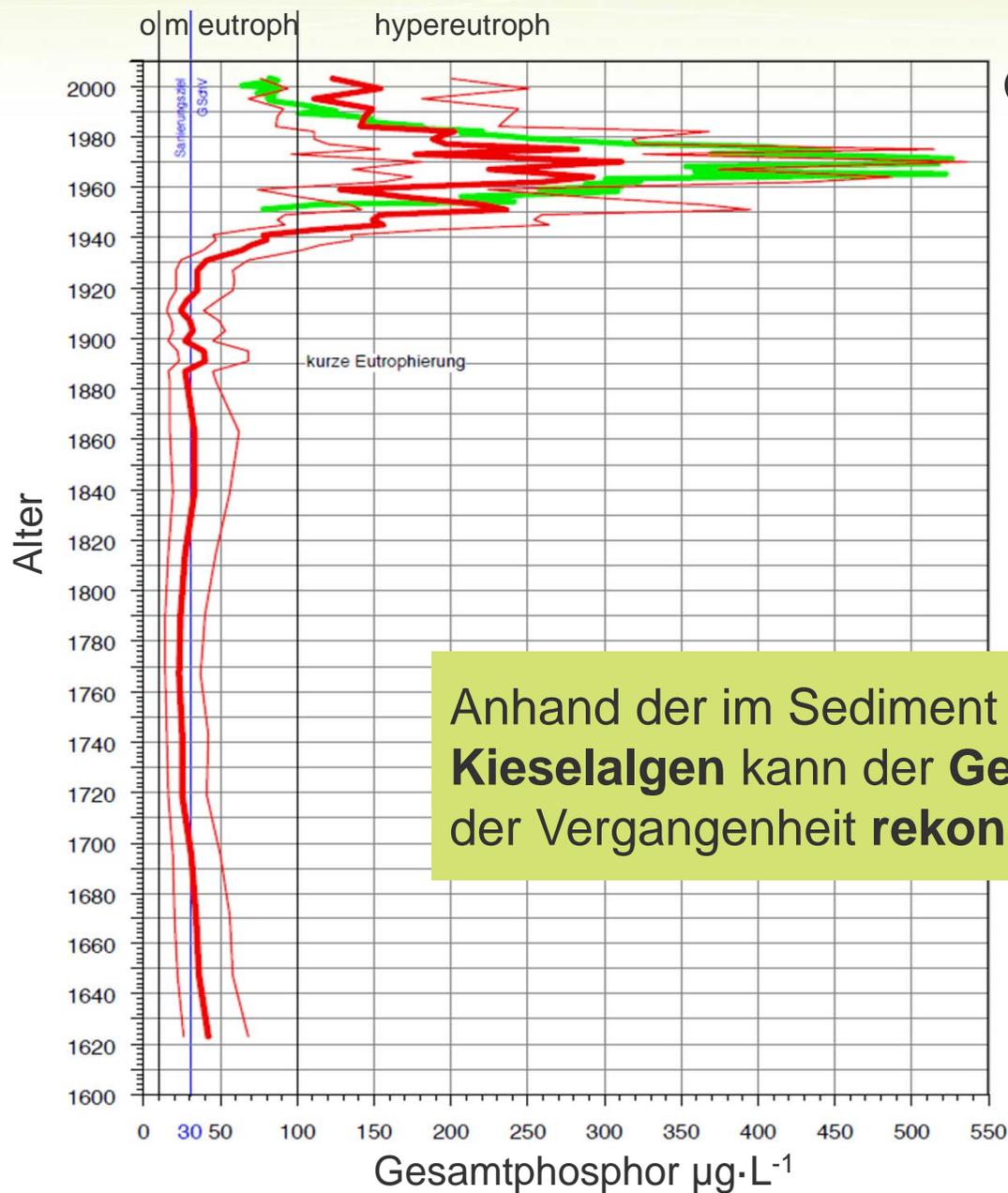
## Zu viel Phosphor verursacht Probleme in Seen

In meinem Vortrag möchte ich:

- Anhand von **zwei Fallbeispielen** zeigen, wie sich die Eutrophierung und Oligotrophierung auf zwei wichtige Arten im Seeökosystem auswirkt
- Am Beispiel **Brienzersee** zeigen, wie die Felchen und ihr Futter (Daphnien) sich vor, während und nach der Eutrophierung entwickelt haben
- Meine Einschätzung zum **Phosphatmanagement** in oligotrophen Seen darstellen

## Aufgrund von Gewässerschutzmassnahmen gingen die Phosphor-Konzentrationen in Schweizer Seen zurück

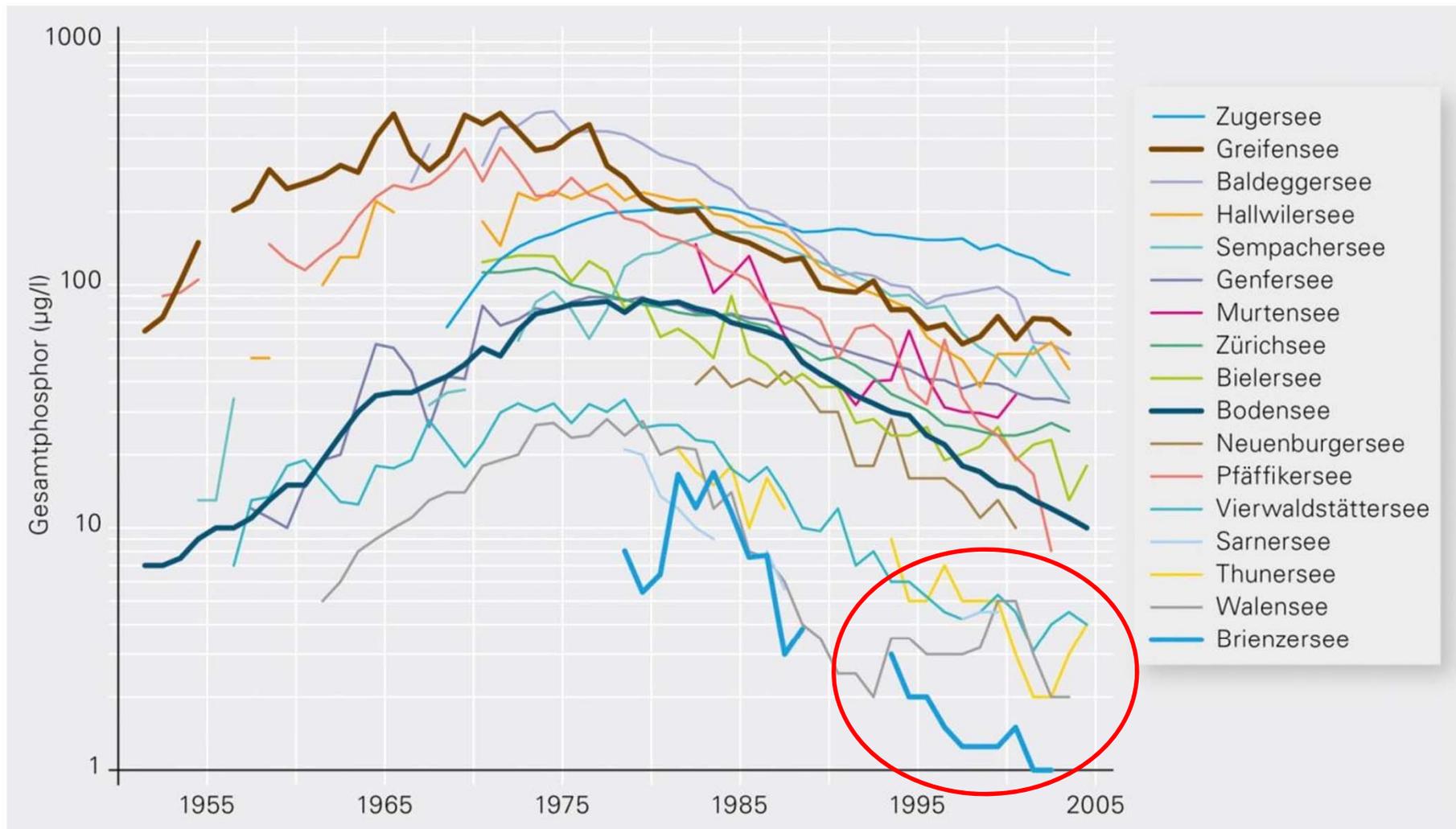




## Greifensee

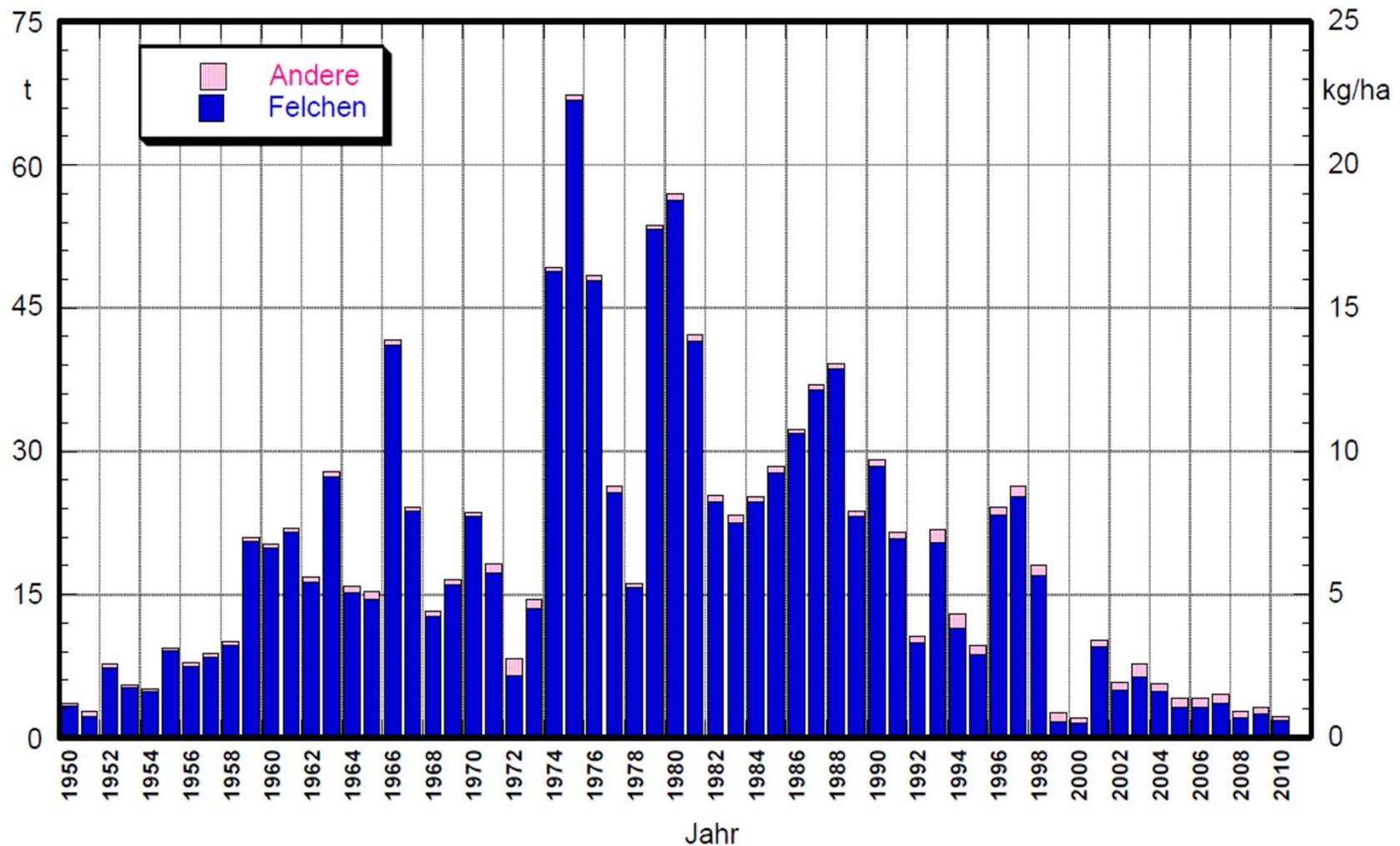
Anhand der im Sediment eingelagerten  
**Kieselalgen** kann der **Gesamtphosphor-Gehalt**  
der Vergangenheit **rekonstruiert** werden

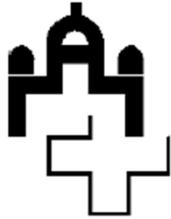
## In einigen Schweizer Seen sind die Phosphor-Konzentrationen sehr tief



# Felchen-Fangerträge der Berufsfischer im Brienersee

1950-2010





## **Die Bundesversammlung - Das Schweizer Parlament**

11.4091 – **Motion Ständerat Werner Luginbühl (BDP)**

11.4158 – **Motion Nationalrat Erich von Siebenthal (SVP)**

### **Phosphatmanagement Brienersee**

Der Bundesrat wird beauftragt, einen teilweisen oder vollständigen Verzicht der Phosphatfällung in den Abwasserreinigungsanlagen am Brienersee im Sinne eines Pilotversuches zu ermöglichen.

#### **Begründung:**

Eine im Auftrag des Kantons Bern durchgeführte Zustandsanalyse hat aufgezeigt, dass heute kaum noch Nährstoffe in den Brienersee gelangen, dass der wichtigste Algenährstoff Phosphor in den letzten Jahren stark abgenommen hat und dass dadurch die Wasserflöhe (Daphnien) fast vollständig verschwunden sind.

Das Fehlen dieser für die Felchen existentiellen Futterorganismen hat insbesondere bei der Felchenart „Brienzig“ zu einem verlangsamten Wachstum geführt. Während vierjährige Fische früher eine Länge von rund 26 cm aufwiesen, erreichen sie jetzt noch ungefähr 18 cm.

## Motionstext

Eine im Auftrag des Kantons Bern durchgeführte Zustandsanalyse hat aufgezeigt, dass heute kaum noch Nährstoffe in den Brienersee gelangen, dass der wichtigste Algennährstoff Phosphor in den letzten Jahren stark abgenommen hat und dass dadurch die **Wasserflöhe (Daphnien)** fast vollständig verschwunden sind.

Das Fehlen dieser für die Felchen existentiellen Futterorganismen hat insbesondere bei der Felchenart „Brienzig“ zu einem **verlangsamten Wachstum** geführt. Während vierjährige Fische früher eine Länge von rund 26 cm aufwiesen, erreichen sie jetzt noch ungefähr 18 cm.

Der Brienersee weist heute mit 1-2 kg/ha den mit Abstand tiefsten Jahresfangertrag aller grösseren Schweizerseen auf. In der Folge ist seit 1995 die Zahl der Berufsfischer am Brienersee von 5 auf 2 gesunken, wobei auch diese nicht mehr von der Fischerei leben können.

Hinzu kommt, dass im Brienersee seit 2008 vermehrt **Felchen ohne Geschlechtsorgane** auftreten. In den Sommermonaten 2009 und 2010 waren über die Hälfte der Brienzig steril. Inwieweit die Sterilität dieser Fische in einem Zusammenhang mit der zeitgleich aufgetretenen Futterknappheit steht, ist unklar.

**Gefährdet sind somit am Brienersee sowohl die Berufsfischerei als auch die Biodiversität.**



[www.sfv-fsp.ch](http://www.sfv-fsp.ch)

**Schweizerischer Fischerei-Verband SFV**  
**Fédération Suisse de Pêche FSP**  
**Federaziun Svizra da Pestga**  
**Federazione Svizzera di Pesca**

**Medienmitteilung** – 28. Dezember 2011 – 2177 Zeichen –

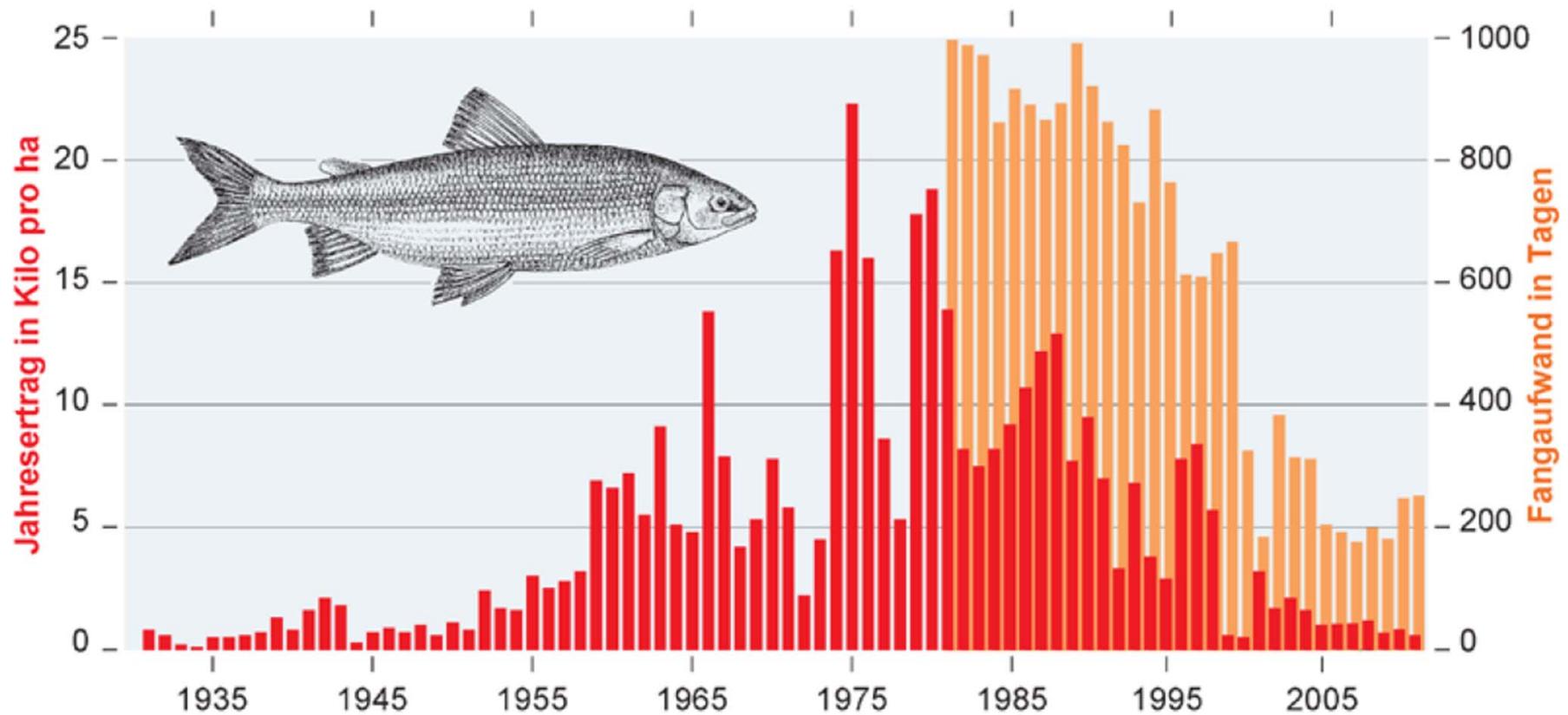
---

Parlamentarische Vorstösse fordern vom Bundesrat Massnahmen

## **Zu wenig Phosphor zerstört Berufsfischerei**

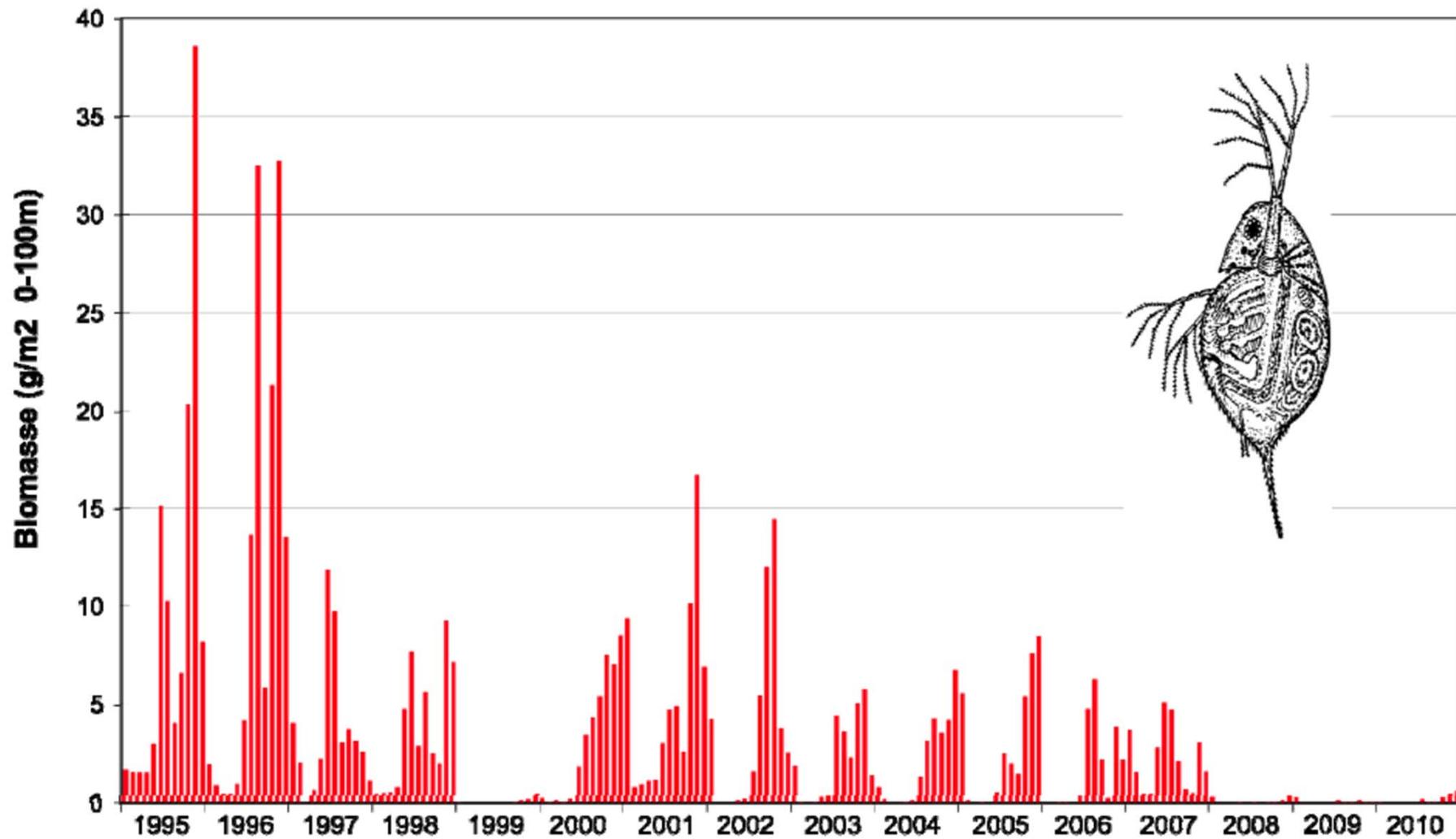
**Dramatische Situation am Brienersee und bald an anderen Schweizer Seen: Wegen Phosphor-Mangel bricht die Berufsfischerei ein. Ständerat Werner Luginbühl (BDP, BE) und Nationalrat Erich von Siebenthal (SVP, BE) verlangen vom Bundesrat ein Pilotprojekt. Der Schweizerische Fischerei-Verband spricht von „dringendem Handlungsbedarf“.**

## Felchenfang-Erträge der Berufsfischer im Brienzensee



# Brienzersee

## Rückgang der Wasserflöhe (Daphnien)



Daten: Kanton Bern

## Wasserfloh-Arten in Schweizer Seen



*Daphnia galeata*



*Daphnia cucullata*

1 mm



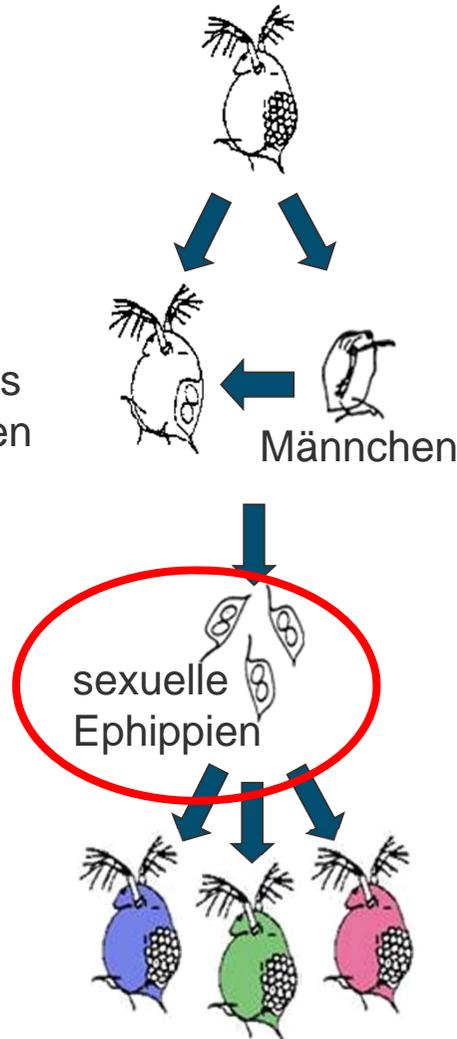
*Daphnia longispina*

### Ungeschlechtliche Fortpflanzung



sexuelles Weibchen

### Sexuelle Reproduktion



### Fortpflanzung von *Daphnia*: Zyklische Parthenogenese



Männchen



sexuelles Weibchen

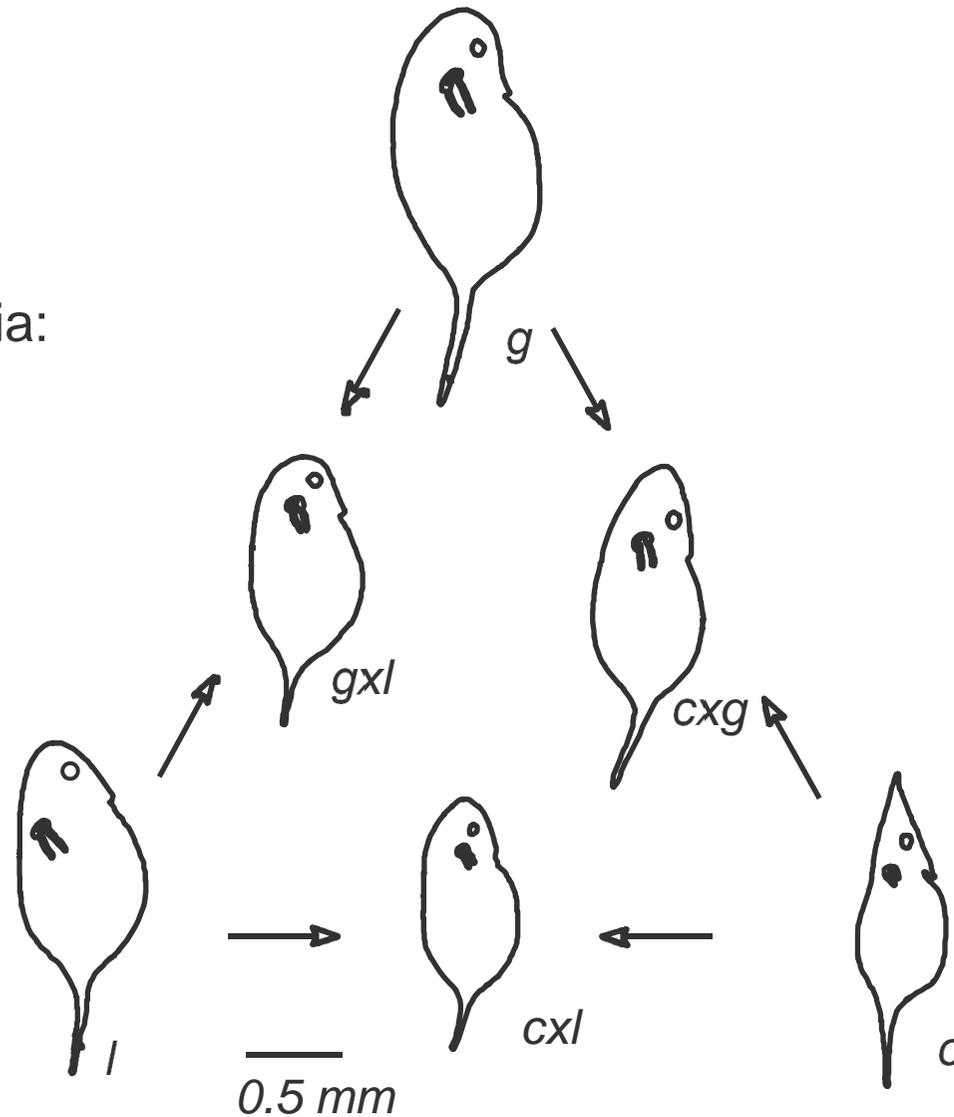
## *Daphnia-galeata*-Komplex mit ihren Hybriden

Untergattung Hyalodaphnia:

*g*: *Daphnia galeata*

*c*: *Daphnia cucullata*

*l*: *Daphnia longispina*





## Greifensee

Zwei Sedimentkerne pro Probestelle



Vorkommen von  
Ehippien



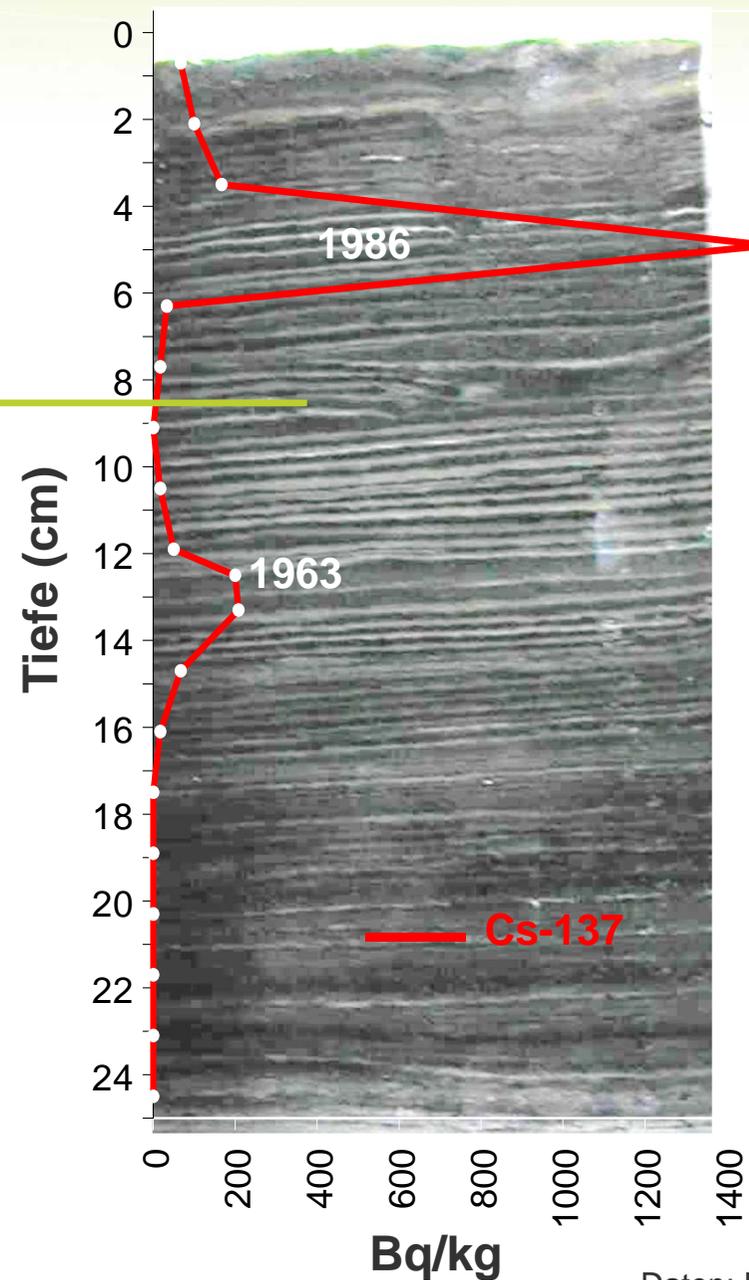
Bestimmung  
der Schichtung

## Greifensee

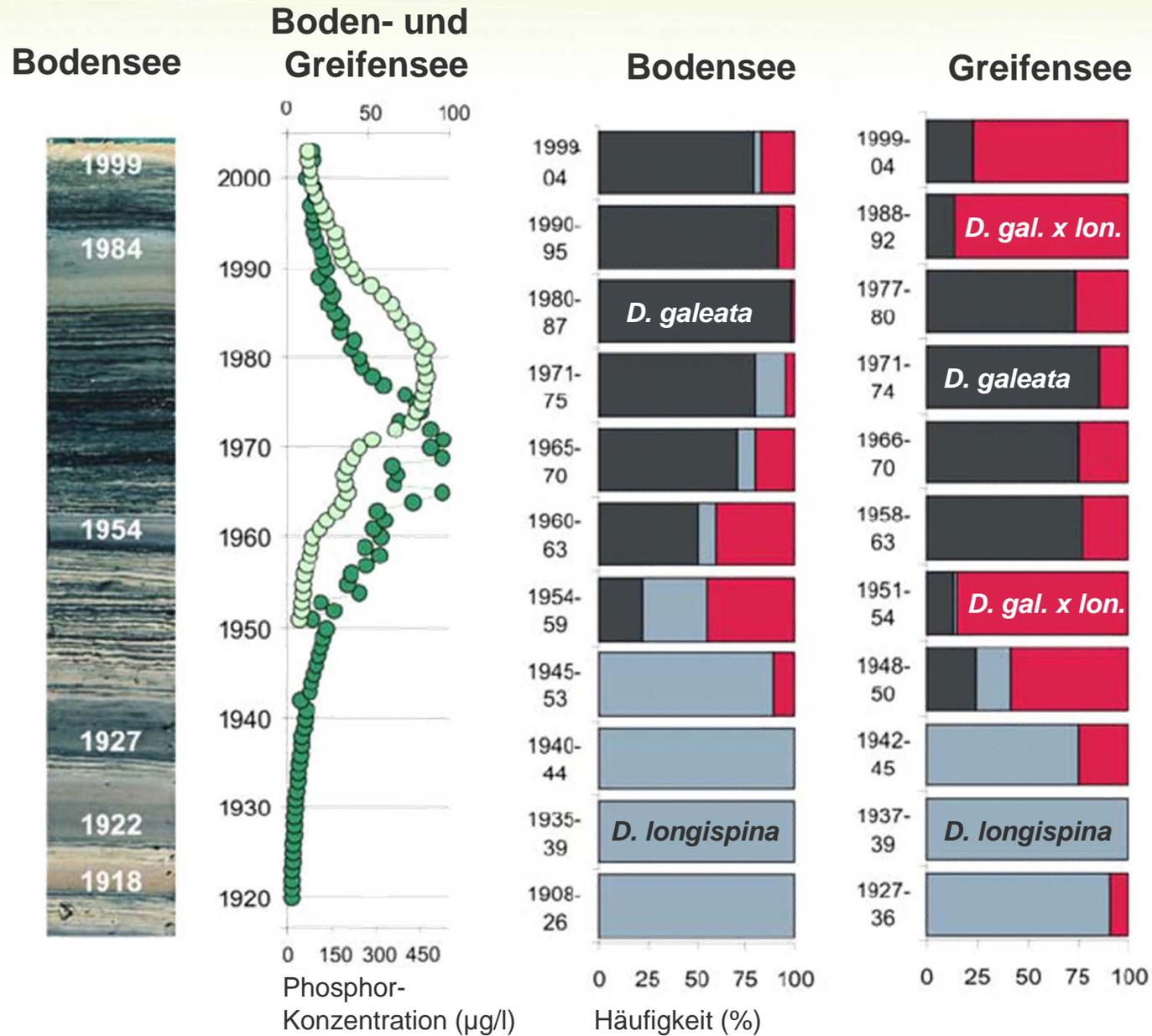
Datierter Querschnitt eines  
Sedimentkerns



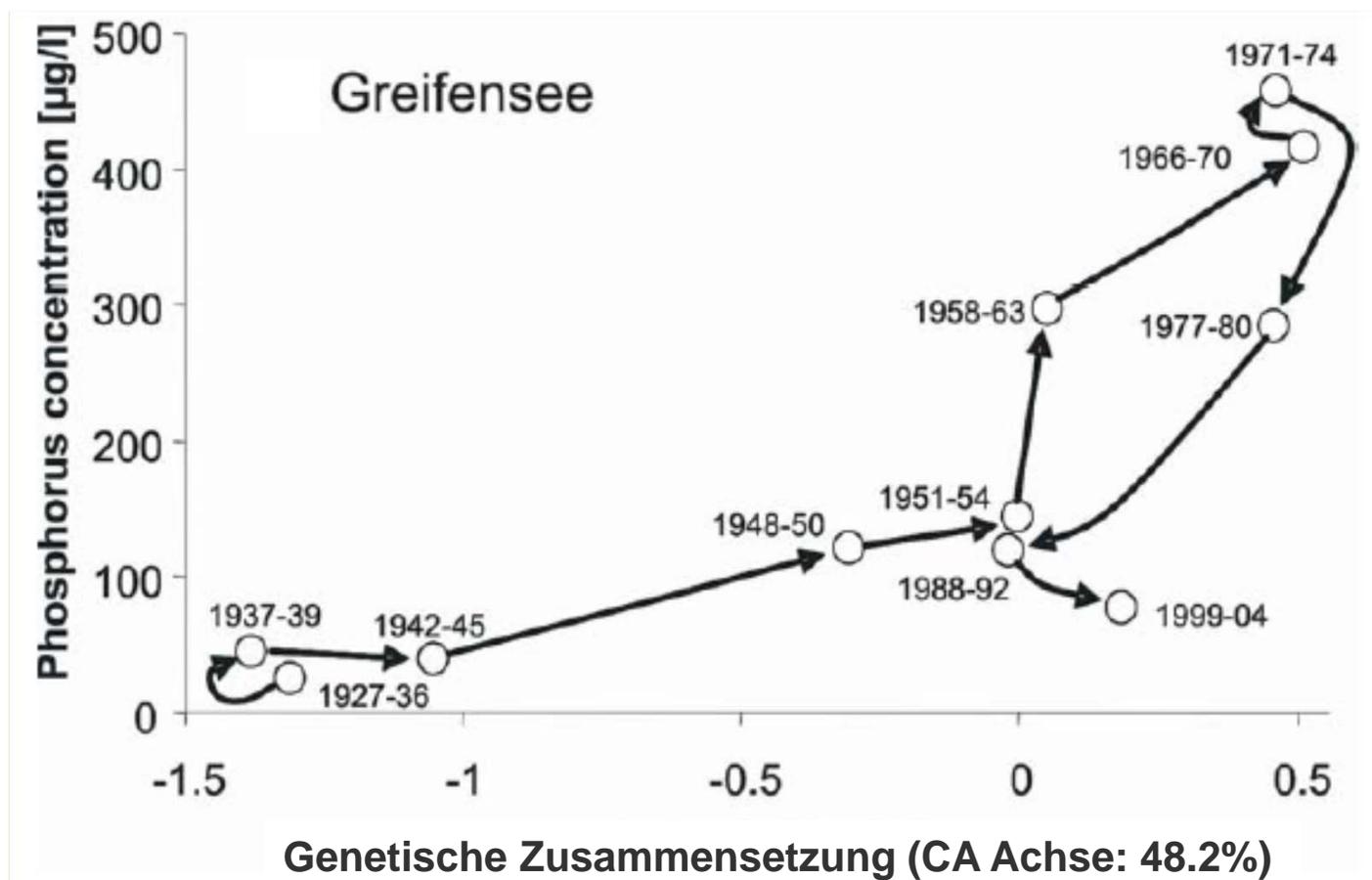
- Isolierte Ephippien
- DNA aus 1 oder 2 Dauereiern
- 6 bis 8 Mikrosatelliten pro See



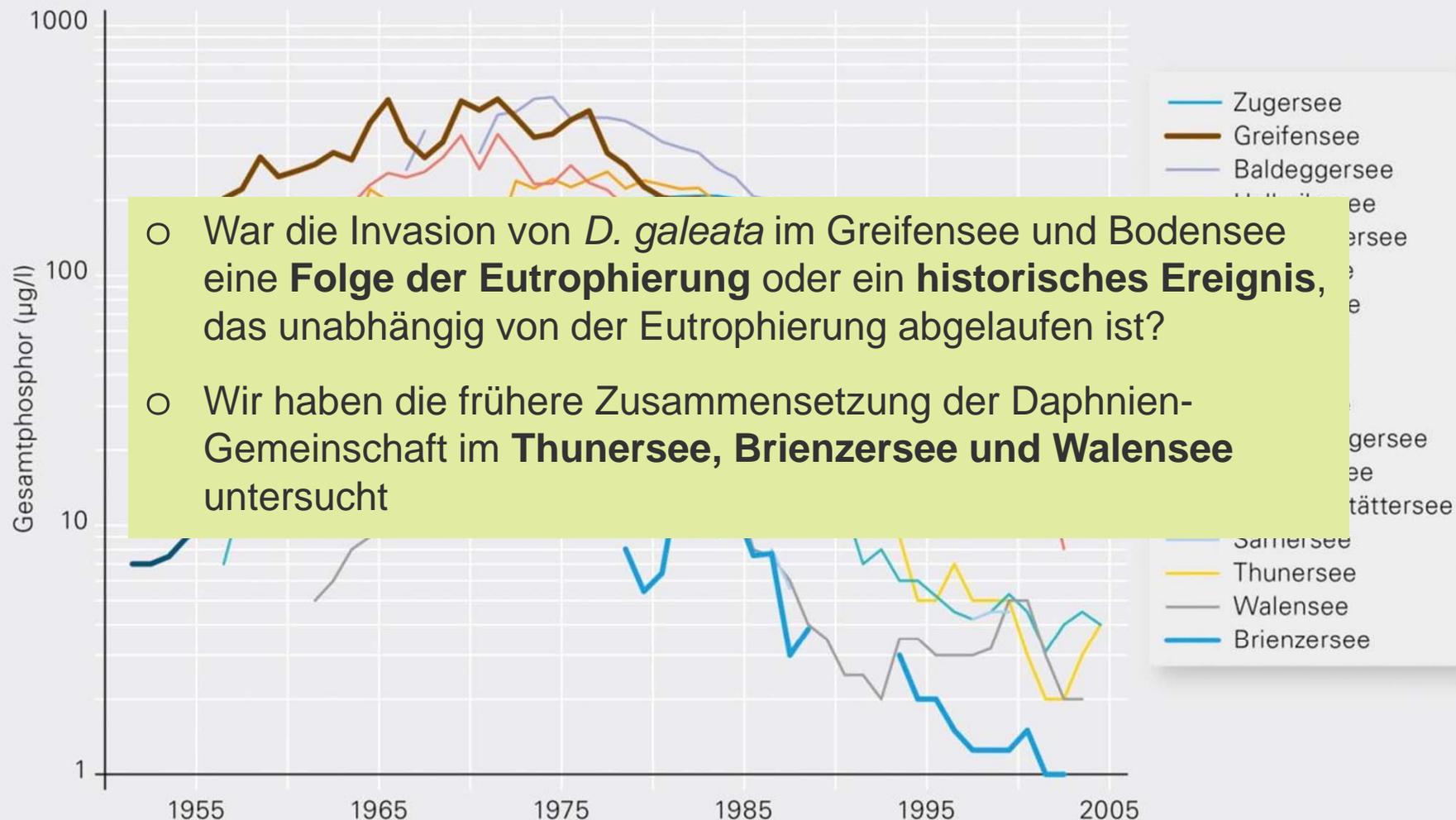
Daten: Eawag, M. Sturm



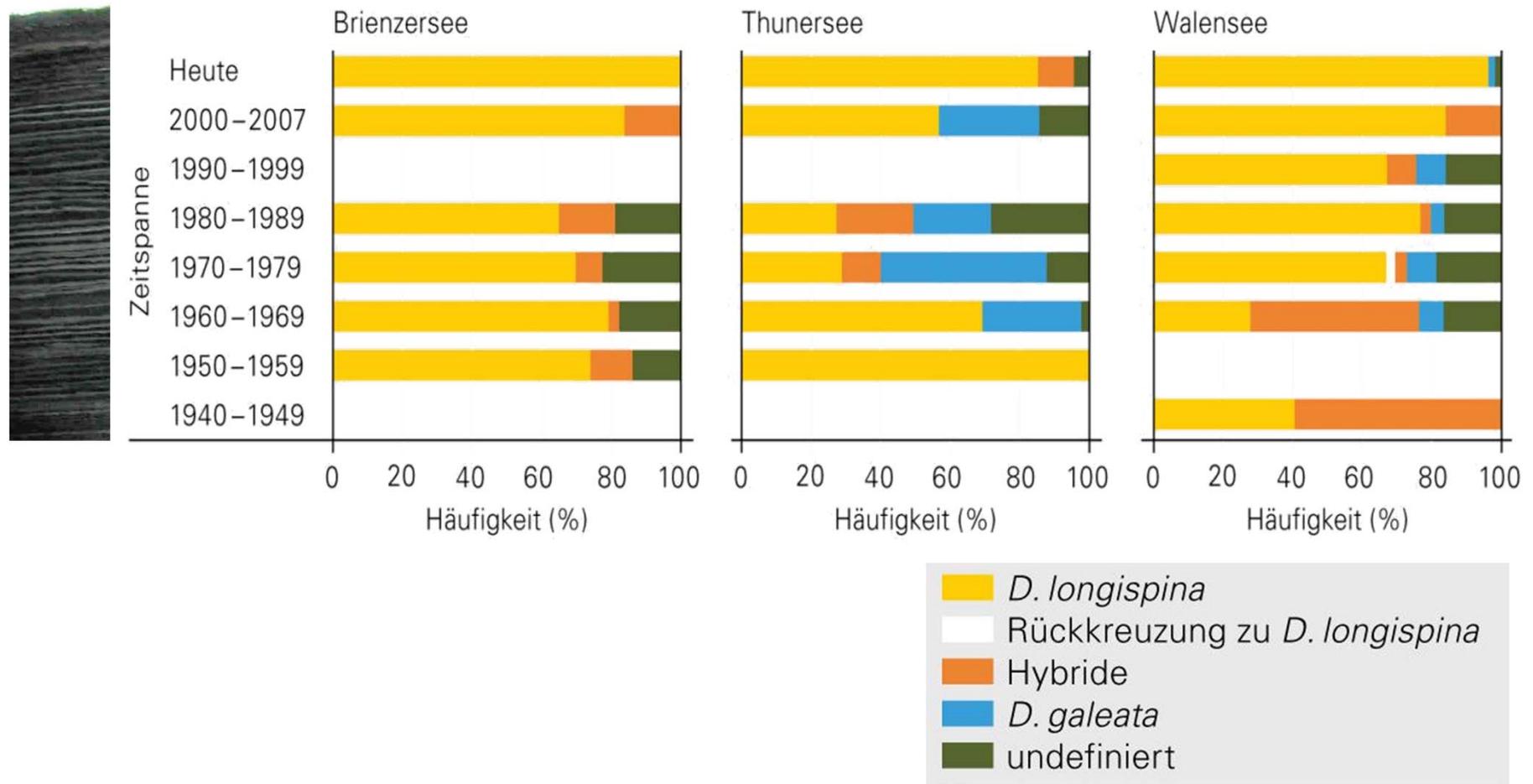
## Die genetische Zusammensetzung der *Daphnia*-Population im Greifensee hat sich während der Eutrophierung irreversibel geändert



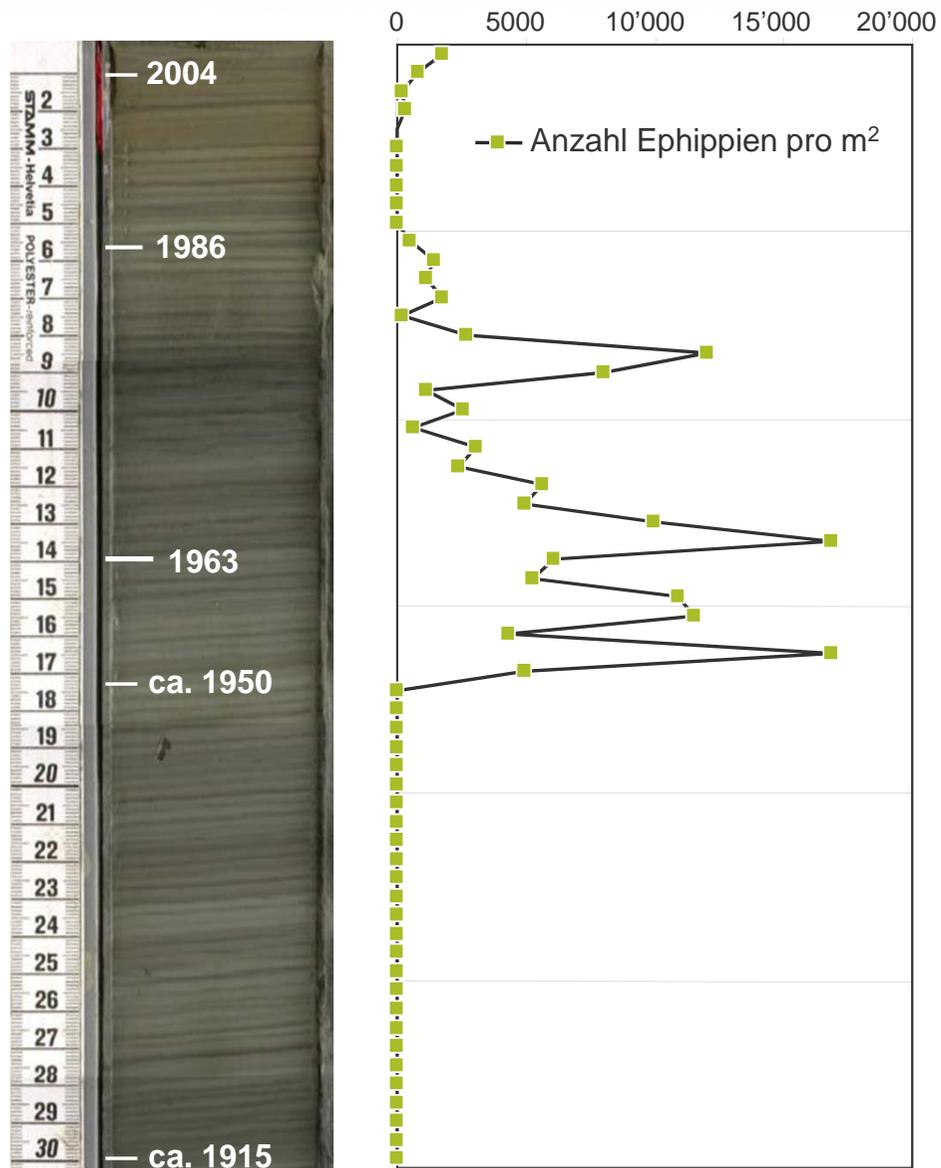
## Welches Muster finden wir in oligothropen Seen?



# Zusammensetzung der Daphniengemeinschaft seit 1940



## Brienzersee: Sedimentkerne

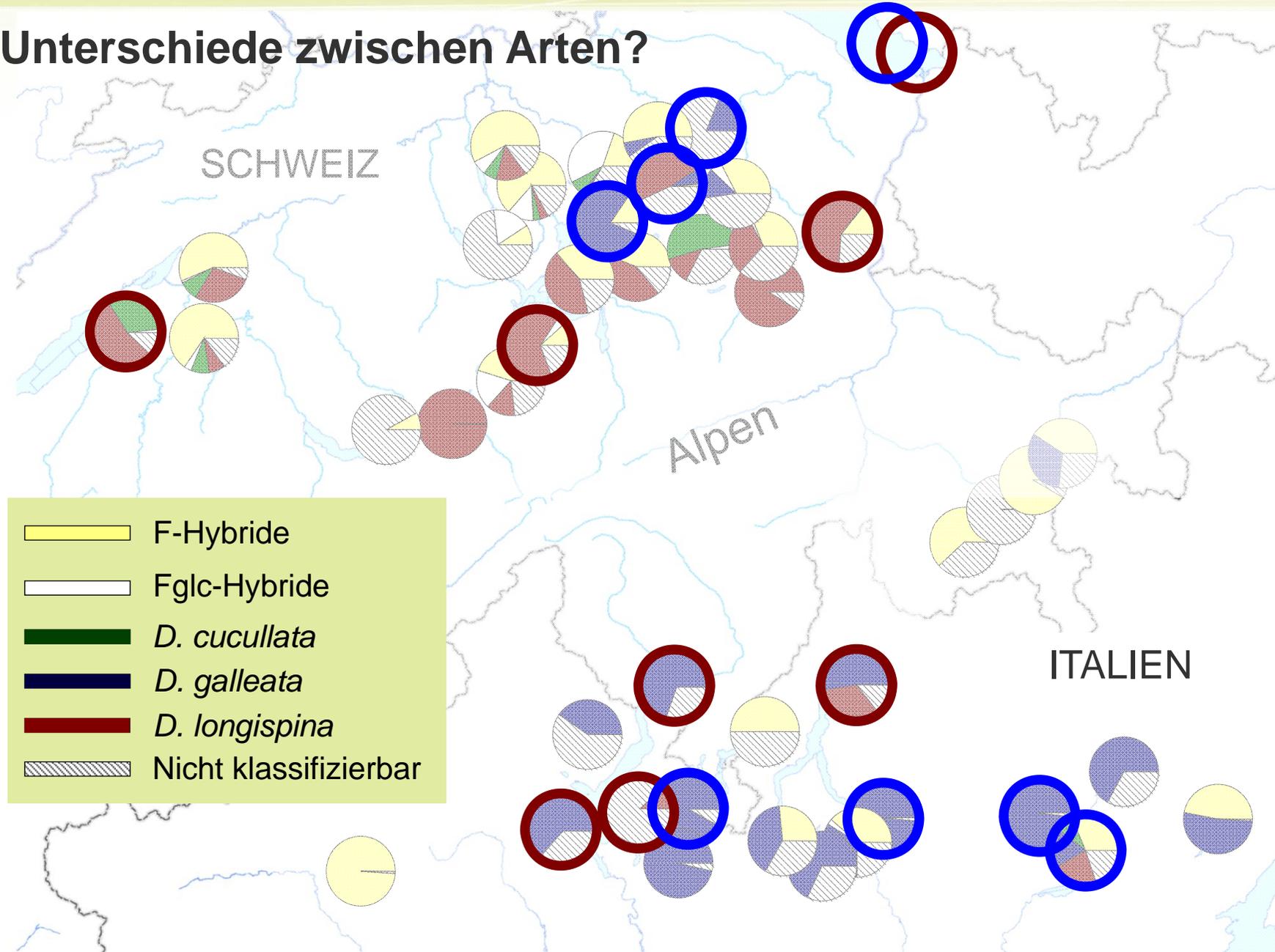


- 4 verschiedene Kerne analysiert (1915-2004)
- Keine Dauereier vor 1950!

## Übersicht über die historische Literatur, die über das Fehlen oder den Nachweis von Daphnien im Brienersee berichtet

Studie	Daphnien?	Zitat	Bemerkung
LUTZ (1878)	Nein	(erwähnt keine Daphnien)	Findet <i>Leptodora</i> , <i>Scapholebris</i> und <i>Bythotrephes</i>
BURCKHARDT (1900)	Nein	„ <i>Daphnia</i> und <i>Bosmina</i> fehlen...“	Findet <i>Leptodora</i> , <i>Scapholebris</i> , <i>Bythotrephes</i> und <i>Diaphanosoma</i>
HEUSCHER (1901)	Ja	„... <i>Daphnia hyalina</i> und zwar Weibchen mit Sommereiern und einzelne Männchen.“	Findet auch <i>Leptodora</i> , <i>Scapholebris</i> , <i>Bythotrephes</i> und <i>Diaphanosoma</i>
FLÜCK (1926)	Nein	„...eigentümliches Fehlen von <i>Bosmina</i> und <i>Daphnia</i> .“  „Es muss sich daher bei dem von Heuscher konstatierten Vorkommen um ein kurzes Gastspiel dieser Cladocere handeln.“	500 Proben analysiert  Findet <i>Leptodora</i> , <i>Scapholebris</i> , <i>Bythotrephes</i> und <i>Diaphanosoma</i>
WUHRMANN & CORTI (1947)	Nein	„...typisches Fehlen der Cladoceren.“	

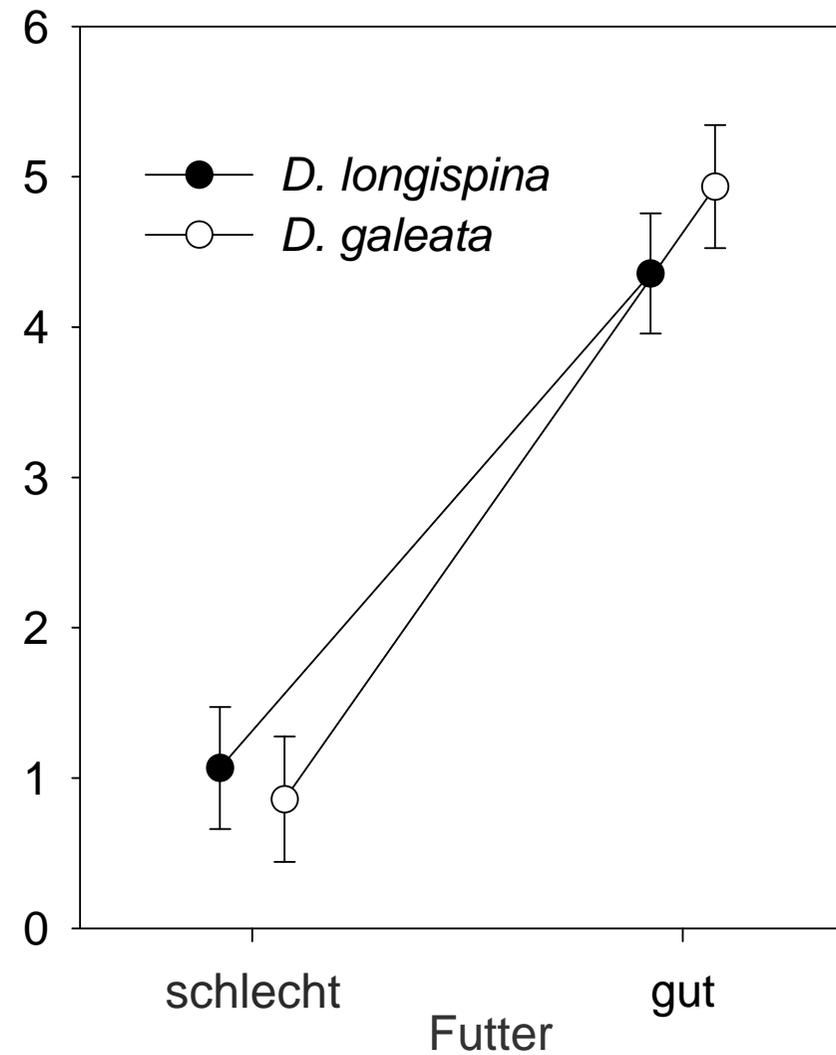
# Unterschiede zwischen Arten?



## Versuchsbedingungen

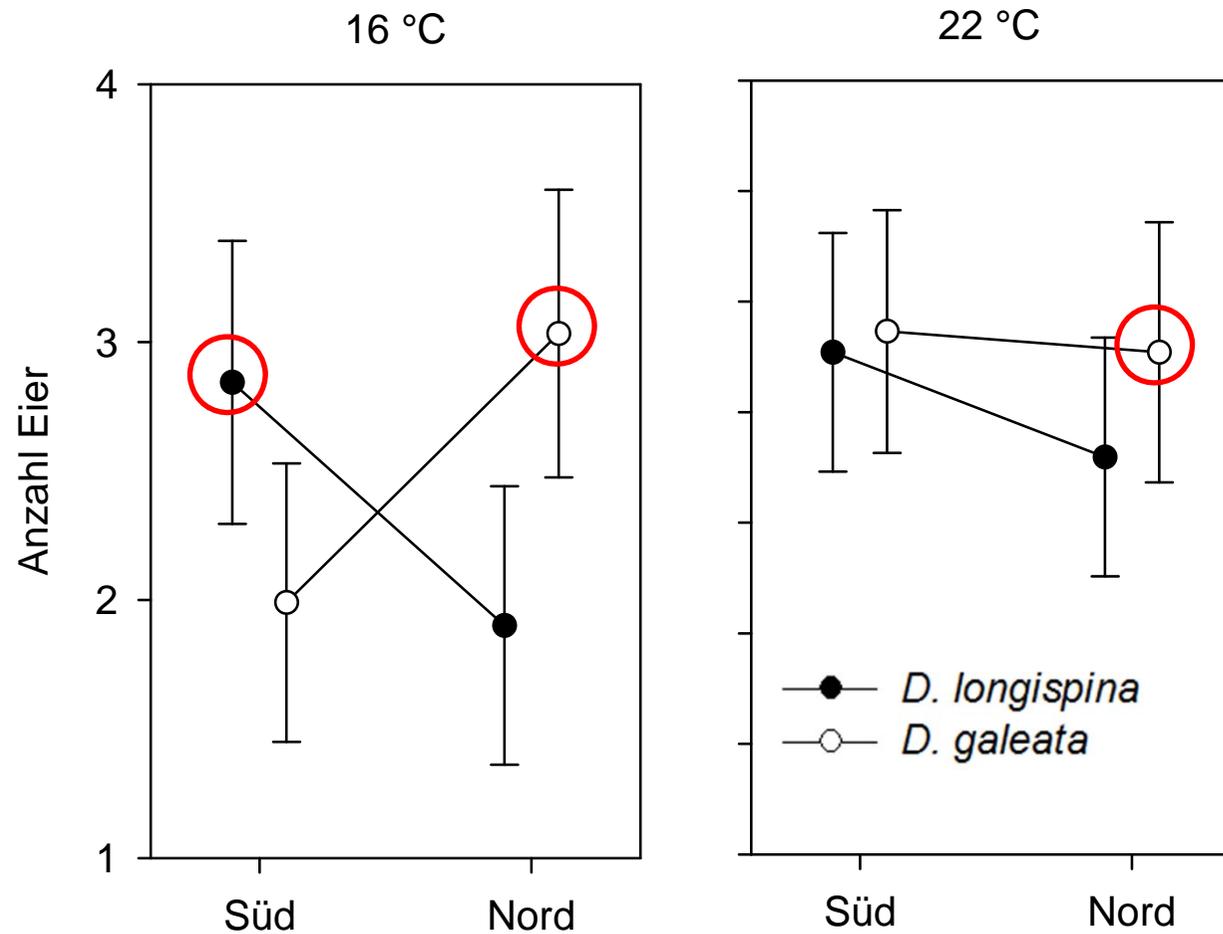
- **Daphnia-Klone** nördlich und südlich der Schweizer Alpen:
  - *D. galeata* vom Süden
  - Einheimische *D. longispina* vom Norden
  - Invasive *D. galeata* vom Norden
  - *D. longispina* vom Süden
- Alle Klone kommen aus **unterschiedlichen Seen**
- **Zwei Temperaturen** (16 und 22 °C) und **zwei Nahrungsbedingungen**
  - genügend gute Algen (*Scenedesmus*): 1 mg C L<sup>-1</sup>; C:P 137
  - zu wenig schlechte Algen (*Senedesmus*): 0,3 mg C L<sup>-1</sup> ; C:P 954
- 16 x 2 x 2 x 4 = 256 Gläschen
- Wasser vom Greifensee (kein Greifensee-Klon im Versuch!)

## *D. galeata* produziert mehr Eier unter eutrophen Bedingungen



## Die invasive Art produziert mehr Eier

Insbesondere bei 16°C ist sie offenbar besser angepasst



## Unsere Daphnien-Studien haben gezeigt, dass:

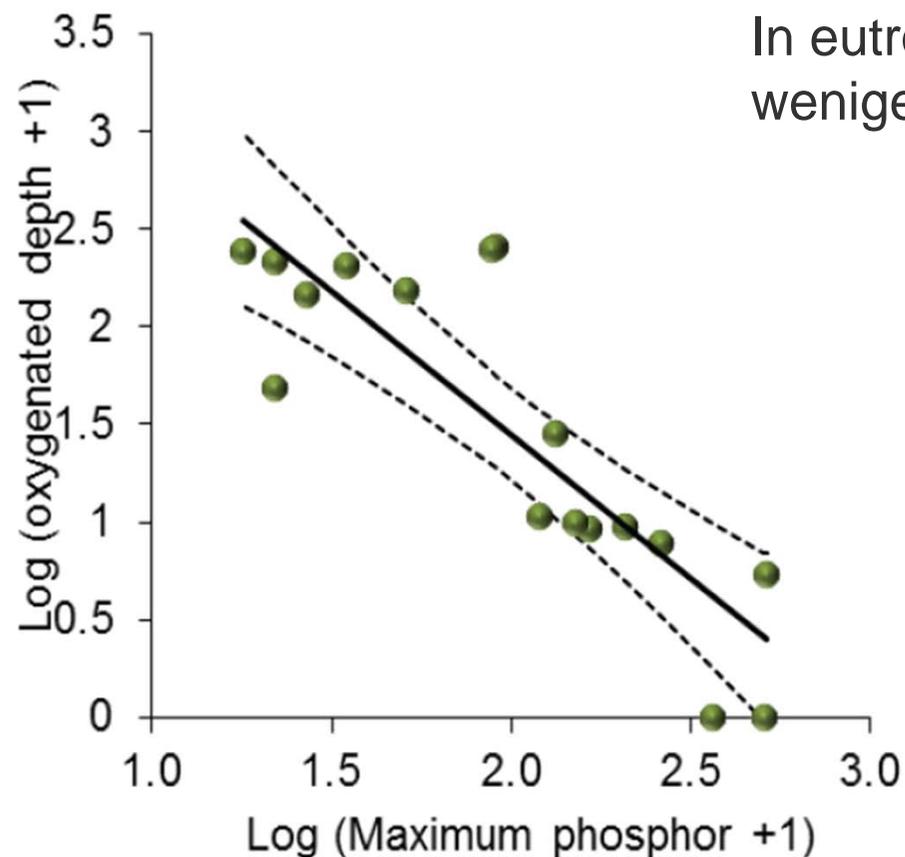
- *D. longispina* die **ursprüngliche Art** in Schweizer Seen nördlich der Alpen ist
- Eutrophierung hat zu einer Habitatveränderung geführt, die vorteilhaft ist für die **invasive Art** *D. galeata*
- *D. galeata* ist besser an eutrophe Bedingungen angepasst
- *D. galeata* und *D. longispina* haben hybridisiert und damit die Daphnien-Population **genetisch verändert**
- Der Brienersee war ursprünglich so **oligotroph**, dass sich dort keine Daphnien-Population etablieren konnten

**Die wichtigsten Räuber von Daphnien sind Felchen.  
Wie ist es ihnen während der Eutrophierung gegangen?**

## Lebenszyklus der Felchen

- Brauchen **Sauerstoff** zum Laichen
- Unterschiedliche Arten laichen in **unterschiedlichen Habitaten** zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr
- In eutrophen Seen mit **Sauerstoffmangel** werden Felchen ausgesetzt

## Beziehung zwischen Seeverschmutzung und Sauerstoff-Verfügbarkeit



In eutrophenen Seen hat es weniger Lebensraum für Felchen

# Felchen-Vielvalt in Schweizer Seen und Eutrophierung

## Methoden

- Alte Proben von 1926 bis 1950 aus Museen
- Neue Proben aus Seen
- Genetische Analysen von «alten» und «neuen» Fischpopulationen von 8 Seen
- Vergleich der heutigen Fischdiversität mit einer Studie von Steinmann von 1950 (17 Seen)



340

Hydrol.

### Monographie der schweizerischen Koregonen

*Beitrag zum Problem der Entstehung neuer Arten*

Von PAUL STEINMANN, Aarau

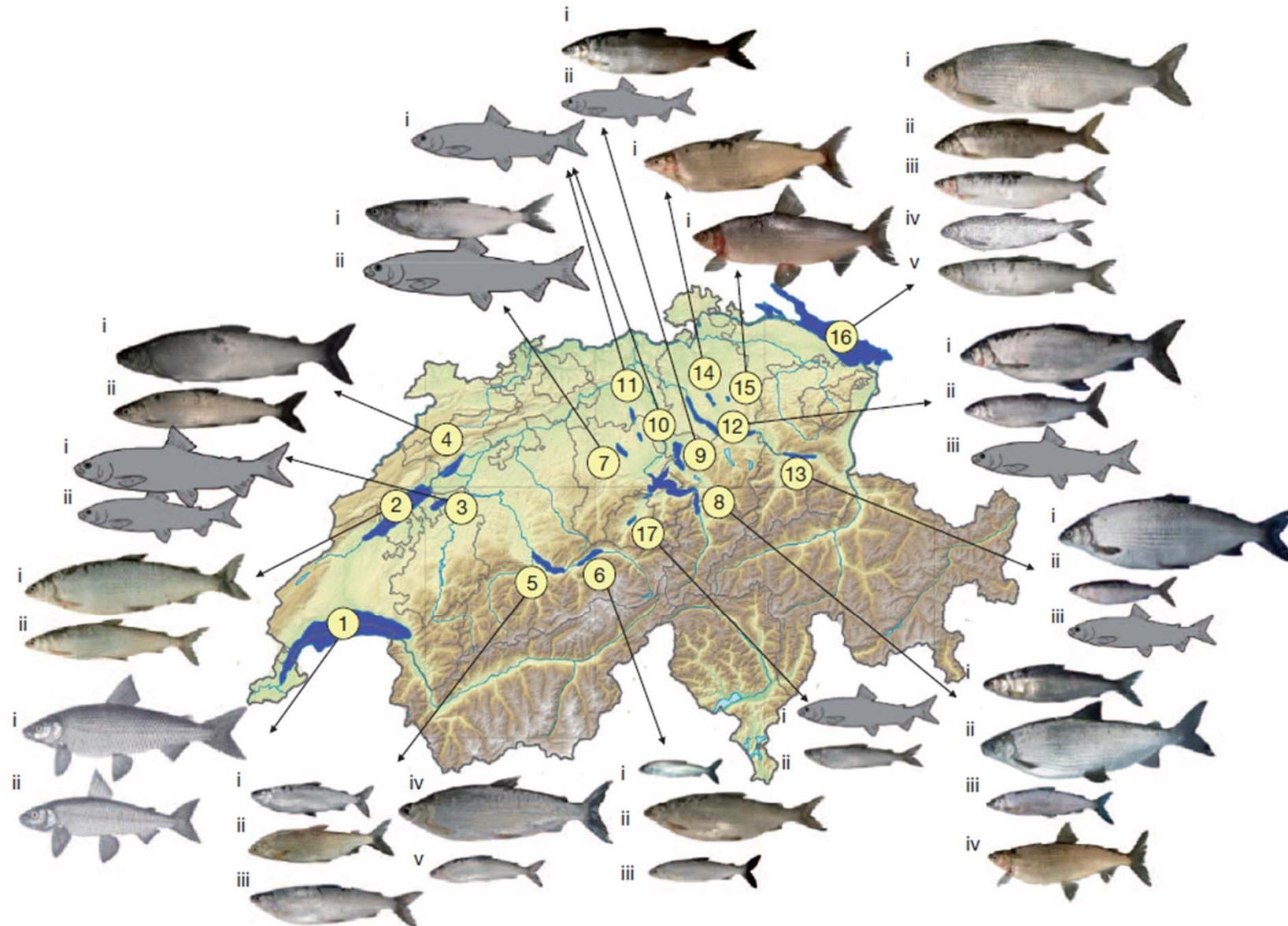
Eingegangen am 15. Juni 1950

*Spezieller Teil<sup>1)</sup>*

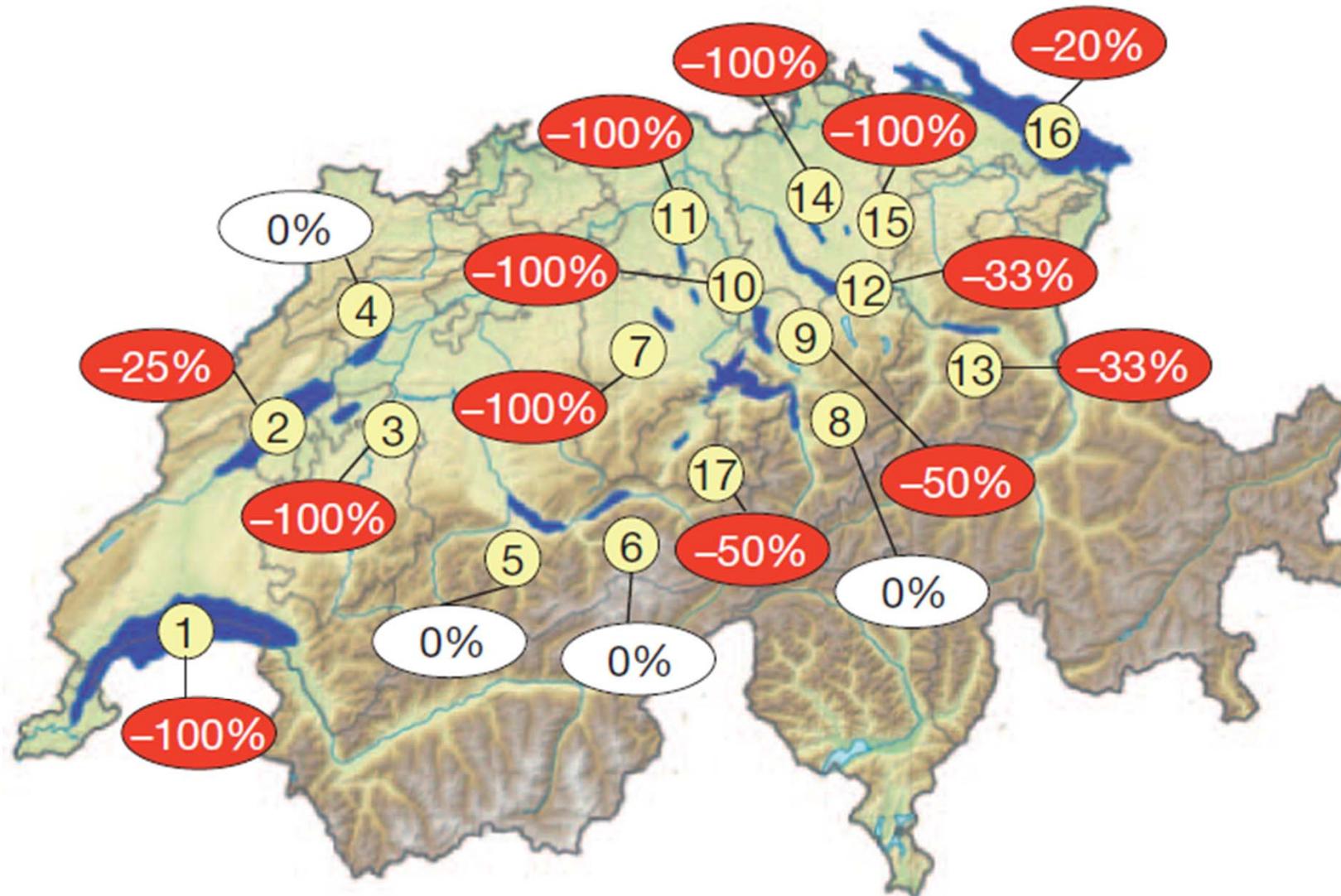
DIE FELCHENSTÄMME DER EINZELNEN SEEN



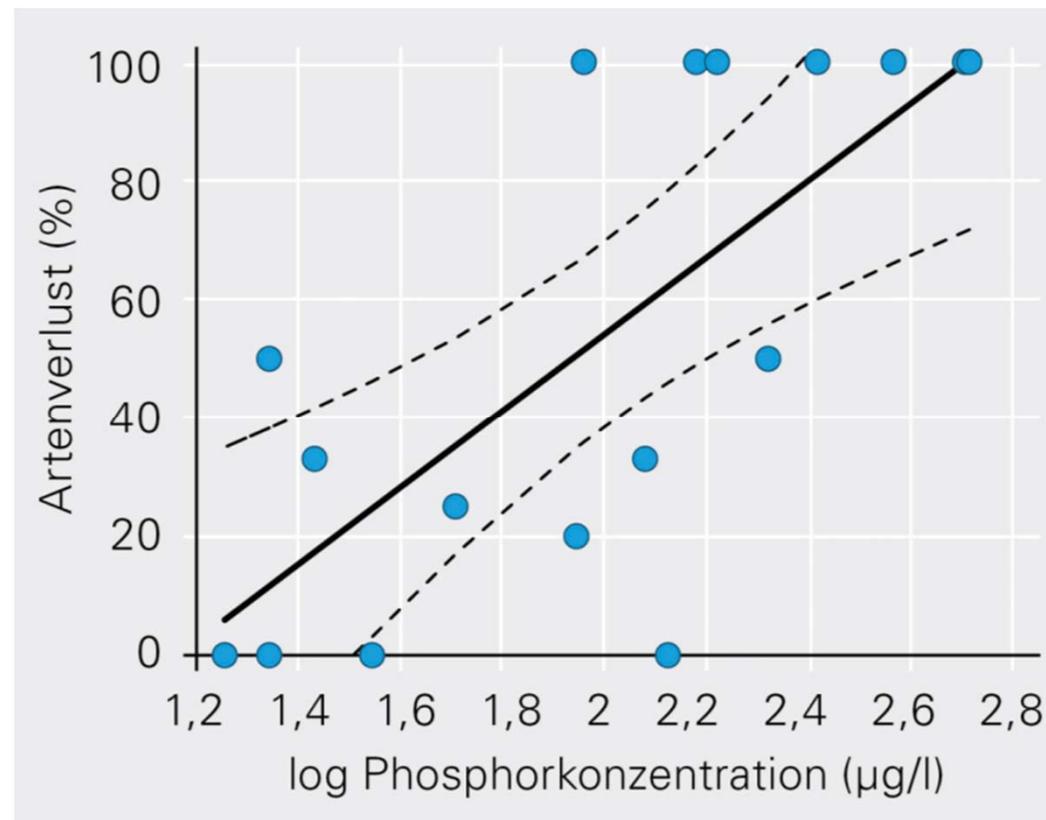
# Historische Felchen-Vielfalt in der Schweiz



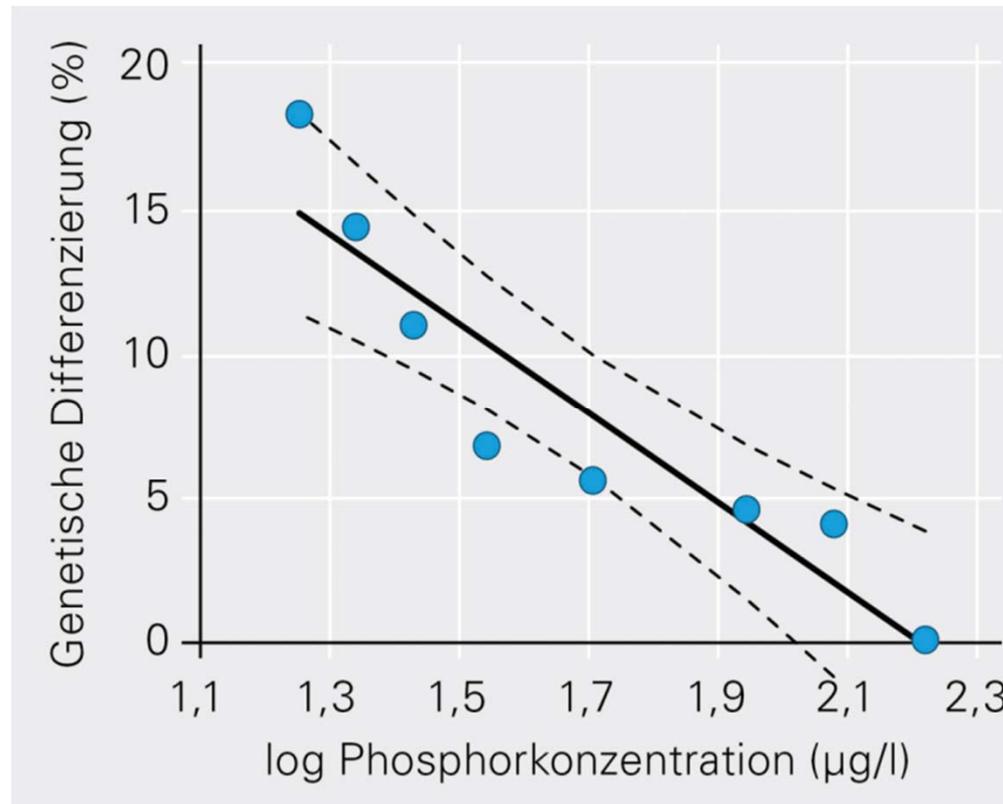
## Änderung der Artenzahlen in 17 Seen



## Höhere Phosphor-Konzentrationen führten bei Felchen zu einem grösseren Verlust von Arten



## Genetische Differenzierung der Felchen-Populationen ist in eutrophenen Seen geringer



## Schlussfolgerungen

- Eutrophierung hat in Schweizer Seen bei Felchen wie bei Daphnien zu einer **Änderung der Artenzusammensetzung** geführt sowie zu genetischer Vermischung
- In oligotrophen Seen ist der **Fischbestand gesund**. Es gibt keinen Grund, sich Sorgen um das Fischfutter (Daphnien) zu machen
- Eutrophierung hat in der Vergangenheit zum **Verlust der Artenvielfalt** geführt

## Was bedeutet das für den Brienersee?

- Der Brienersee ist der sauberste grosse See der Schweiz. In diesem See haben sich **endemische Felchen-Arten** gebildet, obwohl sehr wahrscheinlich keine Daphnien vorhanden waren
- Es gibt **genügend Nahrung** für die Felchen
- Die Vergangenheit hat uns gezeigt, was die **Zugabe von Phosphor** für ein See-Ökosystem bedeutet. Weitere Experimente sind überflüssig.