

Die Sanierung des Hallwilersees

Eine Erfolgsgeschichte?

Abteilung für Umwelt, Dr. Lukas De Ventura

17. Januar 2018, Naturforschende Gesellschaft Kanton Aargau





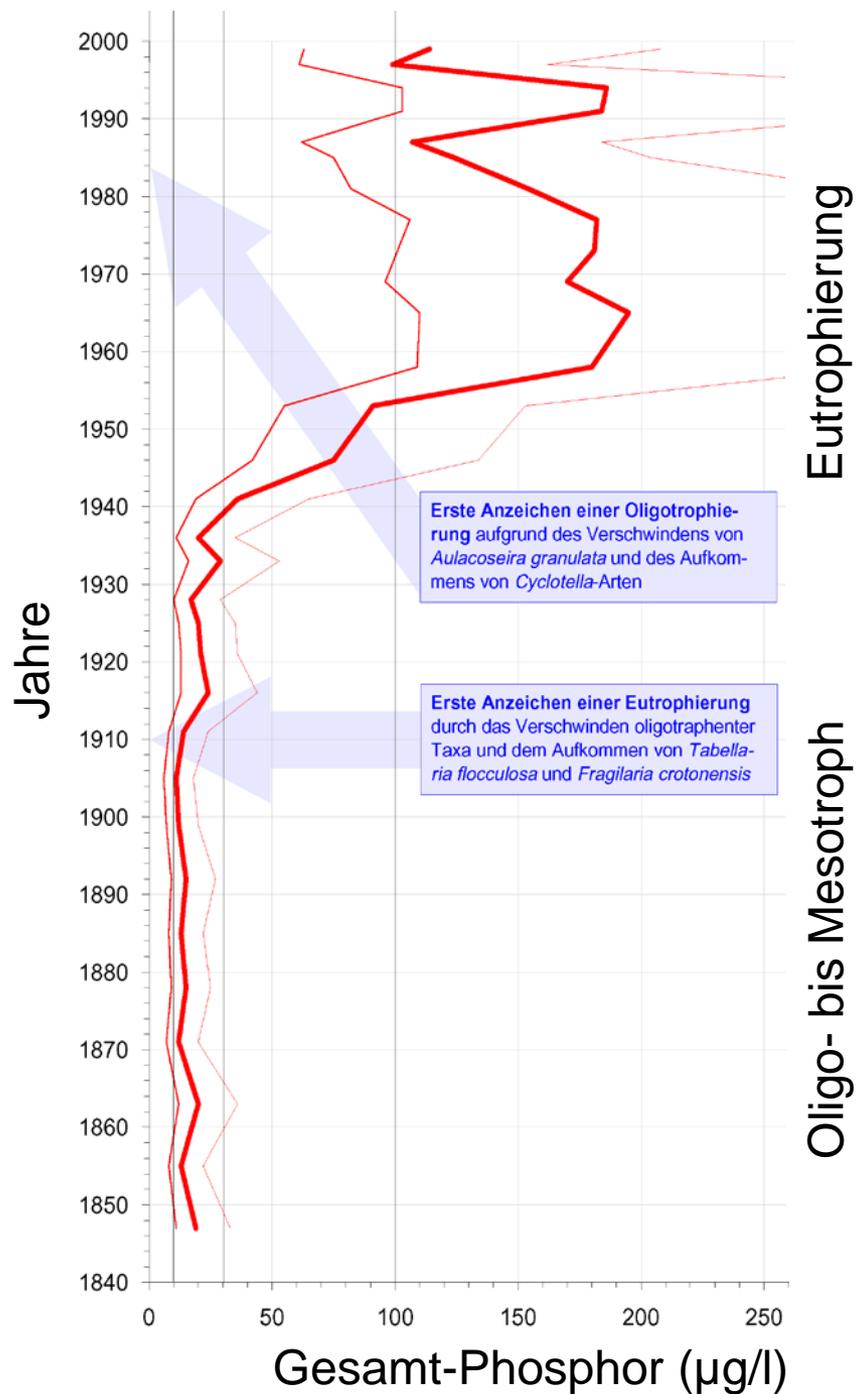
Ein Bild aus vergangenen Zeiten



"Krankheitsgeschichte" des Hallwilersees



1898	Massenentwicklung der Burgunderblutalgen
1920	Sauerstoffschwund, Rückgang der Felchen
1956	Phosphorbelastung ist Ursache für Algenwachstum
1963	Kläranlage Hallwilersee (Gabelleitung)
1979	Gutachten EAWAG (see-interne Massnahmen)
1980	Kläranlage Hitzkirchertal (Phosphorelimination)
1984	1. Rahmenkredit zur Seesanieung (Fr. 4.5 Mio.)
1985	Gewässerschutz in der Landwirtschaft
1985/86	Bau Zirkulationshilfe und Tiefenwasserbelüftung
1996	2. Rahmenkredit zur Seesanieung (Fr. 2.4 Mio.)
2001	Phosphorprojekt Hallwilersee nach Gewässerschutzgesetz
2002	2001, 2003, 2016 Weitere Verpflichtungskredite
Heute	Akzeptable Phosphorkonzentrationen erreicht, aber....

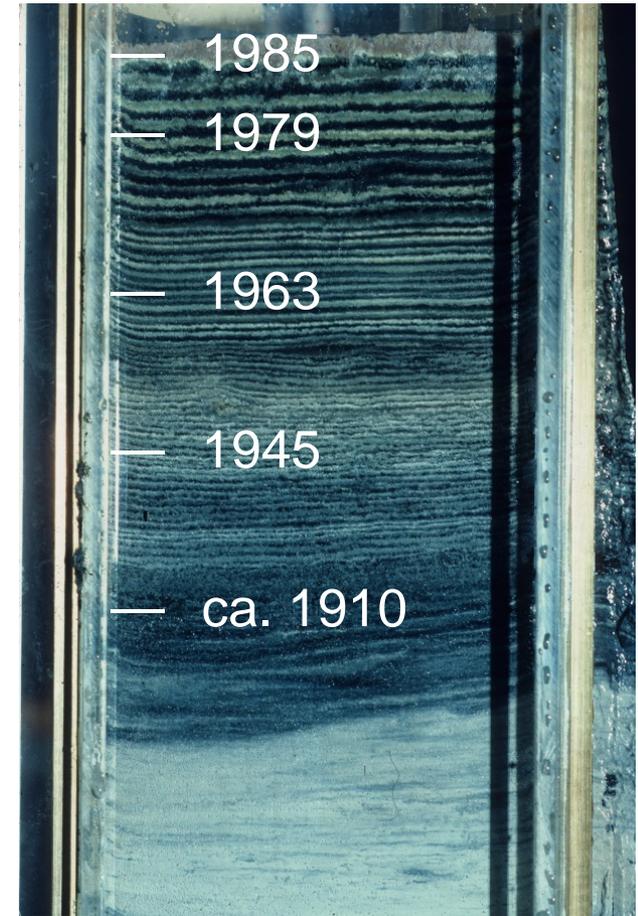
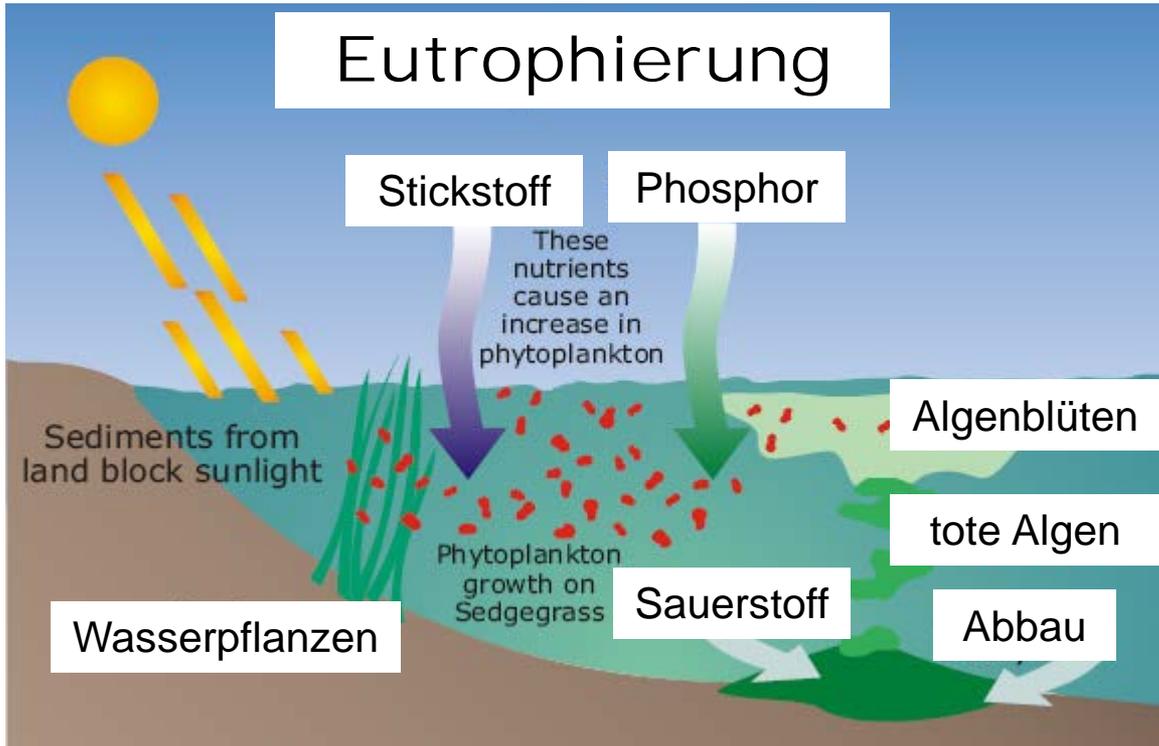


Entwicklung des Phosphor-Gehaltes im Hallwilersee

Gemessen aus Kieselalgen in Sedimentbohrkernen.
(Rekonstruiert seit 1840)

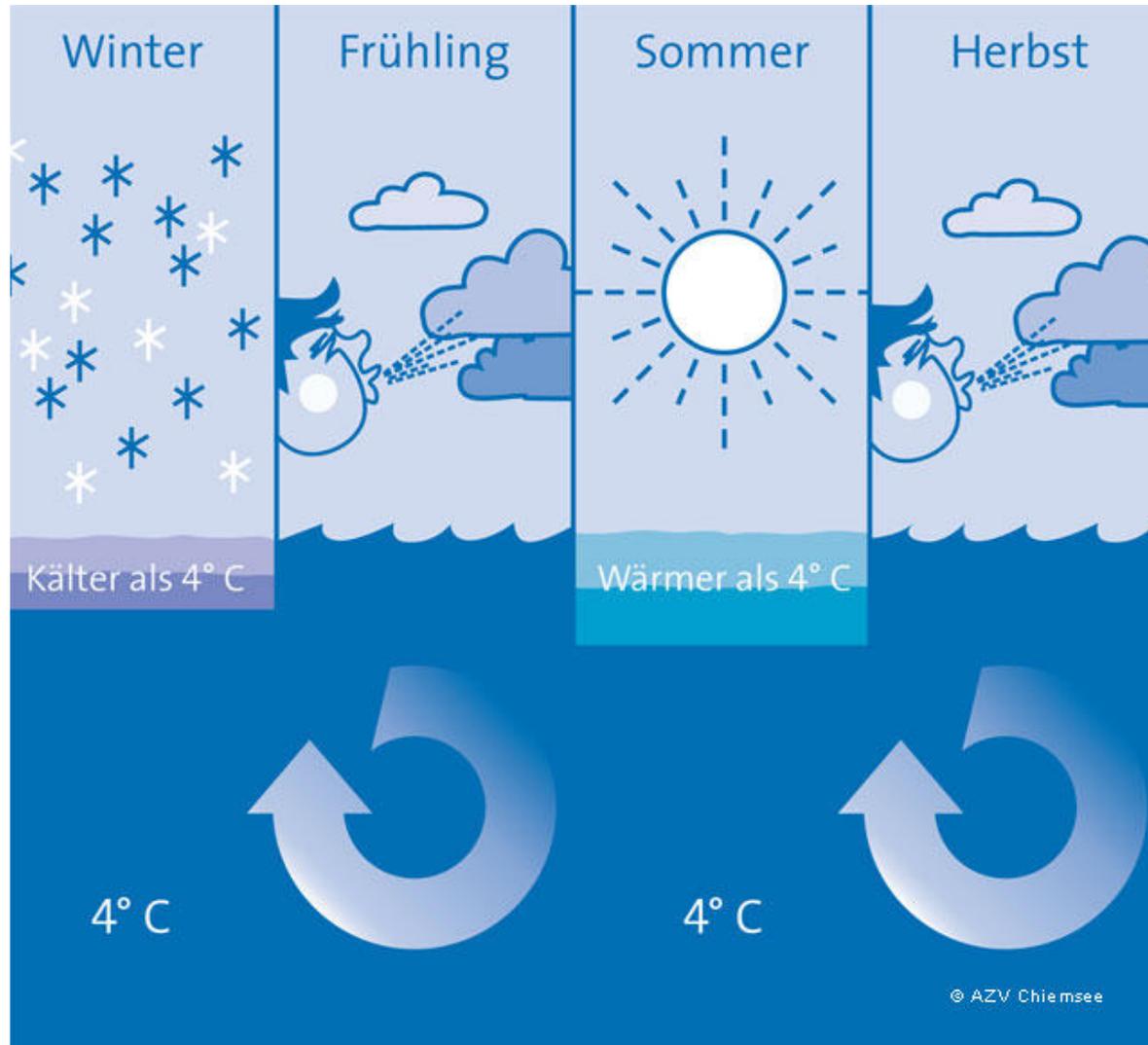
Vor 1900: 10 – 30 mg/m^3 P

Effekte hoher Nährstoffkonzentrationen im See

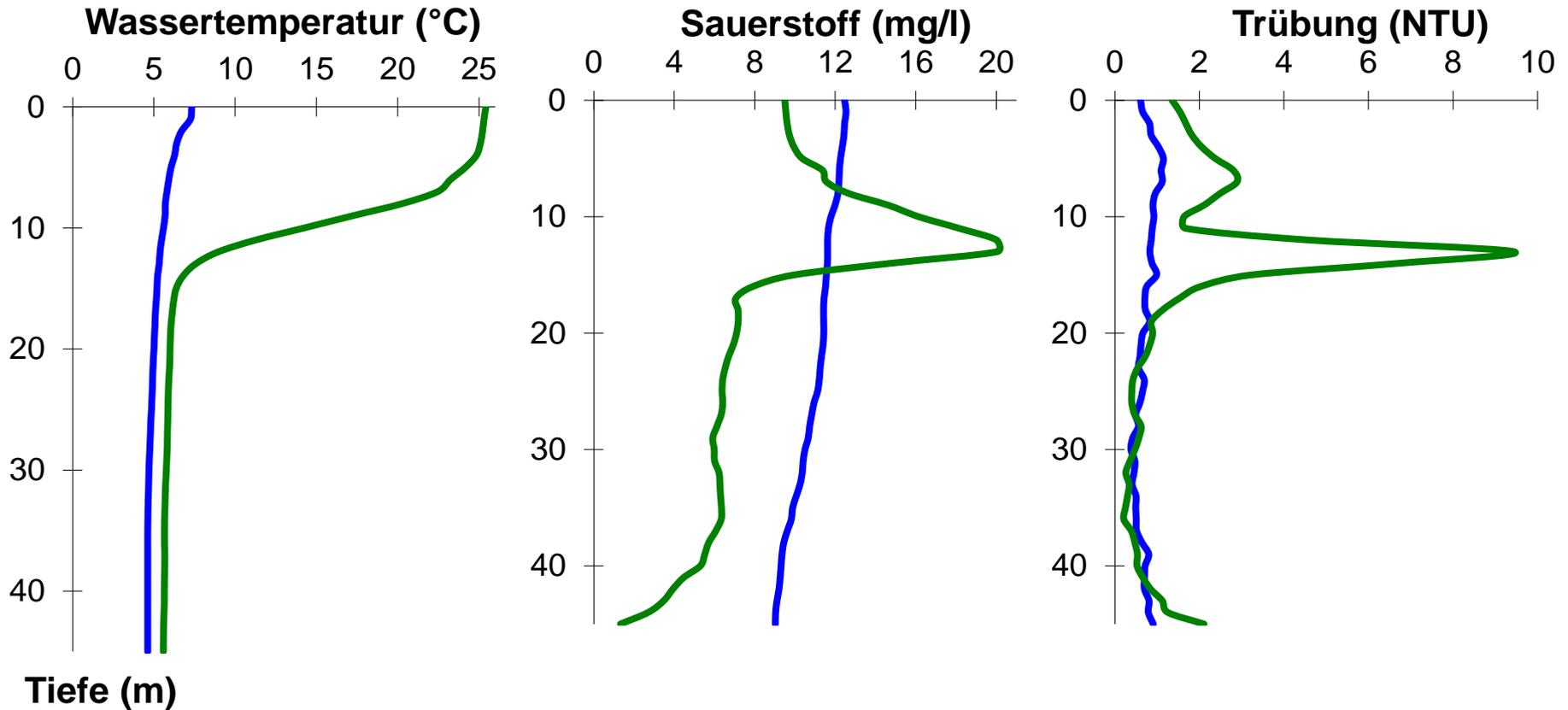


- Algenblüten, stinkende Seen
- Schlechte Wasserqualität
- Kein Sauerstoff im Sommer im Tiefenwasser
- Rückgang der Fischpopulationen

Zirkulation und Stagnation im geschichteten See



Tiefenprofile im Hallwilersee im Winter und Sommer



Tiefenprofil im Seewasser:
----- Ende März
————— Ende August

Ziele für die nachhaltige Gesundung des Sees

- **Natürliche Fortpflanzung der Felchen** (ausreichende Sauerstoffversorgung der Sedimente)
- **Mässige Algenproduktion** (wenig Burgunderblotalgen, typische Kieselalgen)
- **10 bis 20 mg Phosphor** pro Kubikmeter Seewasser
- **Phosphorbelastung weniger als 2.5 Tonnen** algenverfügbarer Phosphor pro Jahr
- Verzicht auf Belüftung im Sommer (Zirkulationshilfe im Winter bleibt)



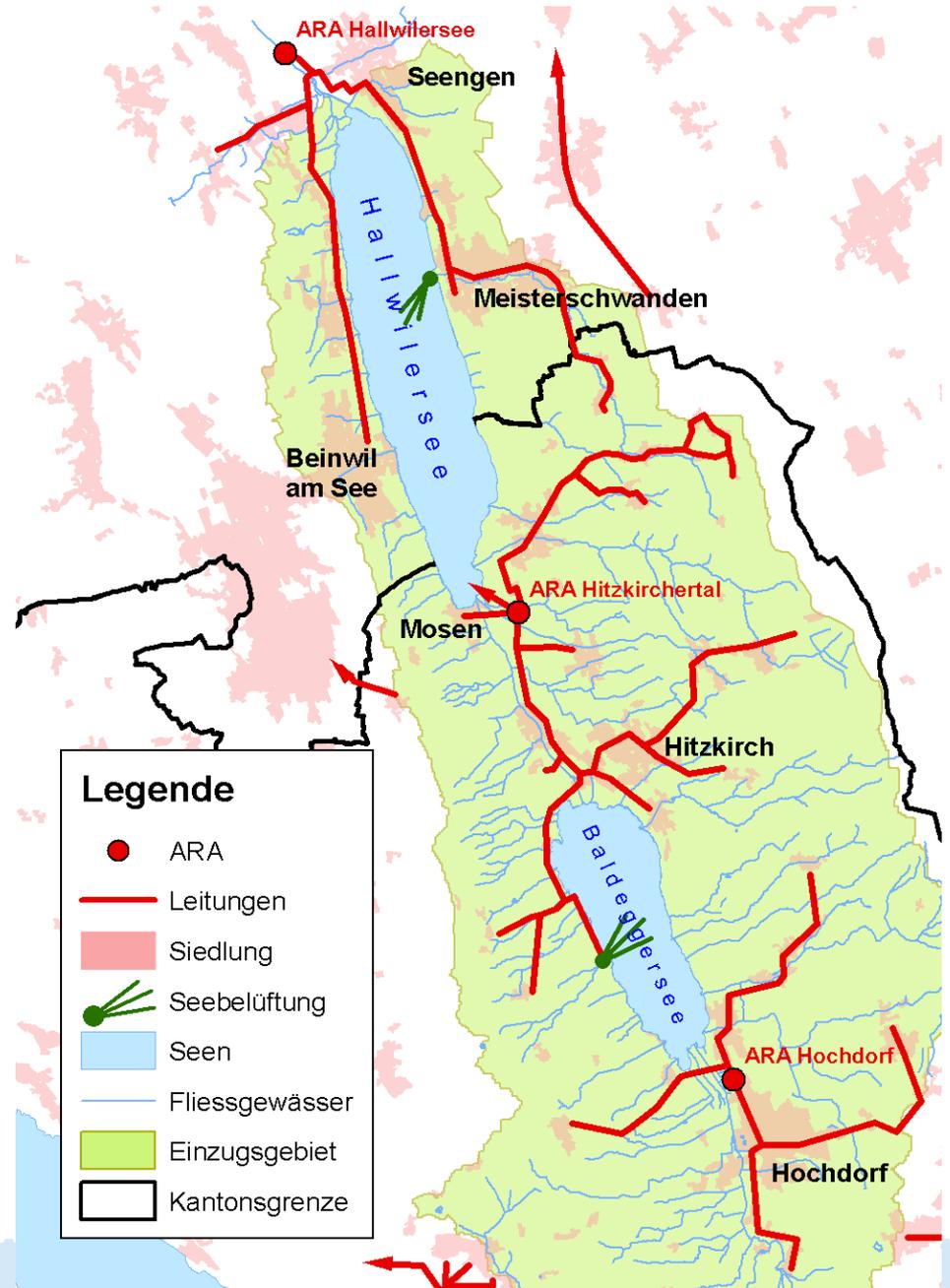
Sanierungsmassnahmen Hallwilersee

- > **Reduktion der Nährstoffeinträge aus der Siedlungsentwässerung**
- > **Reduktion der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft**
- > **Seebelüftungen im Baldeggersee (1983), Hallwilersee (1985/87)**
 - > Wiederherstellung des Tiefenwassers als Lebensraum
 - > Erholung der Sedimente und Reduktion der Phosphorrücklösung
- > **Seeüberwachung**
 - > Seemonitoring durch die AfU, Kt. Aargau
 - > Zusammenarbeit mit dem UWE, Kt. Luzern und der Eawag

Verbesserungen in der Abwasserreinigung

- > Gabelleitung (1964)
- > Abwasserreinigungsanlagen:
 - Seengen (1964)
 - Hochdorf (1967)
 - Mosen (1981)
- > Regenwasserbehandlungsanlagen, Regenbecken

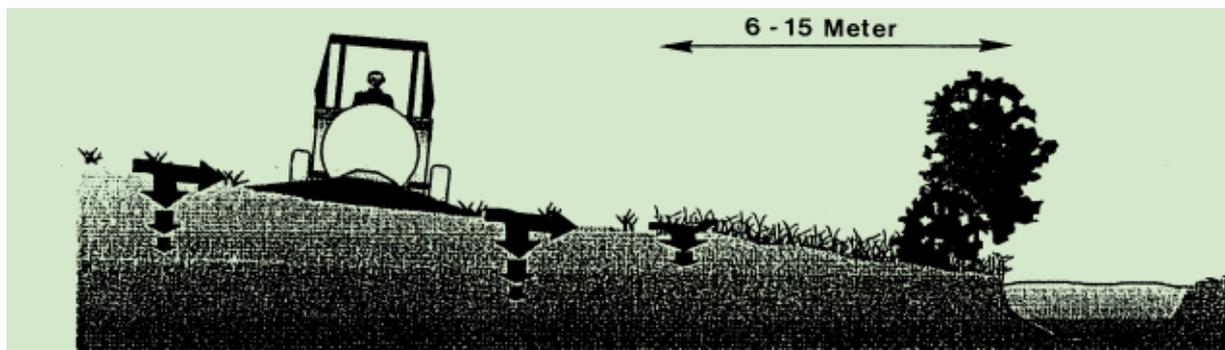
Massnahmen für Hallwilersee
UND Baldeggersee nötig



Reduktion des Nährstoffeintrages aus der Landwirtschaft

- > Verbesserung der Hofdüngeranlagen, Beratung (1987)
- > Pufferstreifen
- > Direktsaaten, Streifenfrässaaten (1997) → Reduktion der Erosion
- > Phosphor-Projekt Hallwilersee AG / LU (2001-2010): Bauern partizipieren freiwillig und erhalten Kompensationszahlungen
- > Düngebeschränkung (100%) für Gülle und Kompost (seit 2011): obligatorisch

Pufferstreifen:

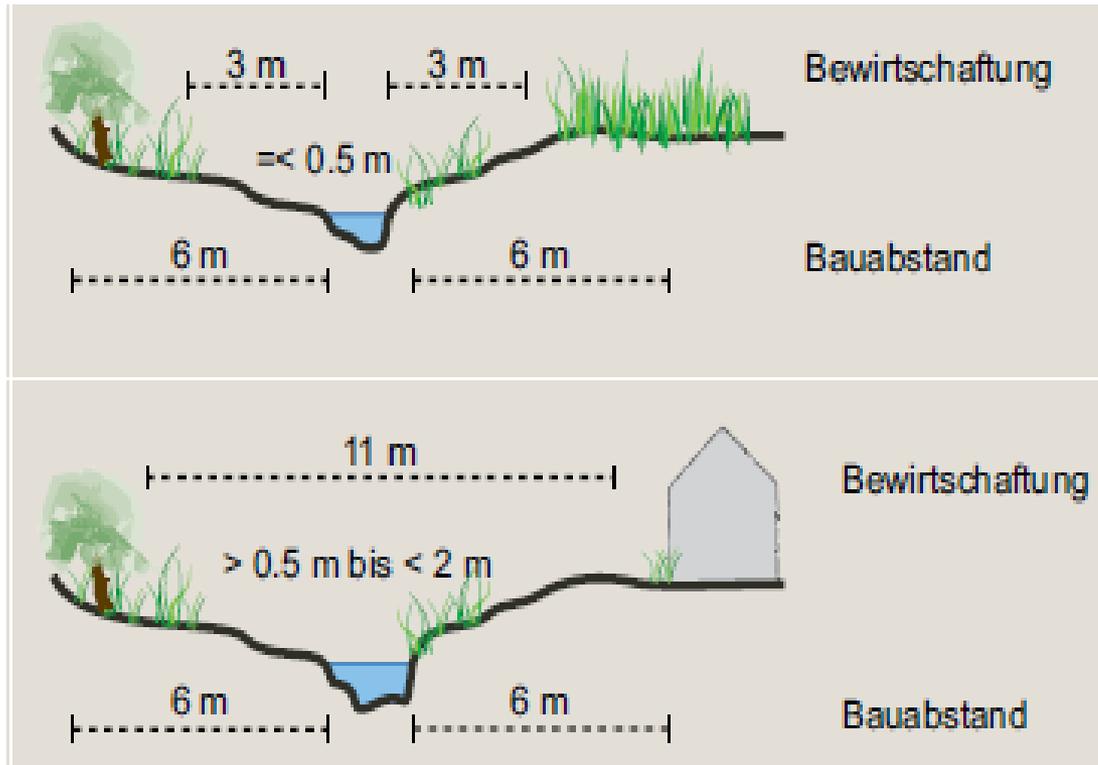


Substanz	Reduktion des Eintrages durch Pufferstreifen
Phosphat	30 – 60 %
Ammonium	20 – 50 %
Pestizide	5 – 70 %

Gewässerraum

Neu:

- Inkrafttreten des Gewässerraums im Aargau
- Ab 2017 keine weiteren Kantonsbeiträge für Pufferstreifen



Ausserhalb Bauzonen:
beidseitig 3 m

Festlegung in Nutzungsplanung,
gestützt auf
Gewässerraumkarte

Ausserhalb Bauzonen: total **11 m**

Gewässerraum statt Pufferstreifen

Pufferstreifen bis 2016



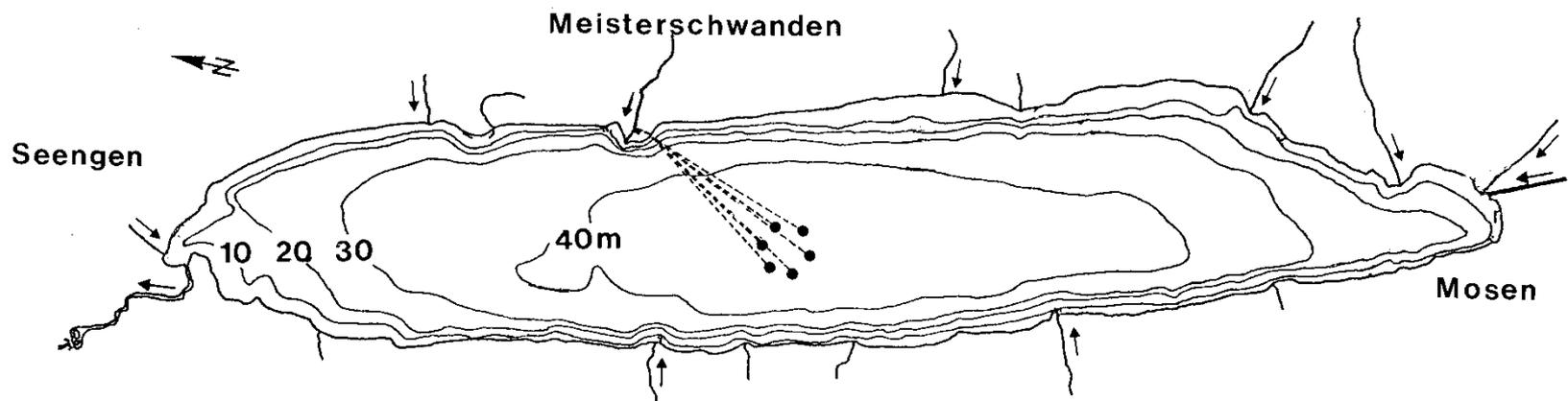
Gewässerraum ab 2017



Belüftung Hallwilersee

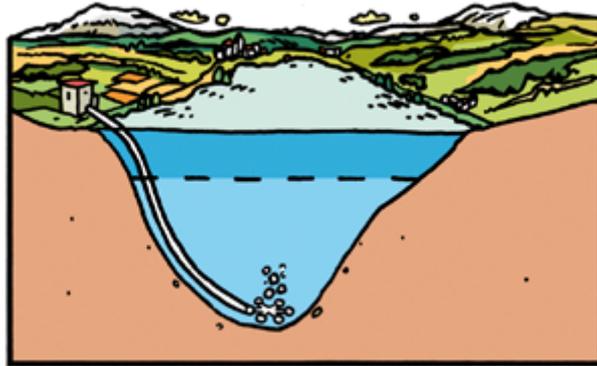
Zirkulationshilfe seit 1983

Belüftung seit 1986

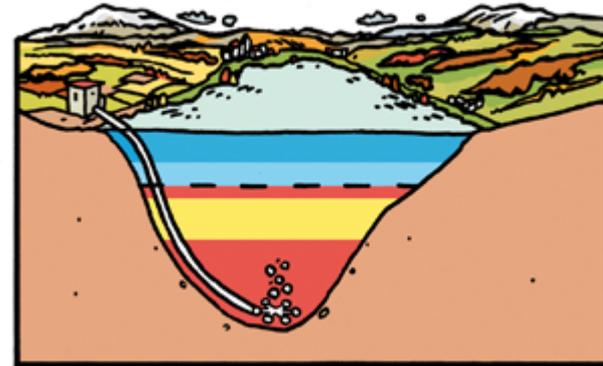


Prinzip der Seebelüftung im Jahreslauf

Belüftung

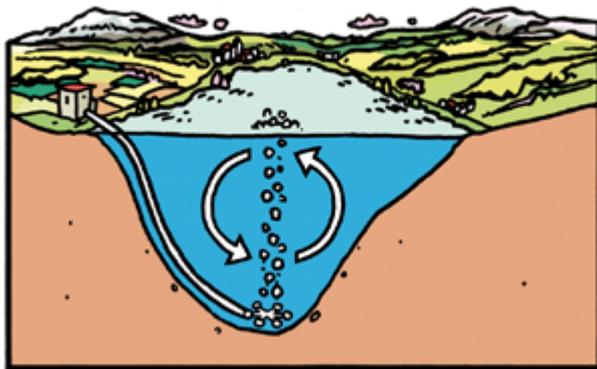


Sommer

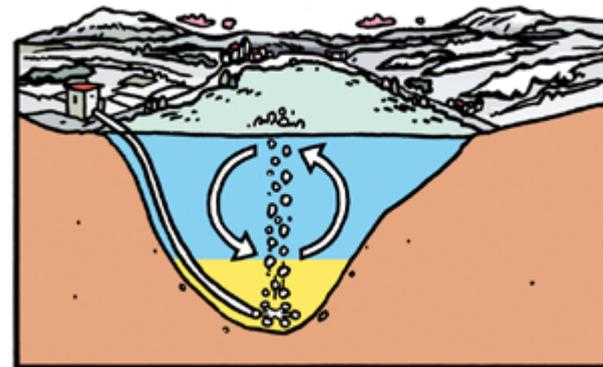


Herbst

Zirkulationshilfe

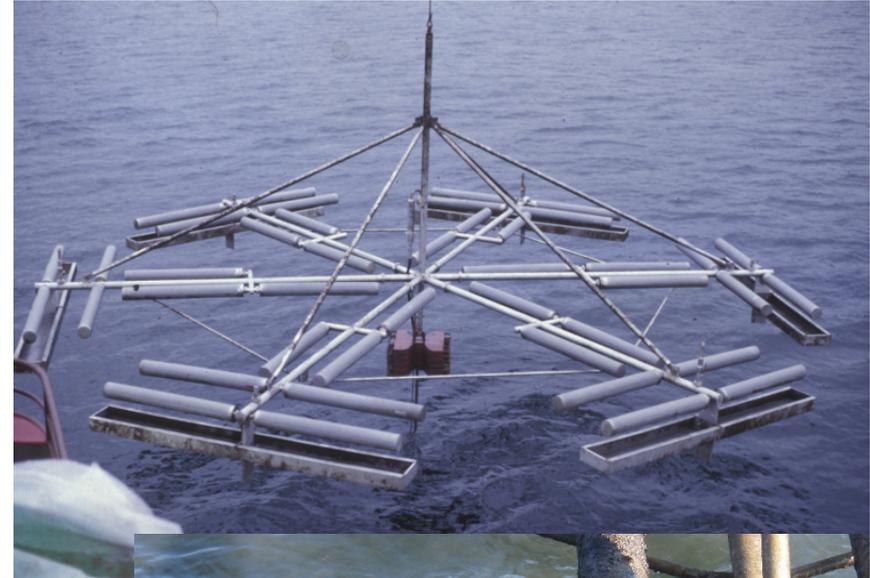


Frühling



Winter

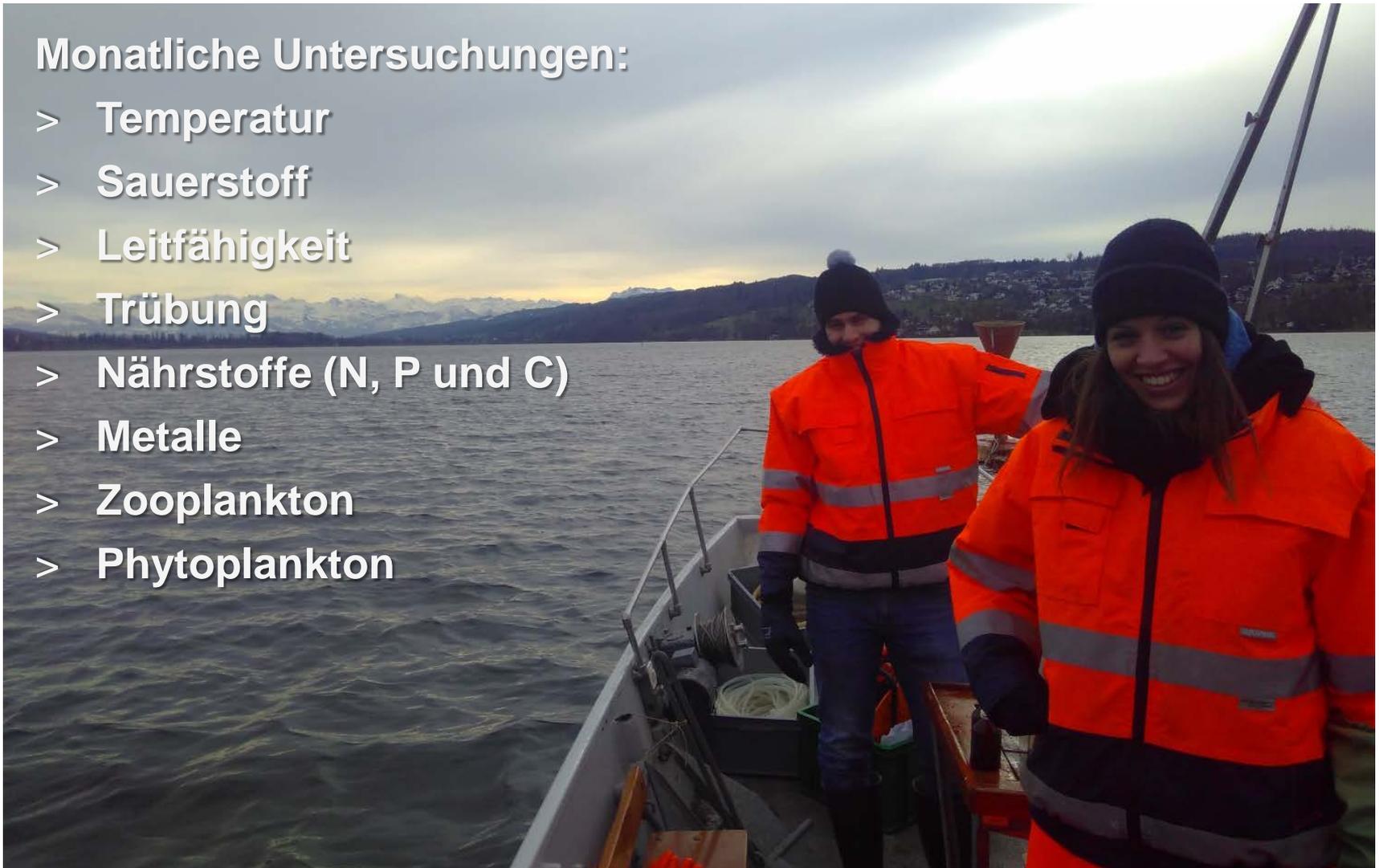
Das Belüftungssystem



Die Überwachung des Hallwilersees durch die AfU

Monatliche Untersuchungen:

- > Temperatur
- > Sauerstoff
- > Leitfähigkeit
- > Trübung
- > Nährstoffe (N, P und C)
- > Metalle
- > Zooplankton
- > Phytoplankton



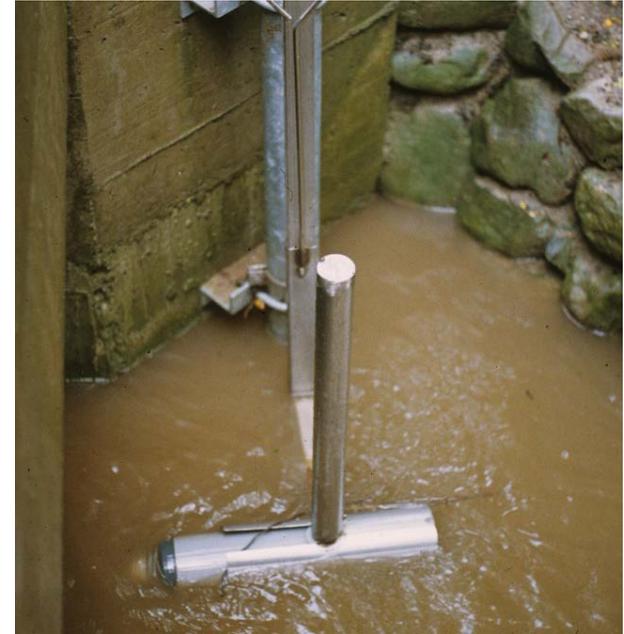
Die Überwachung des Hallwilersees durch die AfU



Untersuchungen der Nährstoffeinträge

Nährstoffeinträge durch die Bäche:

- > Repräsentativ im Dorfbach Meisterschwanden
- > Monatliche Proben
- > Hochwasserproben
- > Zusammenarbeit mit dem Kanton LU

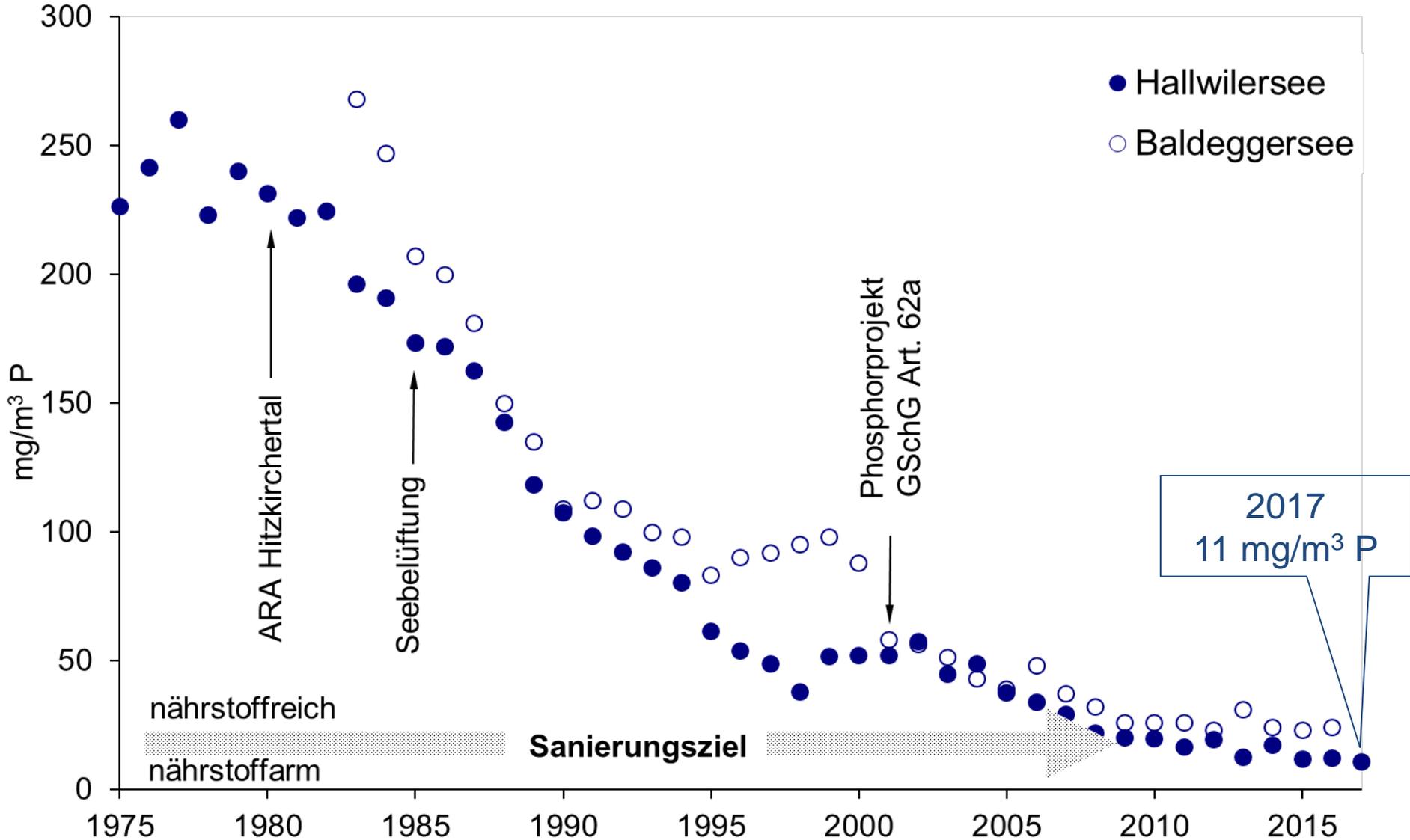


Phosphor in den Schwebstoffen der Bäche:

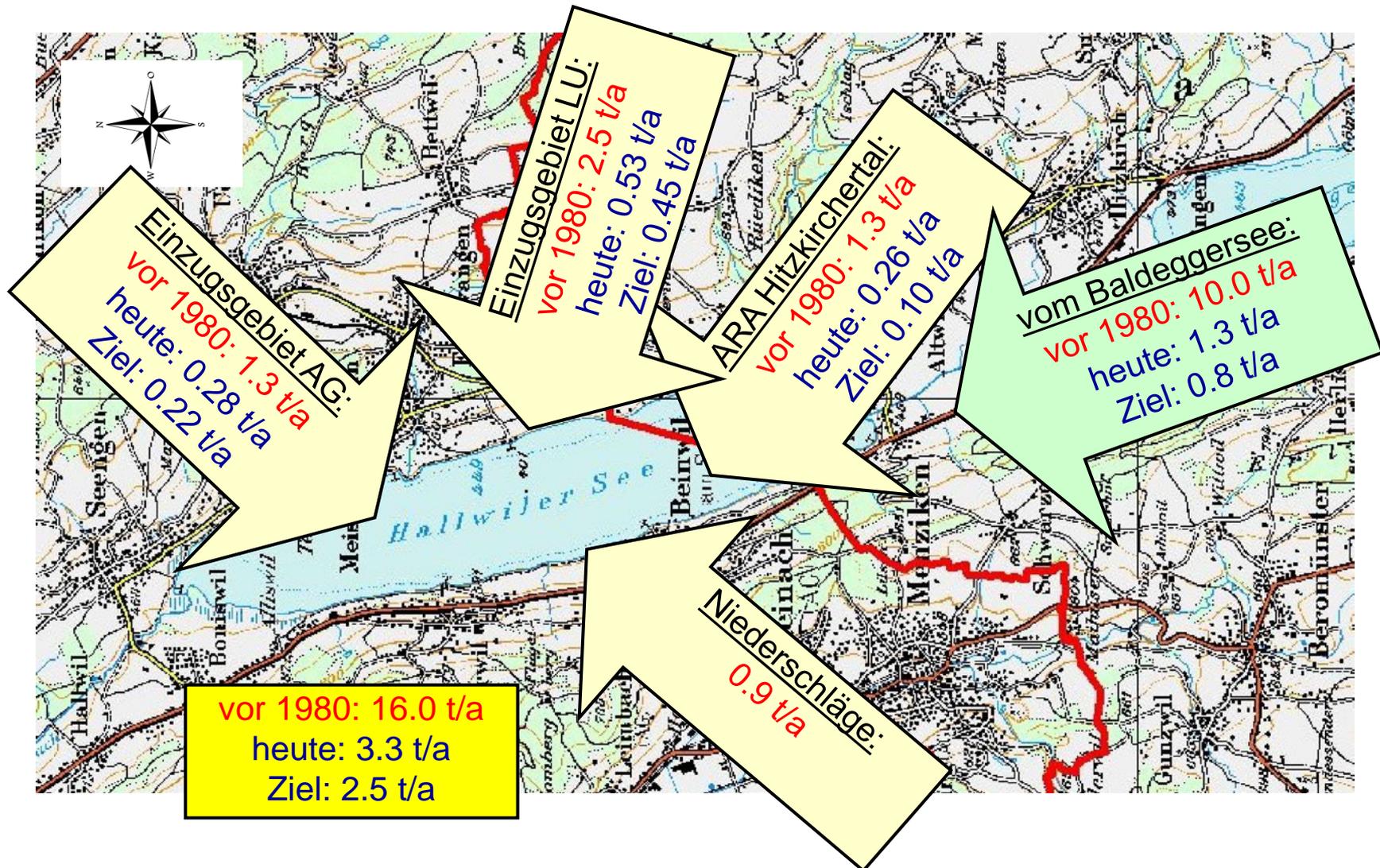
- > Vier mal pro Jahr
- > 12 Bäche um den Hallwilersee im Kt. AG



Hallwilersee - Phosphorkonzentration

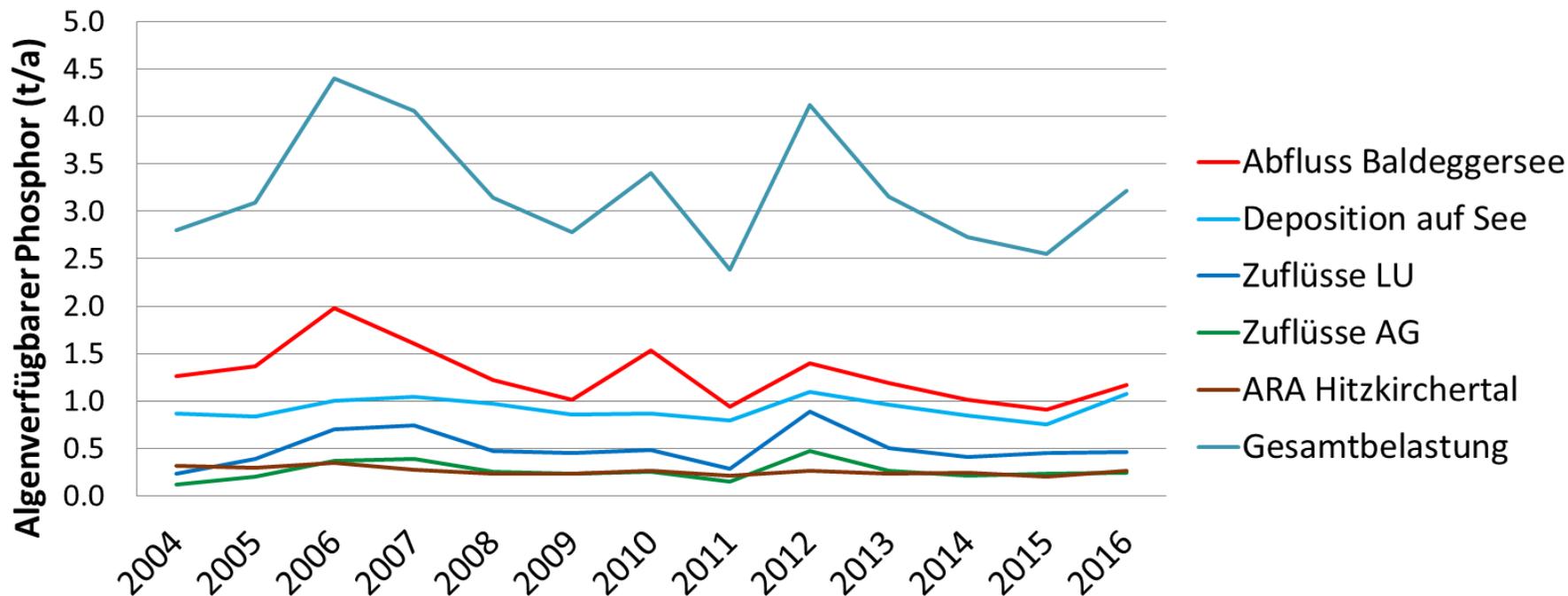


Phosphoreintrag in den Hallwilersee

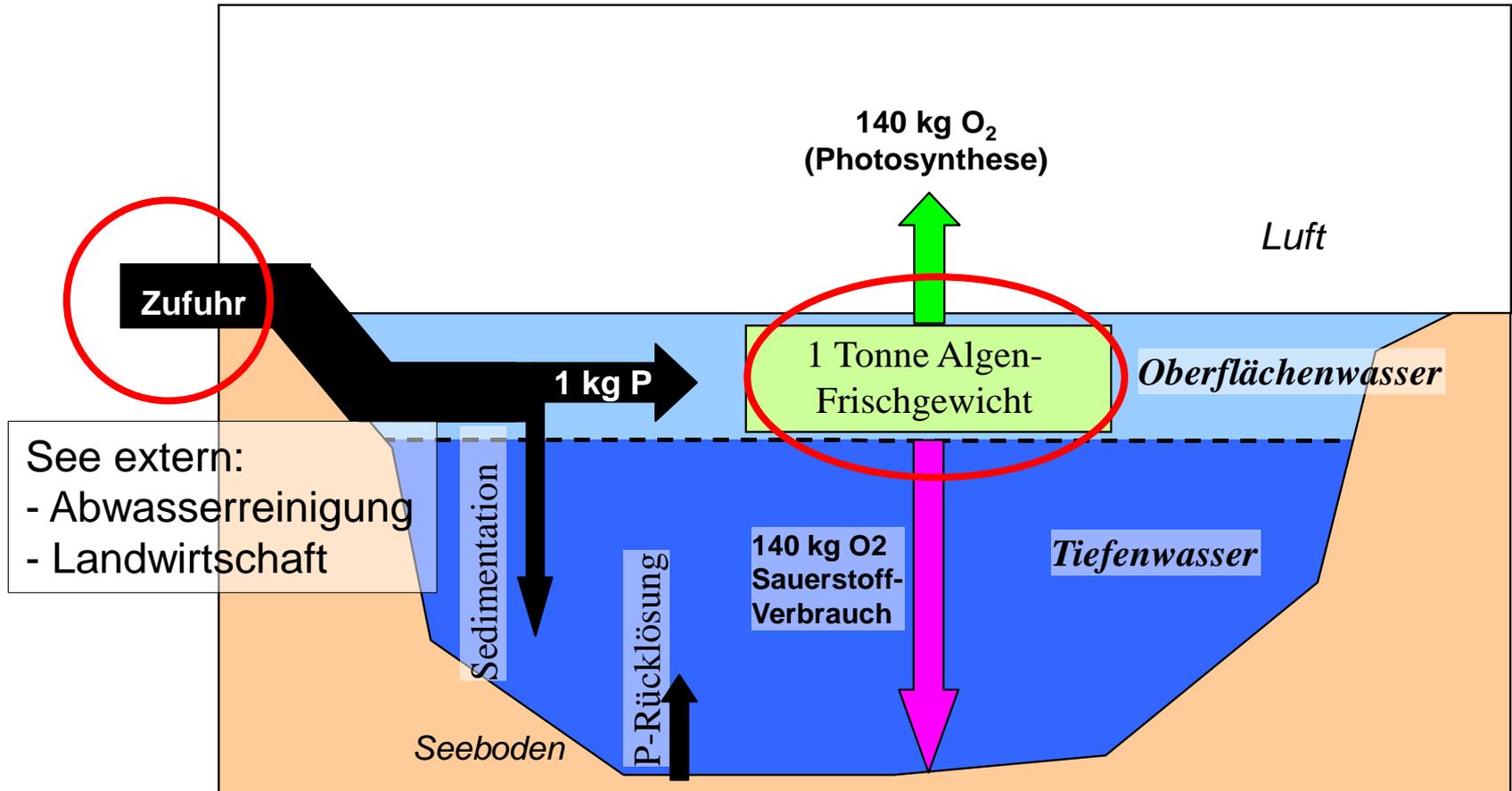


Phosphoreinträge Zuflüsse

Totale gelöste Phosphorbelastung Hallwilersee



Folgen der Phosphordüngung im See



Algenblüten im Winter und Frühling

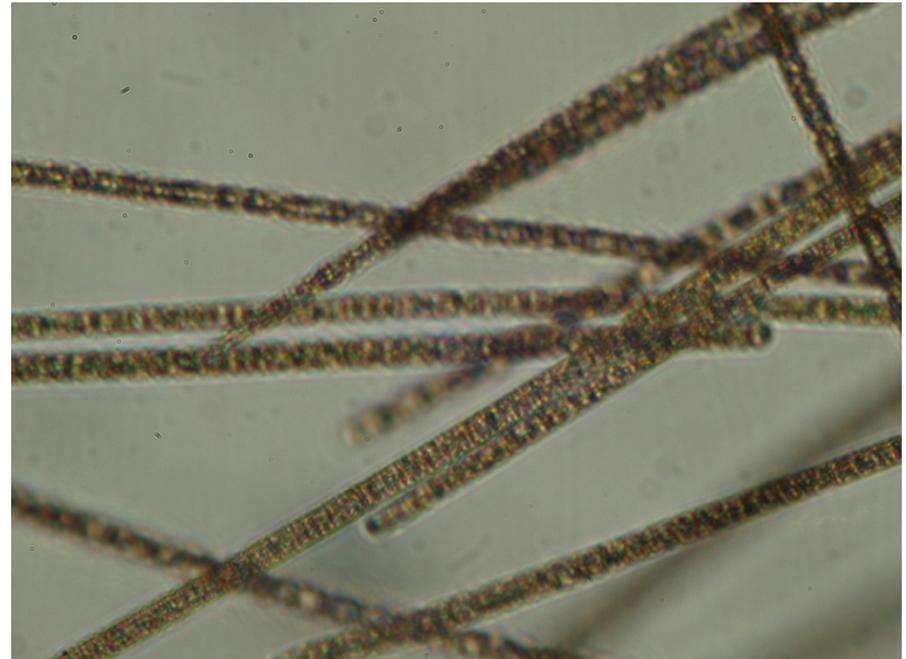


Algenblüten an der Seeoberfläche an warmen und windstillen Tagen

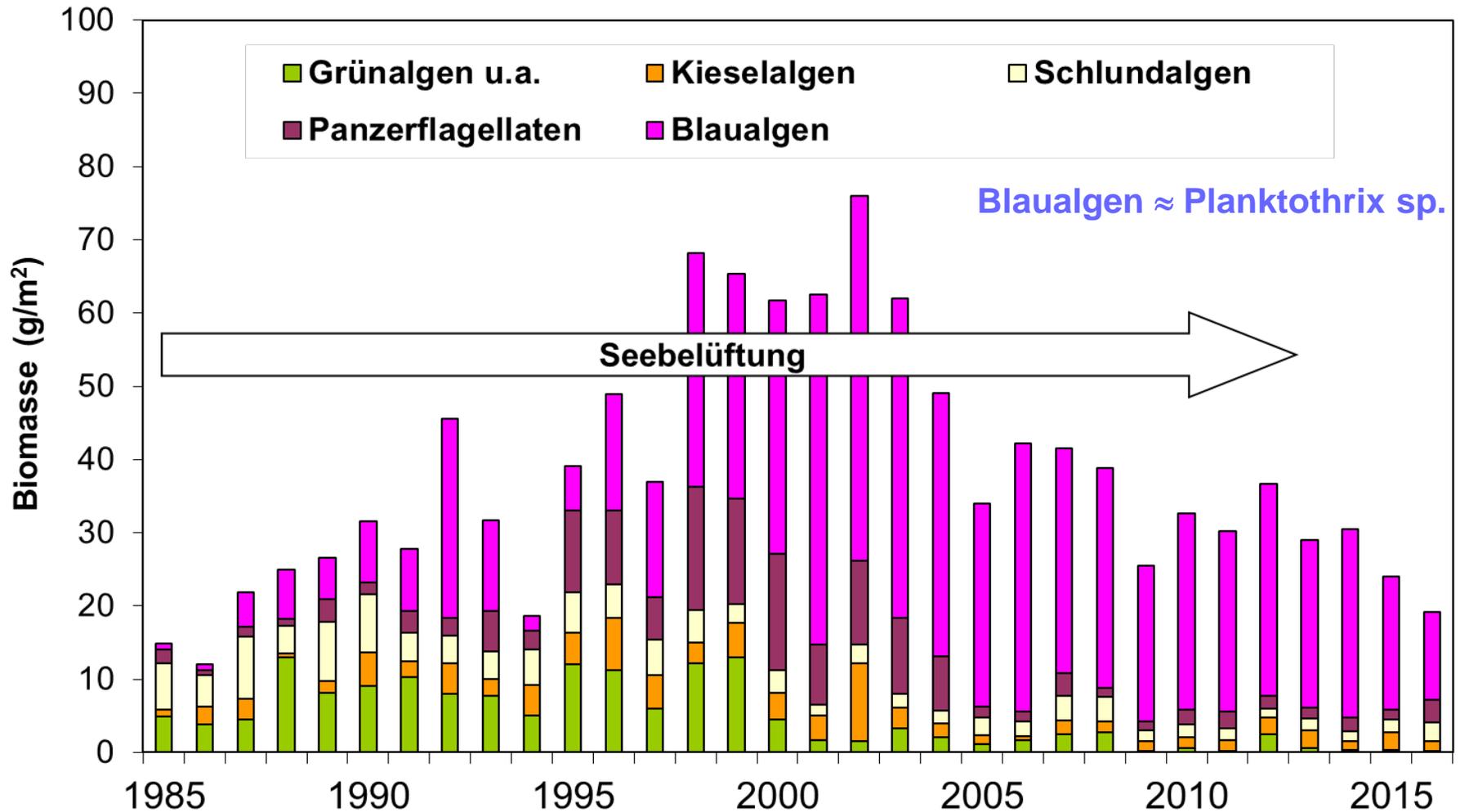
Planktothrix rubescens (Burgunderblut) erschien im See erstmals 1898.

Sie verschwand wieder in den 60er- und 70er-Jahren.

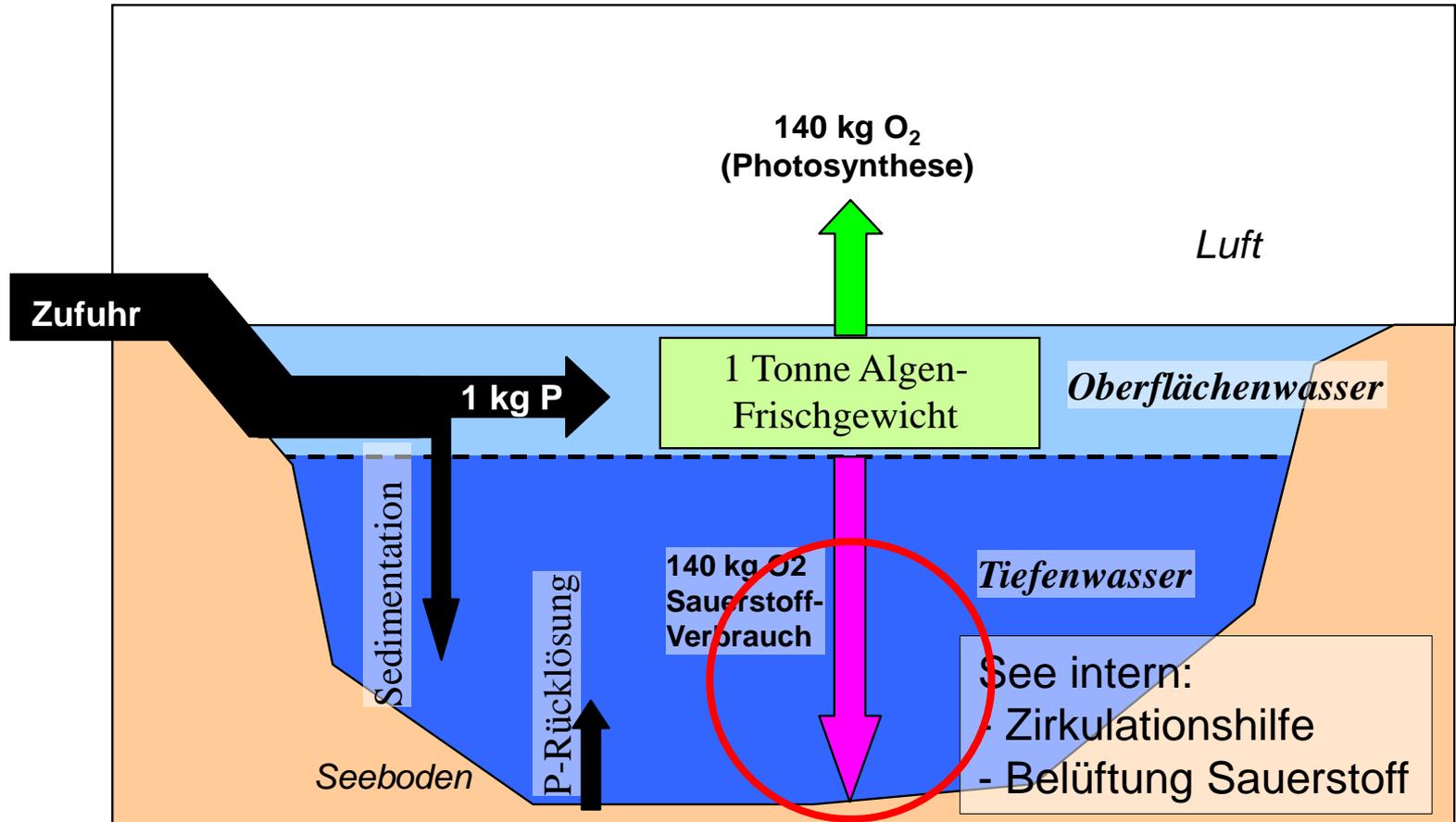
Mit den reduzierten Nährstoffgehalten im See tauchte sie wieder vermehrt auf.



Hallwilersee Phytoplankton (0 - 13 m)



Folgen der Phosphordüngung im See

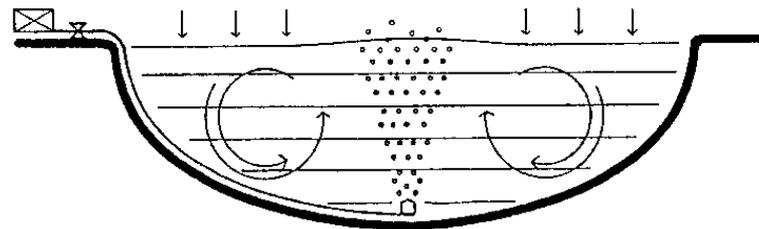


1 kg P → 140 kg Sauerstoff-Verbrauch
 Kosten für 140 kg Reinsauerstoff: 50 CHF

3.3 t P → Hypothetische Kosten: 165'000 CHF pro Jahr

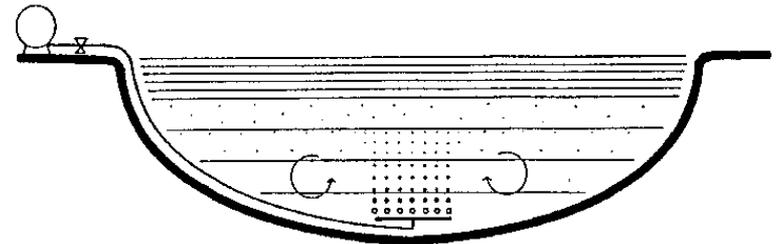
Zirkulationshilfe und Belüftung versorgen den See mit genügend Sauerstoff

Zirkulationshilfe im Winter

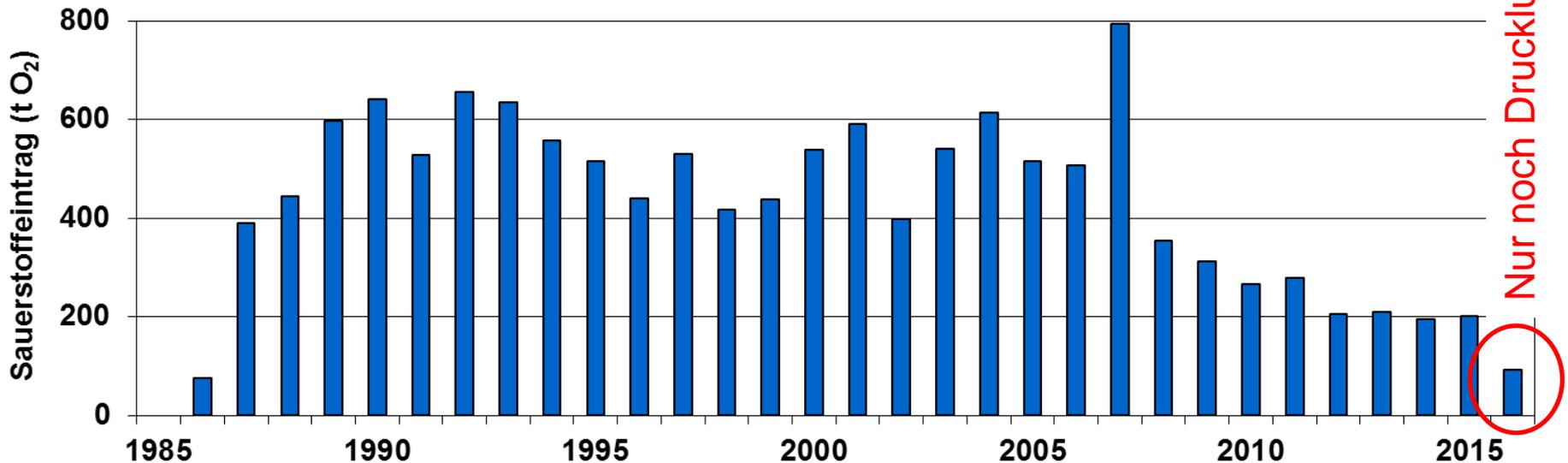


Druckluft

Belüftung im Sommer

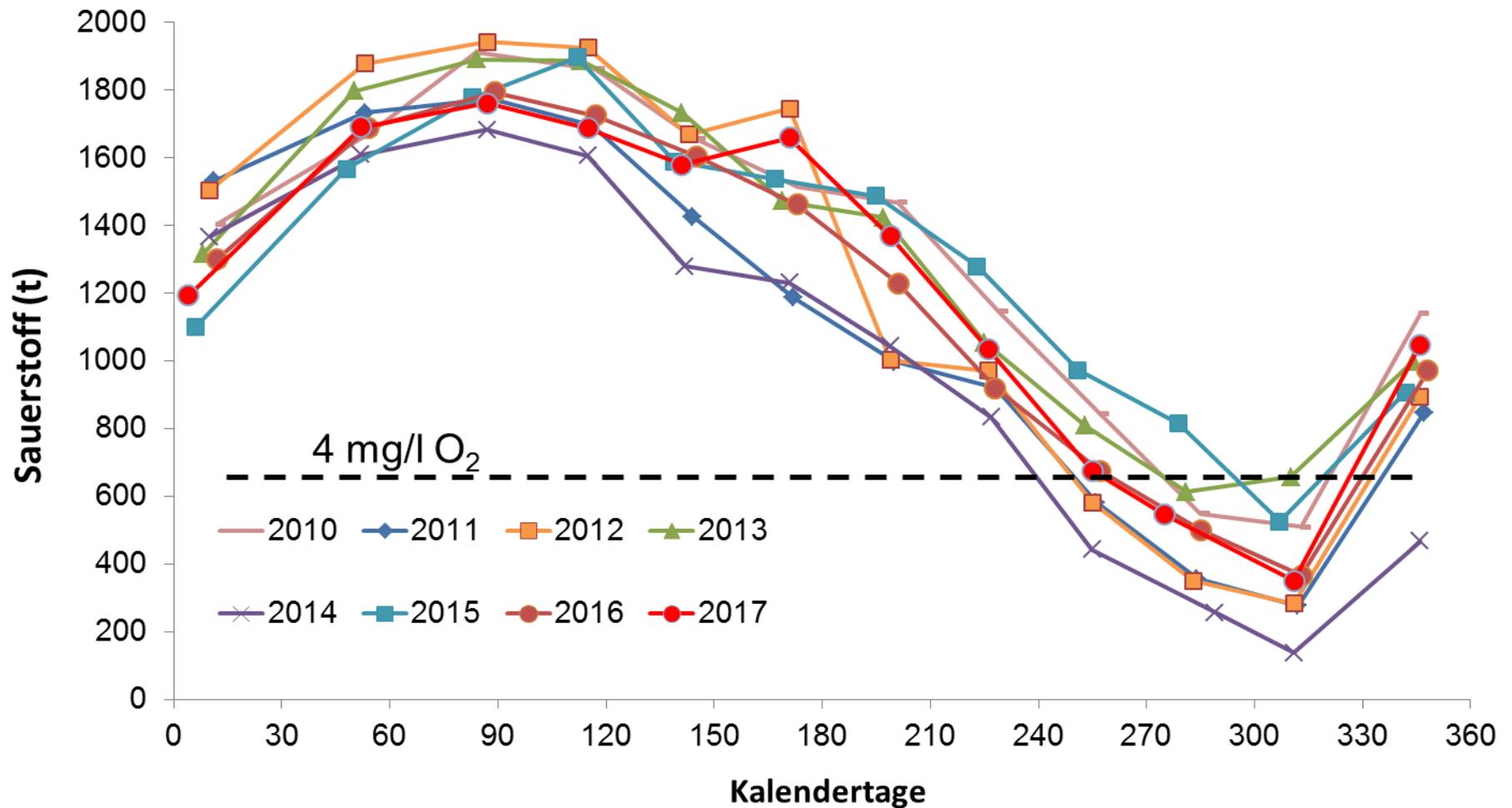


Sauerstoff + Druckluft

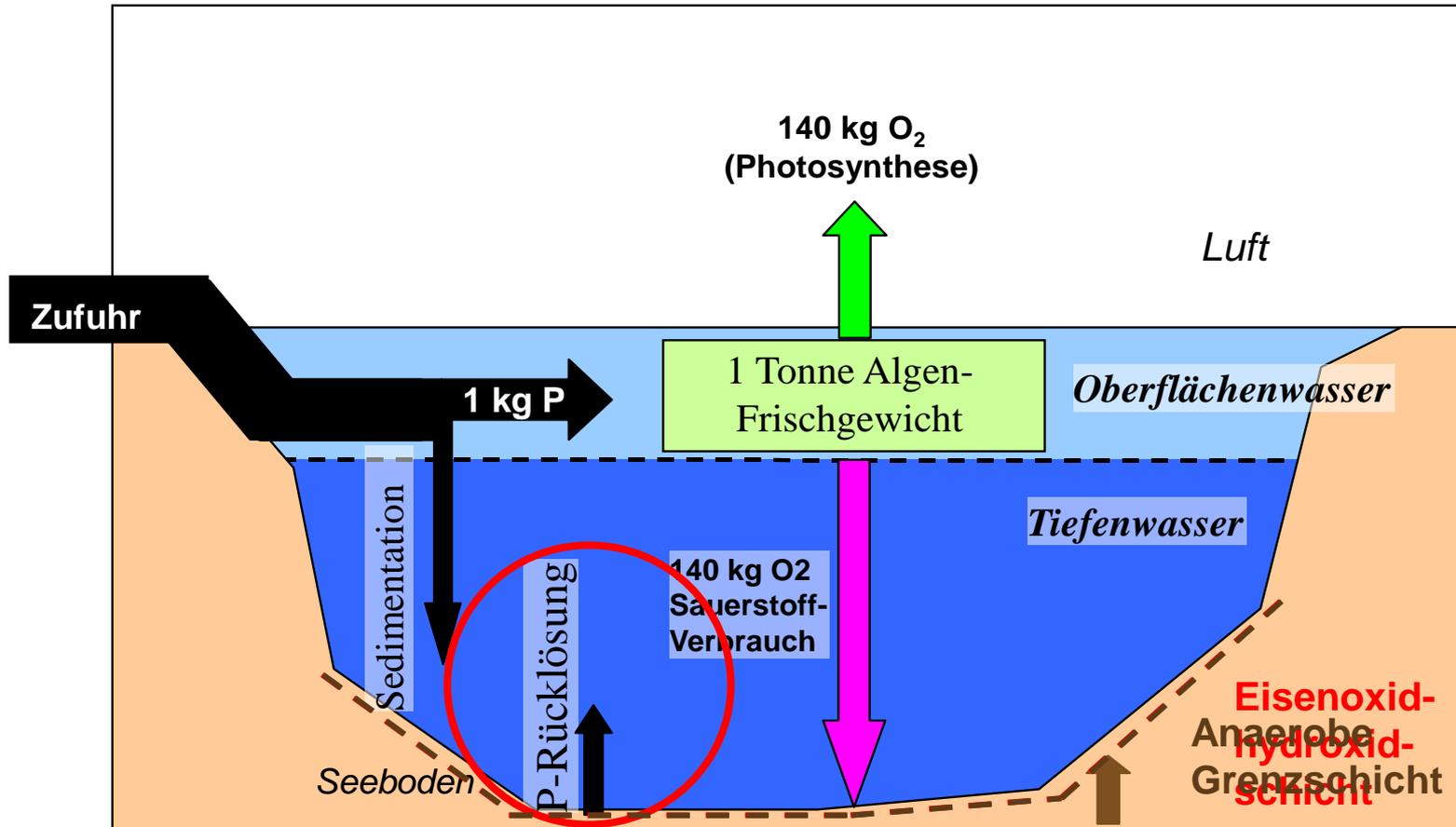


Nur noch Druckluft

Hallwilersee - Jahresverlauf Sauerstoff im Tiefenwasser (13 – 46 m)

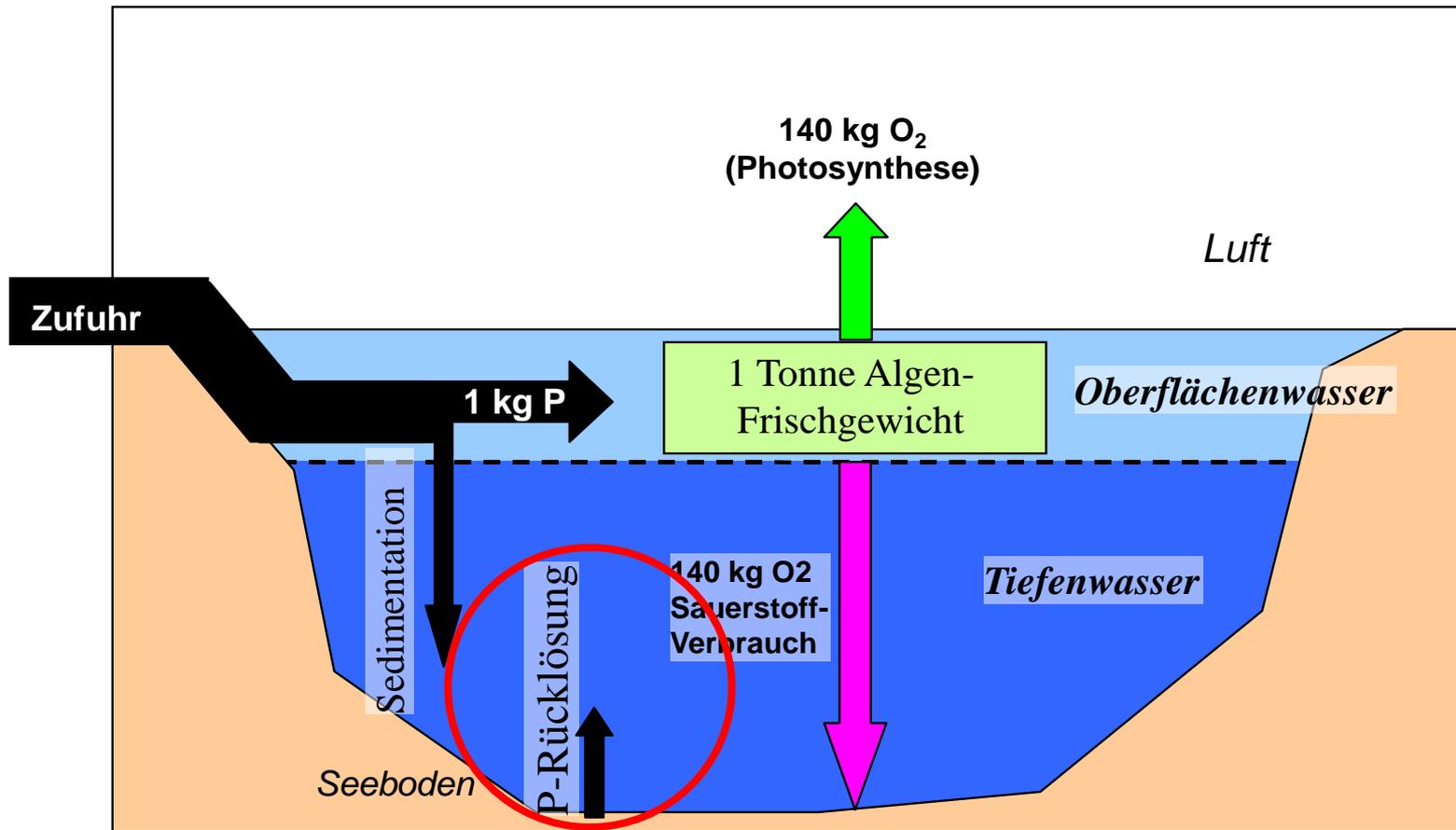


Folgen der Phosphordüngung im See



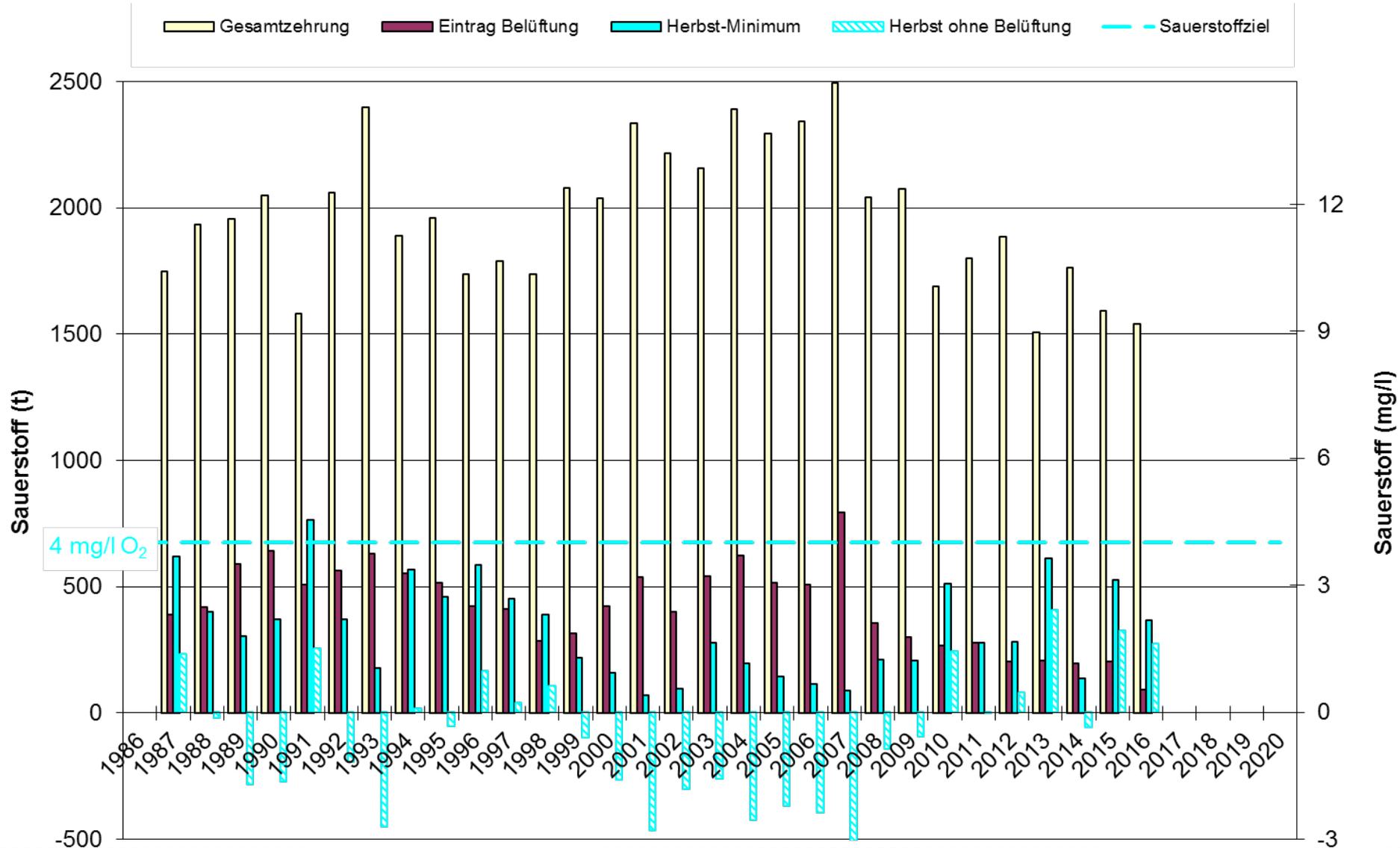
- Kaum eine Eisenoxid-Hydroxid-Schicht
- Diffusion reduzierender Substanzen aus den unteren Schichten
- Anaerobe Verhältnisse in der obersten Sedimentschicht

Folgen der Phosphordüngung im See



- Die Belüftung reduziert die P-Rücklösung wenig (Gächter 2000)
- Die Nettosedimentationsrate abhängig vom P-Gehalt und der Produktion im Oberflächenwasser ab (Müller und Wüest, 2012)

Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser



Würmer und Mückenlarven am Seegrund

Untersuchungen

- > 4 Transekte und 6 verschiedene Tiefen
- > Alle 4 Jahre
- > Bestimmung und Abschätzung der Anzahl Würmer und Mückenlarven

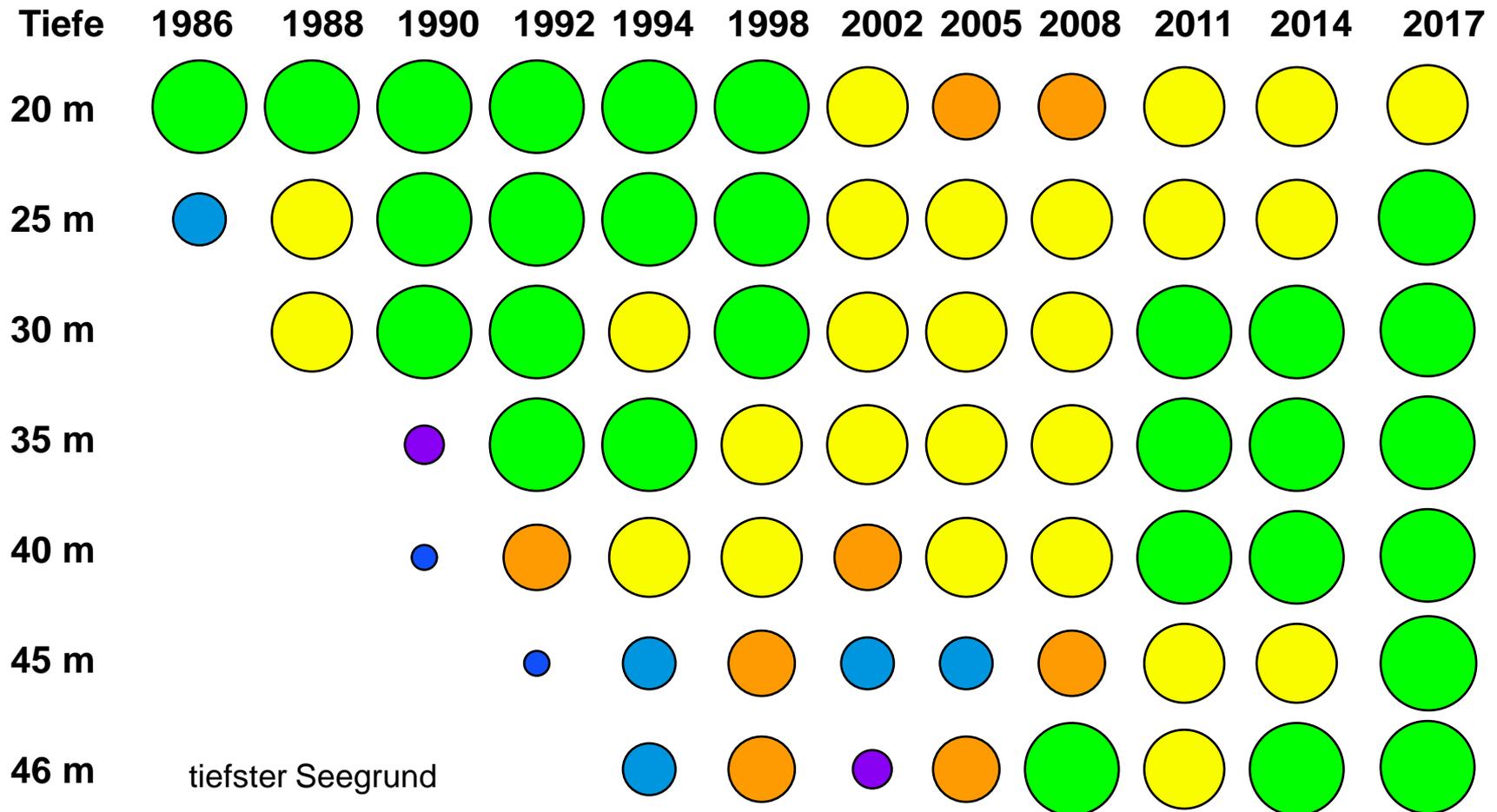
Schlammröhrenwürmer



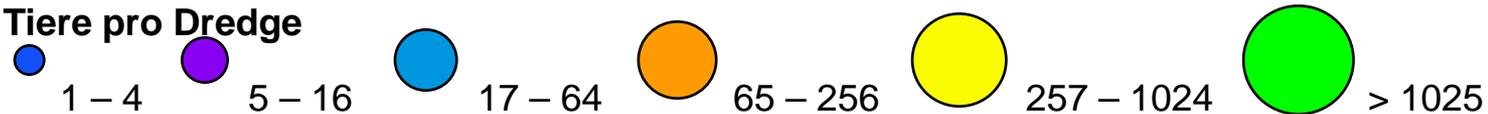
Zuckmückenlarven



Hallwilersee – Entwicklung Würmer am Seeboden



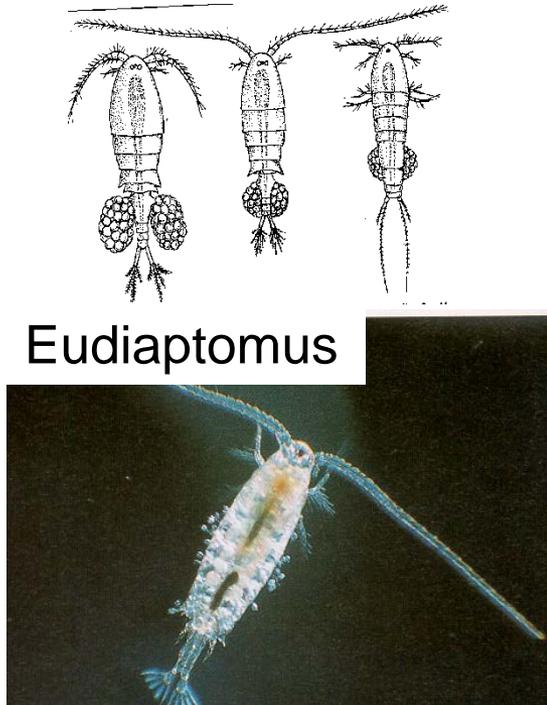
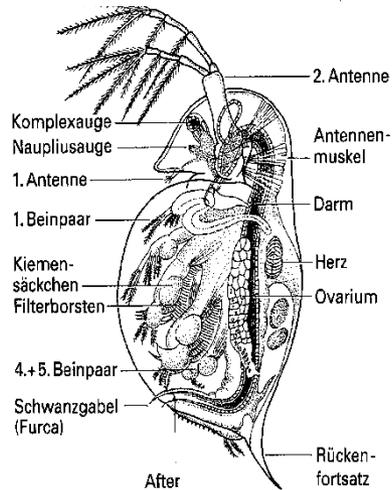
Tiere pro Dredge



Zooplankton



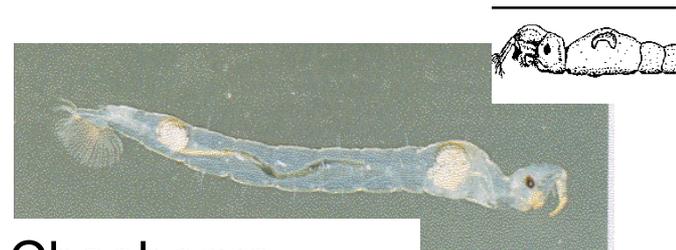
Daphnie



Eudiaptomus

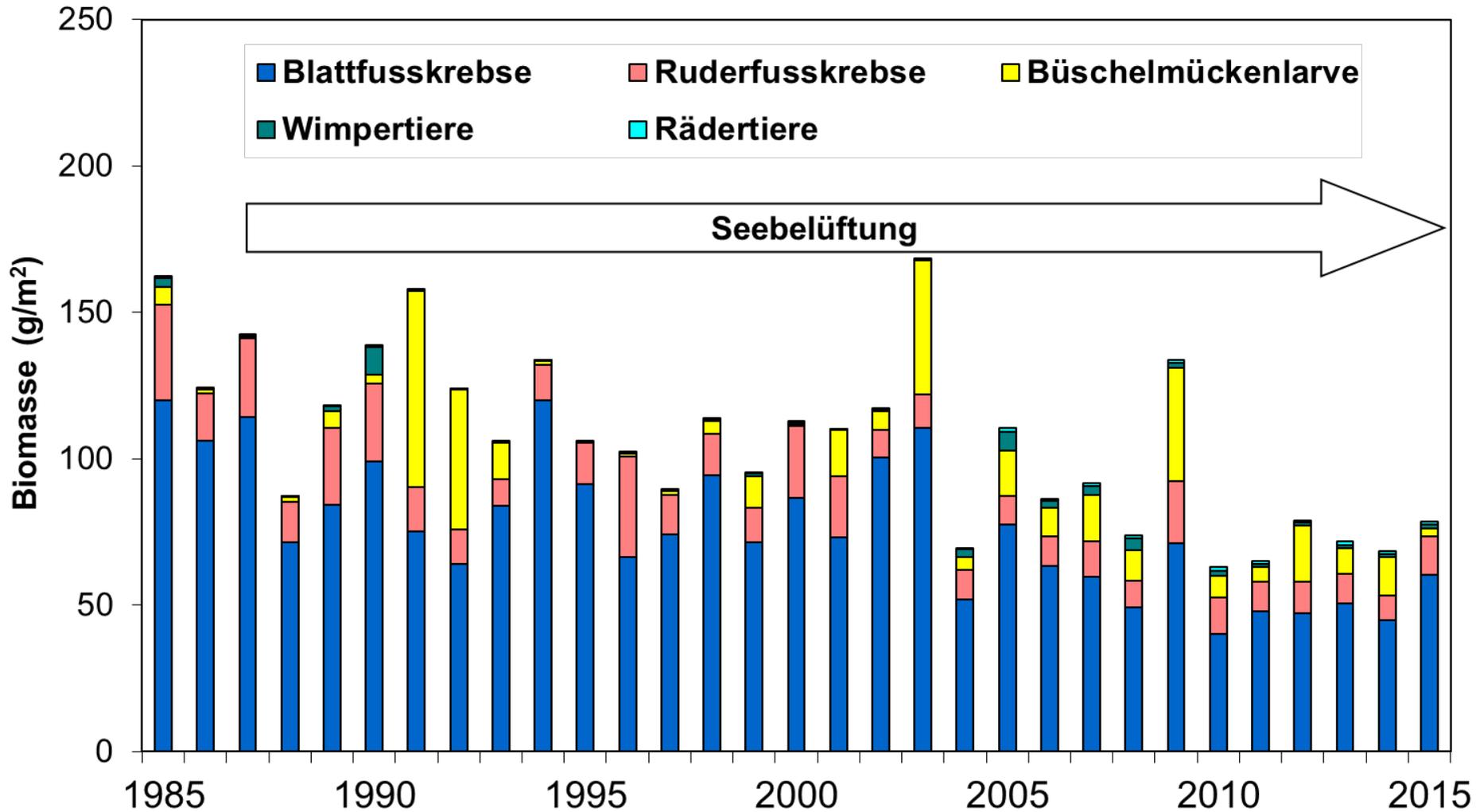


Cyclops



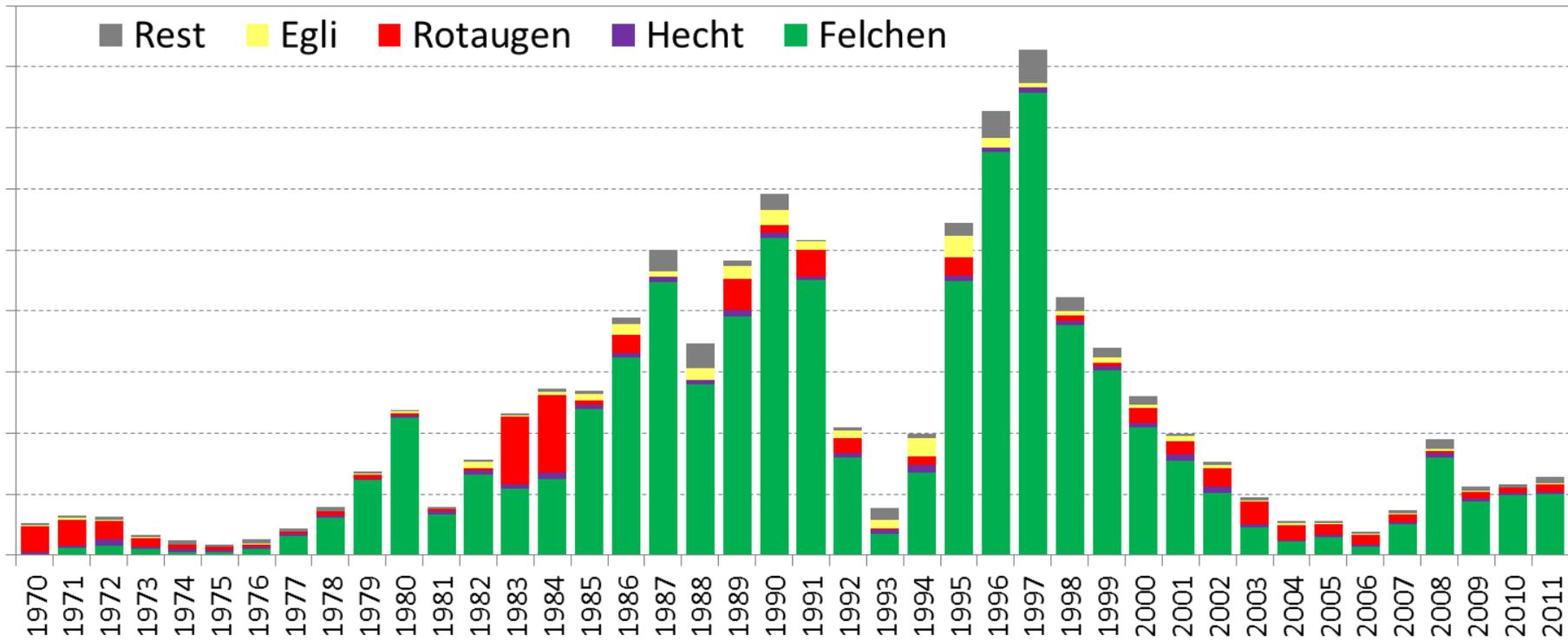
Chaoborus

Hallwilersee Zooplankton (0 - 43 m)



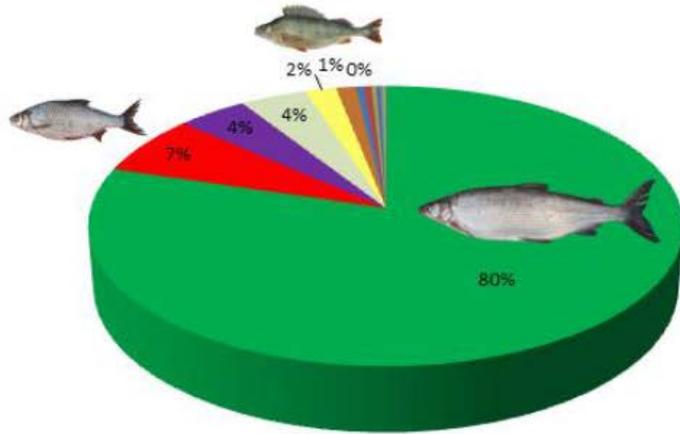
Entwicklung der Fischbestände im Hallwilersee

Fang Berufsfischer (10T/Jahr)

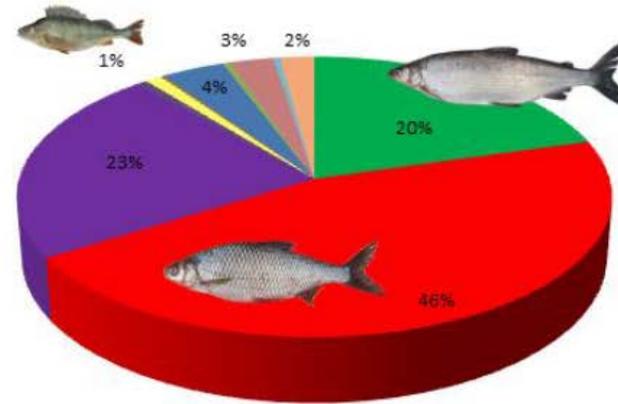


Vonlanthen et al. 2014

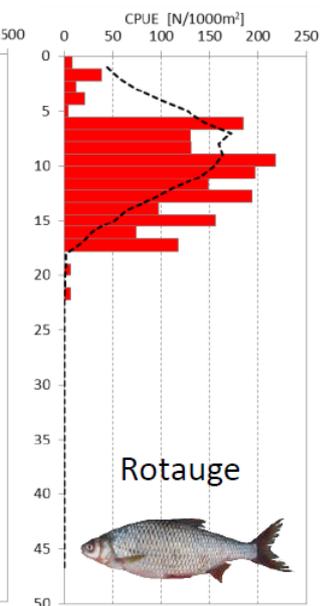
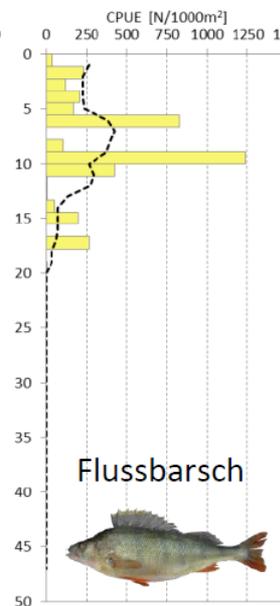
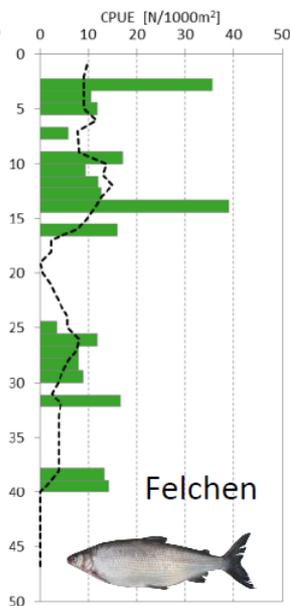
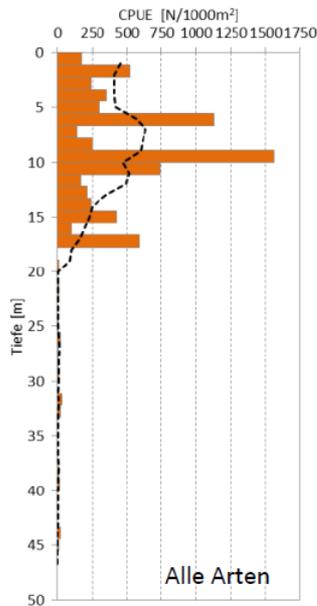
Berufsfischer



Projet Lac



- | | | | |
|--|---|---|---|
| ■ Felchen | ■ Rotauge | ■ Brachse | ■ Hecht |
| ■ Flussbarsch/Egli | ■ Schleie | ■ Rotfeder | ■ Alet |
| ■ Karpfen | ■ Trüsche | ■ Bachforelle | ■ Zander |
| ■ Barbe | ■ Aal | ■ Aesche | ■ Gründling |
| ■ Hasel | ■ Kaulbarsch | ■ Sonnenbarsch | |



Entwicklung der Felcheneier am Seegrund



Foto R. Müller, Stelle Tennwil 2011

Die meisten Felcheneier sind in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium (Blut zirkuliert, teilweise bewegen sich die Brustflossen).

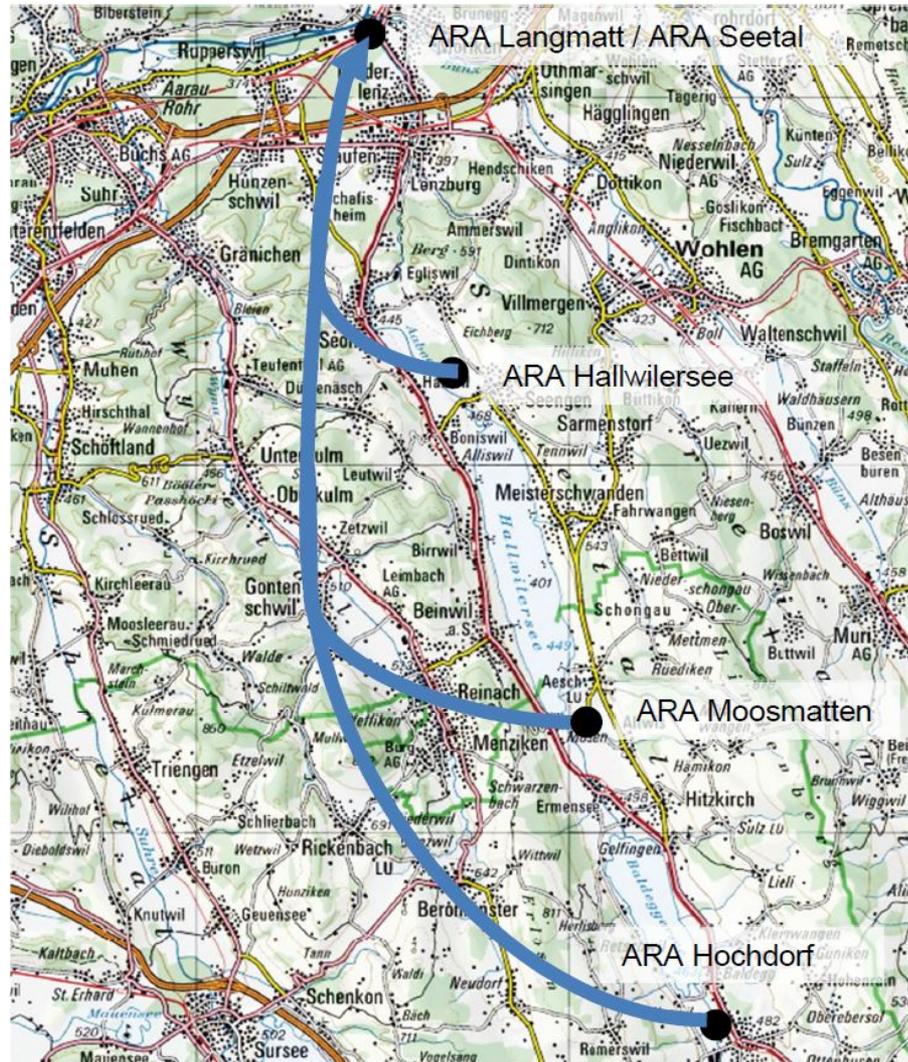
Hallwilersee – Vergleich Sanierungsziele und aktuelle Situation

Hallwilersee	Sanierungsziele	Situation 2016
Phosphorgehalt	Weniger als 10 – 20 mg/m³?	12 mg/m ³
Phosphorbelastung	2.5 Tonnen pro Jahr	rund 3 Tonnen pro Jahr
Algenproduktion	mässig, noch weniger Burgunderblutalgen	weniger Burgunderblutalgen, weniger Algenblüten
Sauerstoffversorgung des Seegrundes	natürlicherweise ausreichend für Überleben von Würmern	Belüftung noch erforderlich im Sommer und Winter
Fortpflanzung der Felchen	Felcheneier können sich am Sediment entwickeln	vereinzelt natürliche Fortpflanzung möglich

Fazit

- > **Die Sanierung des Hallwilersees ist schon fast am Ziel**
- > Die See-Sanierung ist eine erfolgreiche Zusammenarbeit der Kantone LU und AG und verschiedenster Akteure
- > **Aber weitere Anstrengungen sind nötig:**
 - > Reduktion der Phosphor-Einträge auf 2.5 t
 - > Aufrechterhalten der Zirkulationshilfe im Winter bis auf weiteres
 - > Sauerstoffeintrag im Sommerhalbjahr
 - > Weitere Überwachung des Sees
 - > **Zusammenarbeit mit der Forschung um die Ziele und Methoden der Sanierung zu überdenken!**

Ein Generationenprojekt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

