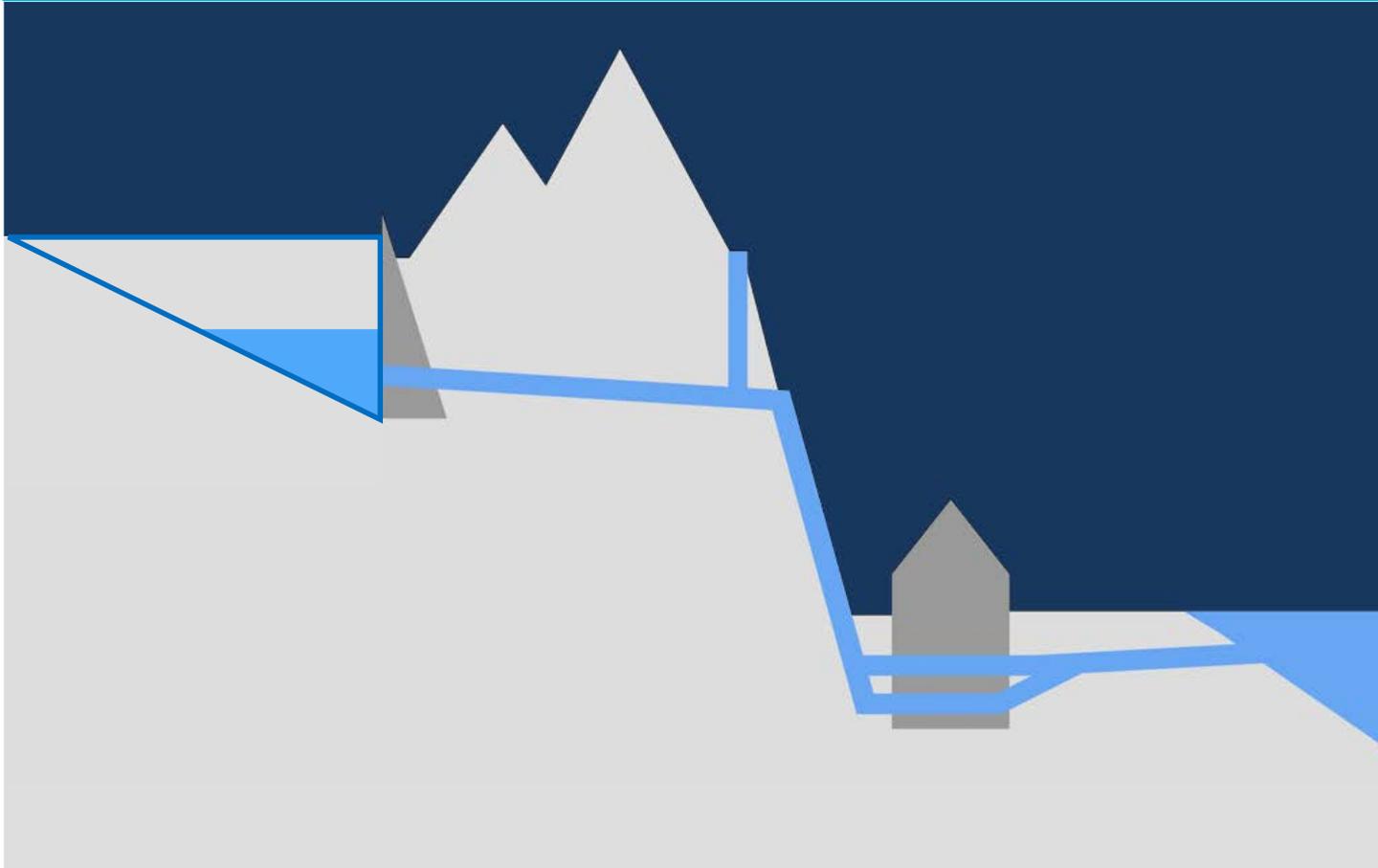


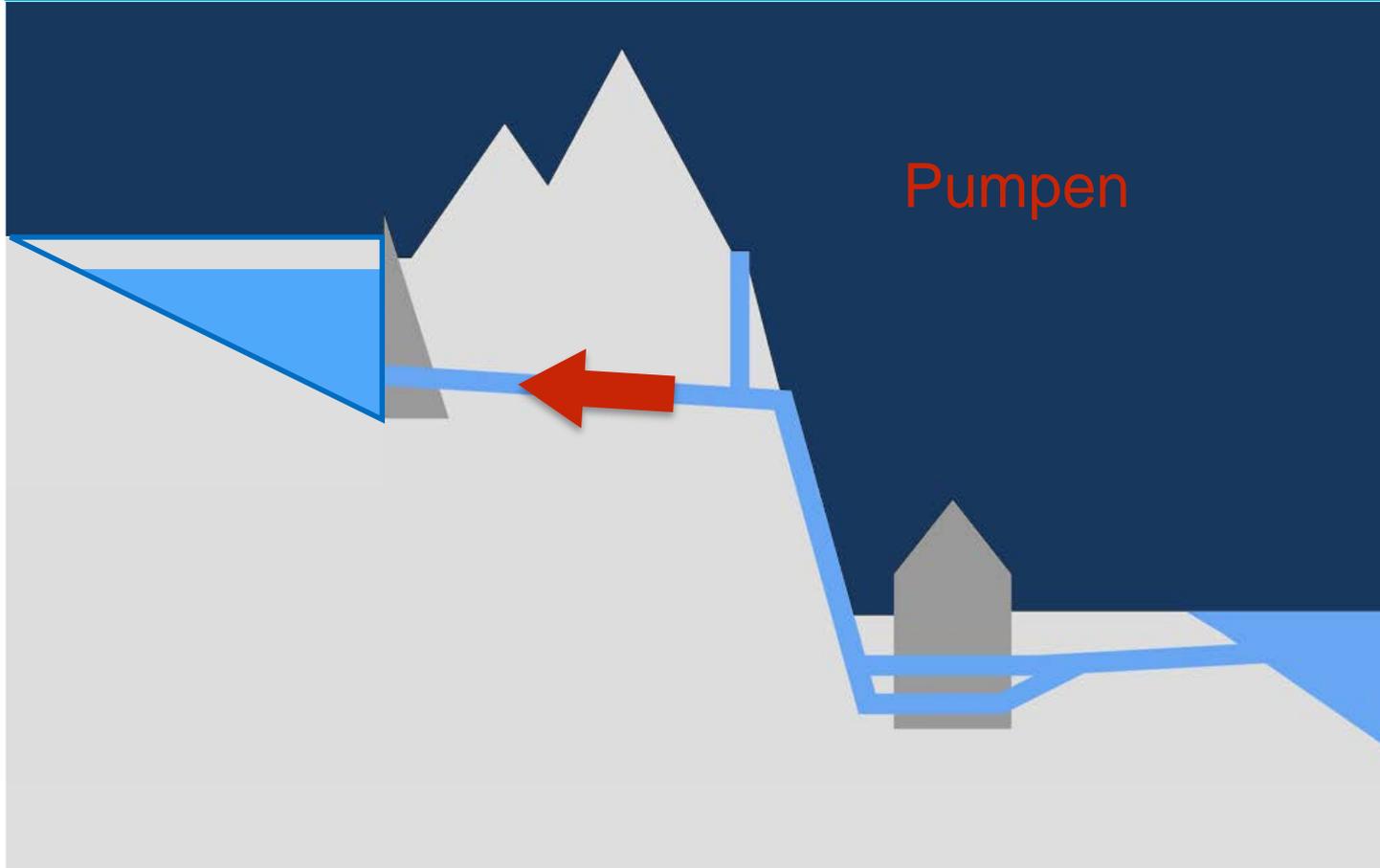
# Wie gut eignen sich Seen als Zwischenspeicher für elektrische Energie?

Martin Schmid, Abteilung Oberflächengewässer

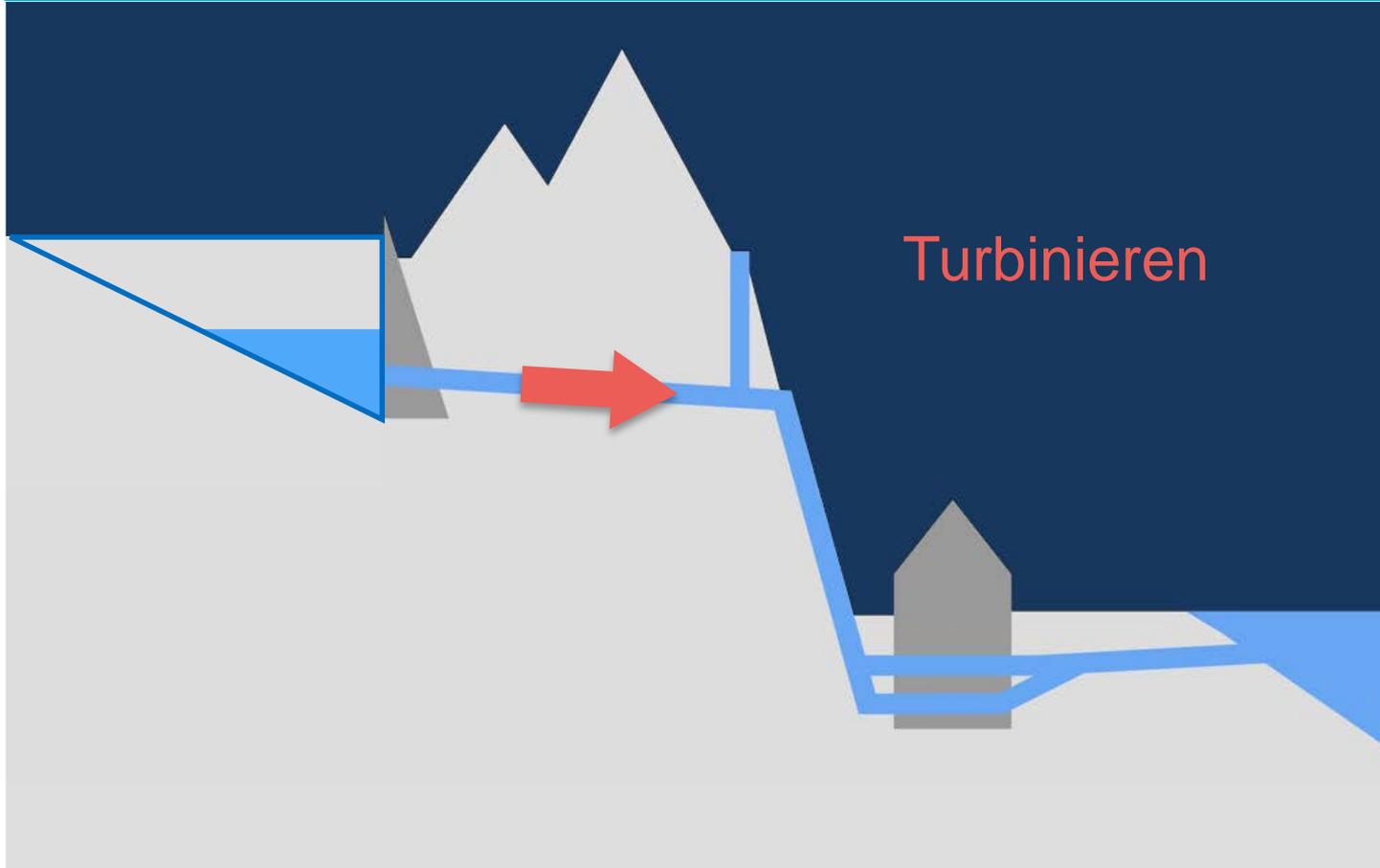
# Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks



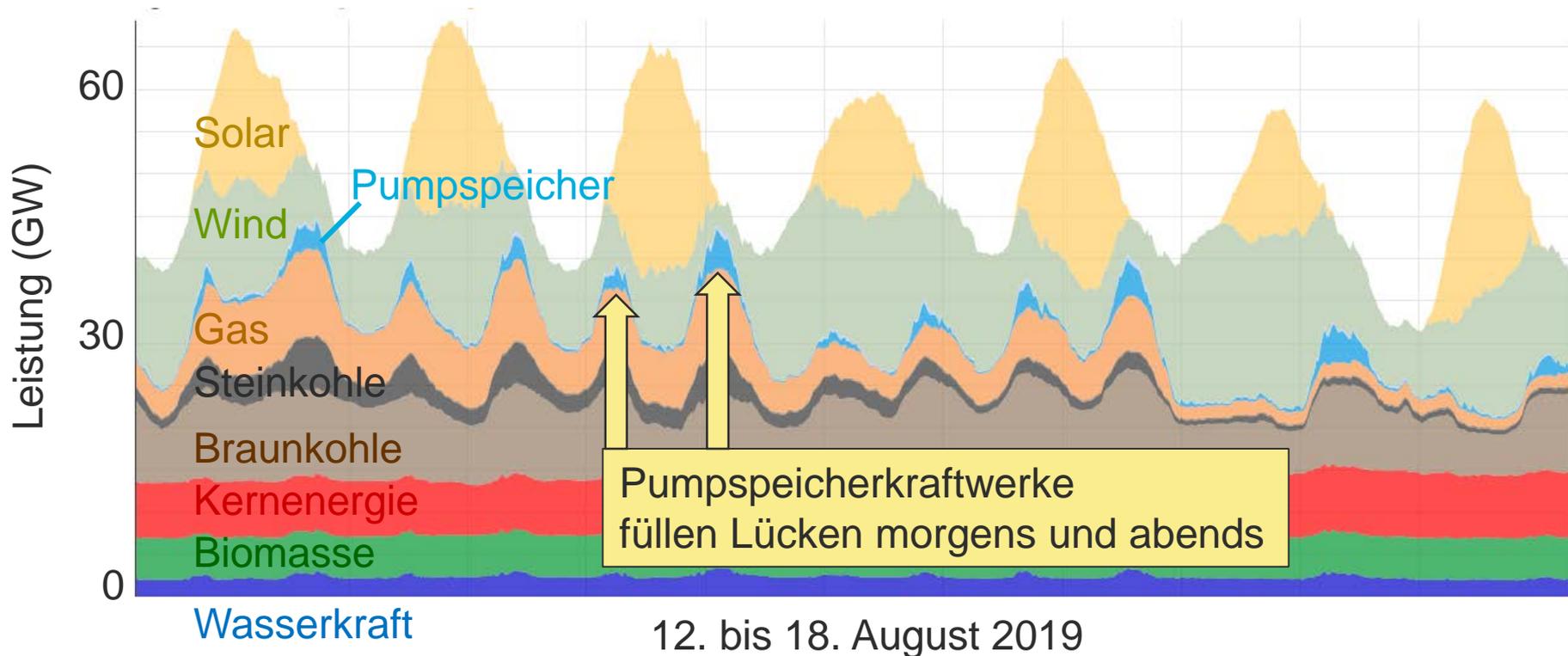
# Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks



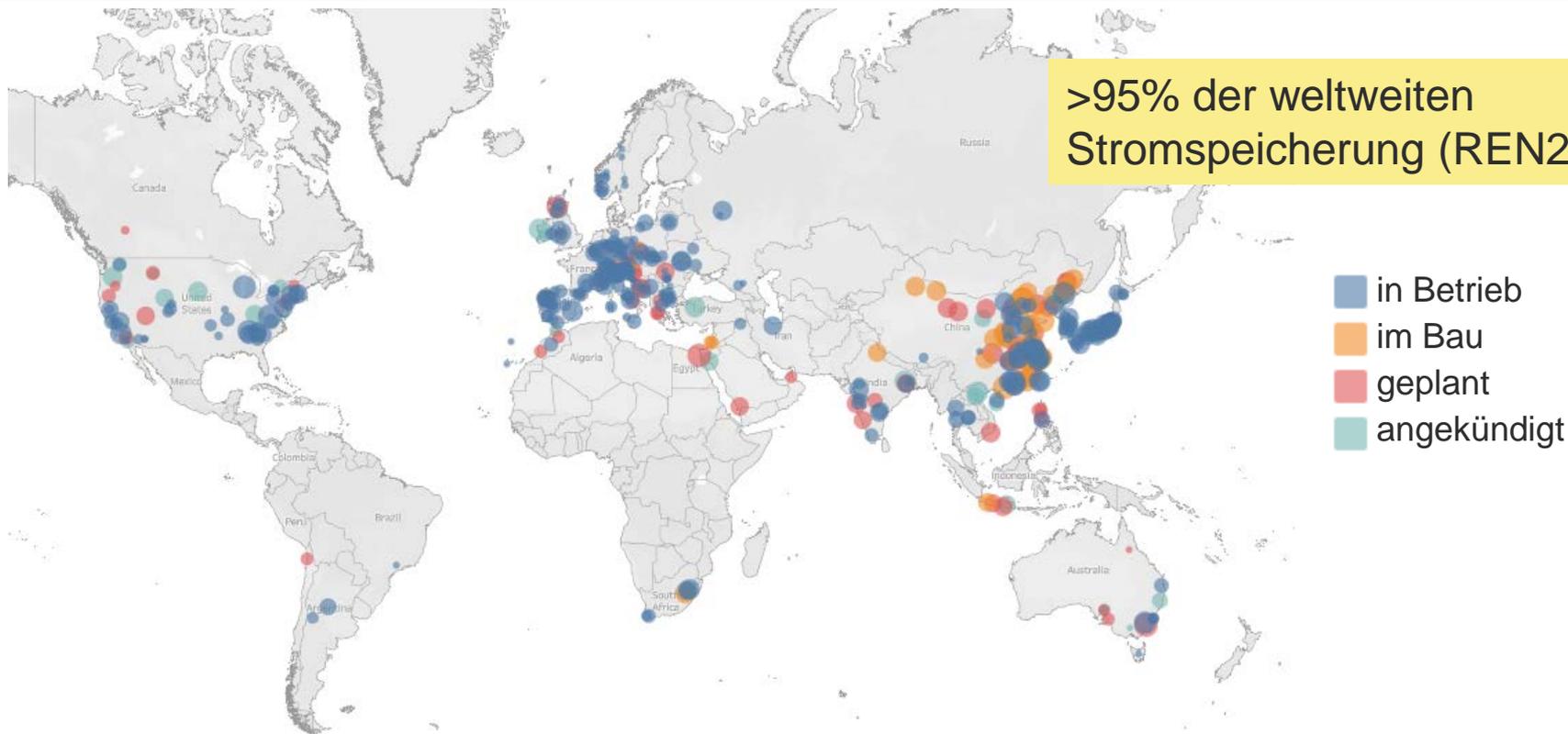
# Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks



# Stromproduktion in Deutschland

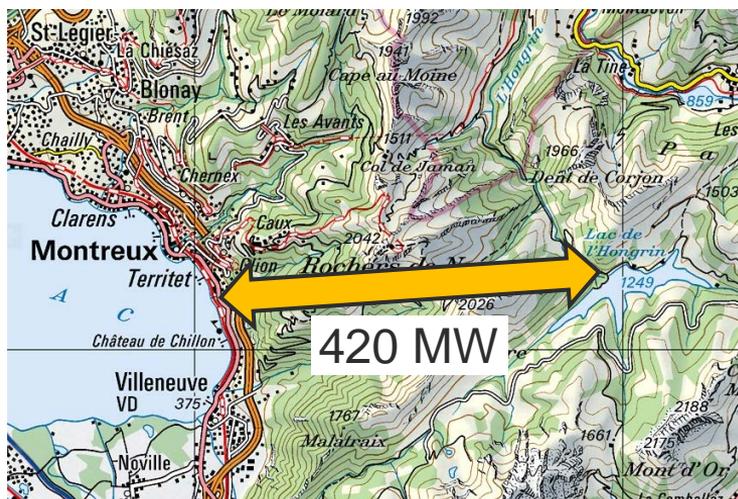


# Pumpspeicherkraftwerke weltweit

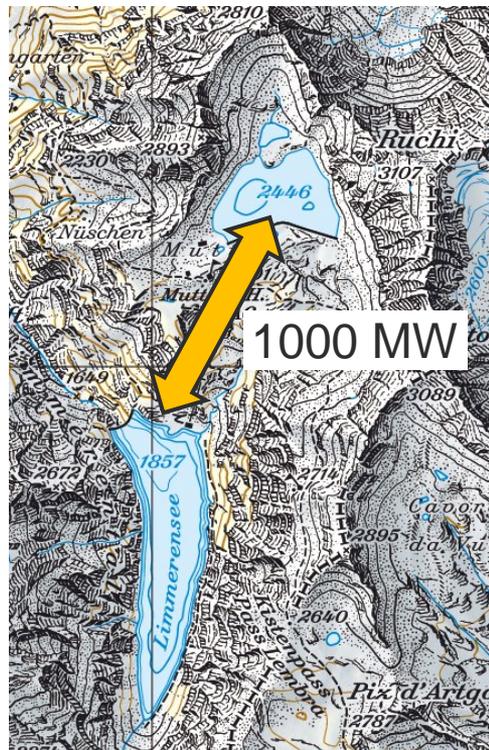


# Neue Pumpspeicherkraftwerke in der Schweiz

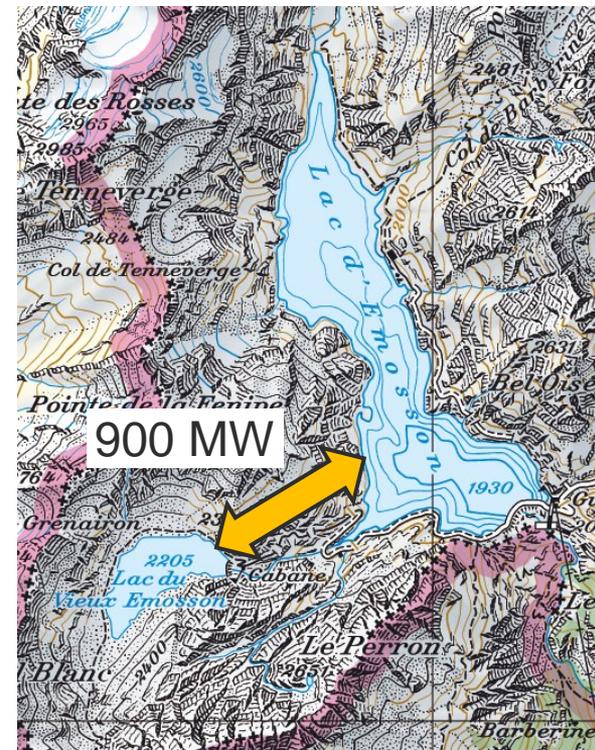
Veytaux (2015)



Limmern (2016)



Nant de Drance (2020)



# Auswirkungen von Pumpspeicherkraftwerken

1 Wasserspiegelschwankungen

2 Temperatur

Trübung

Nährstoffe

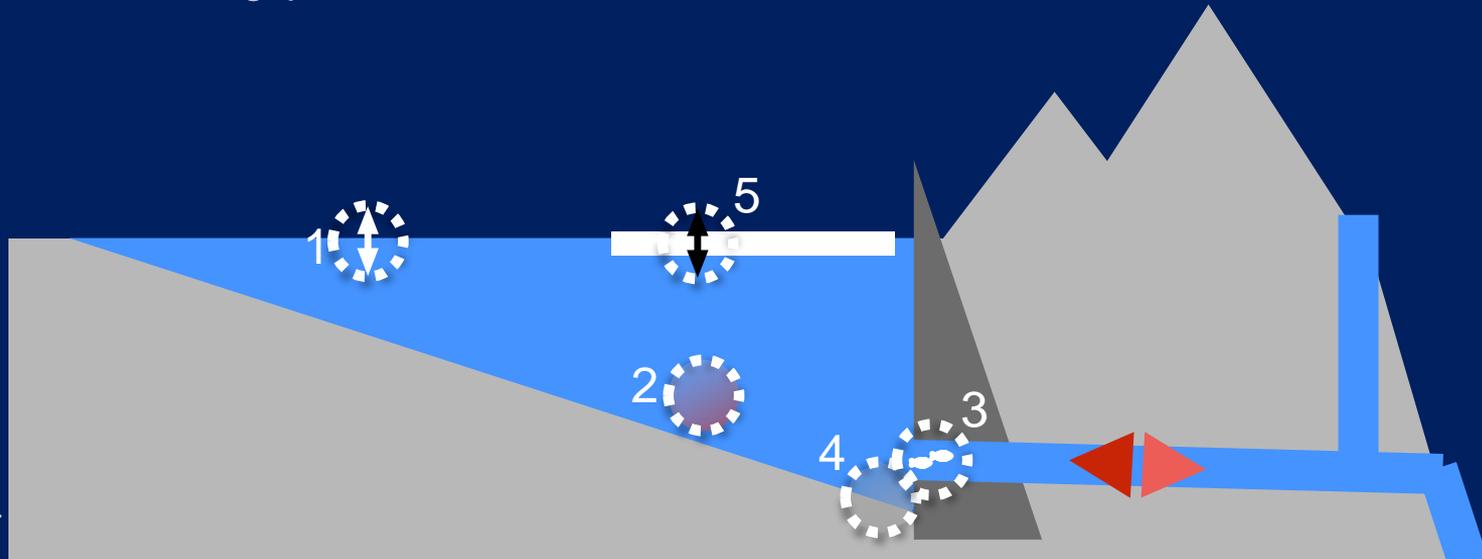
Mischungsprozesse

3 Austausch von Organismen

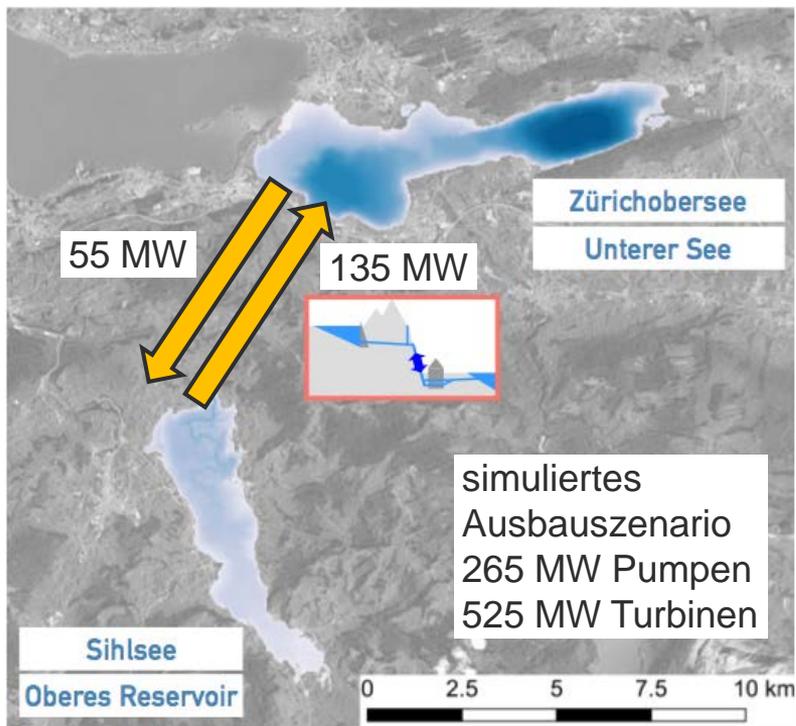
1&4 Aufwirbelung von Sediment

5 verminderte Eisbedeckung

1-5 ökologische Folgen



Projekt bearbeitet  
von Ulrike Kobler



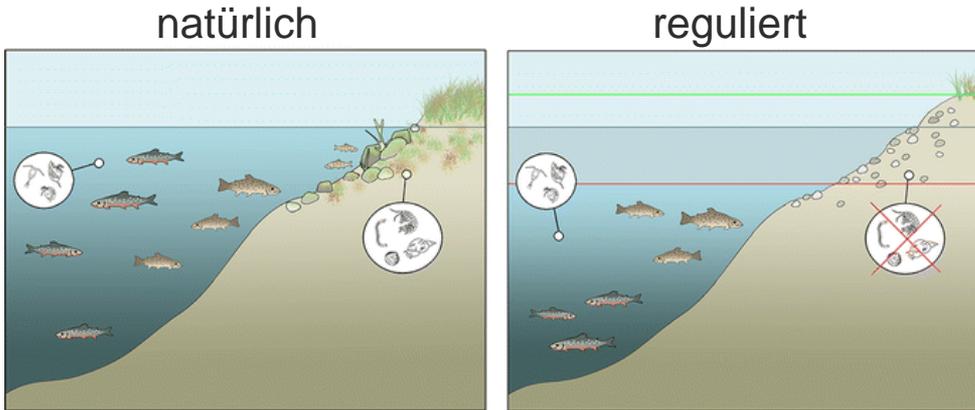
## Sihlsee

Stausee  
889 m ü.M.  
11.3 km<sup>2</sup>

Amphibienlaichgebiete  
von nationaler Bedeutung

**Zürich-Obersee**  
natürlicher See  
406 m ü.M.  
20.3 km<sup>2</sup>

Ausbau Pumpspeicherung  
wurde im Rahmen der  
Neukonzessionierung  
geprüft und verworfen



Ill.: S.Skoglund

Abbildung: nach Hirsch et al. (2016), Hydrobiologia, 794, 287–301

Bei natürlichen Seen oder Schutzgebieten an Stauesen:  
Begrenzung der maximalen Seespiegelschwankungen und der  
maximalen Absenkgeschwindigkeit zum Schutz der Uferzonen

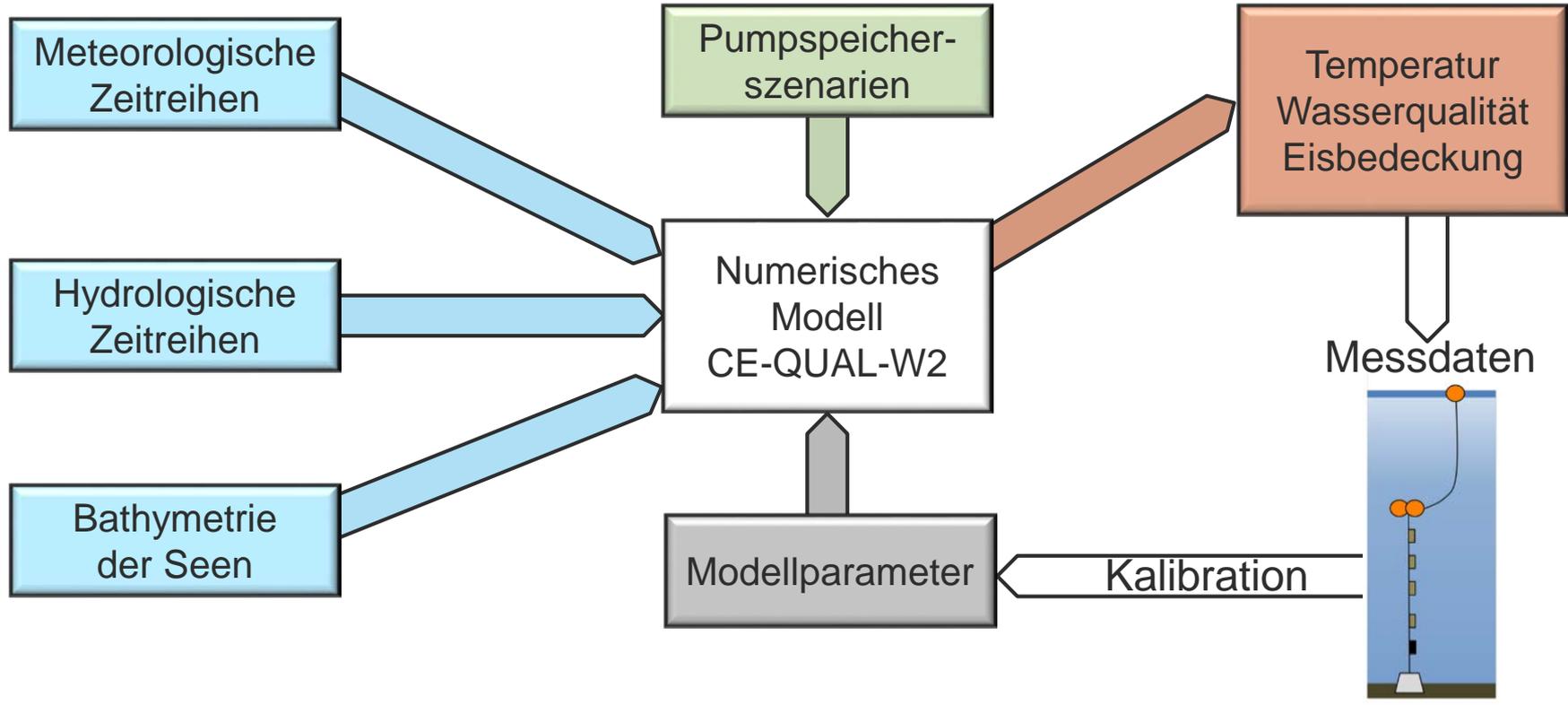
Beispiel Sihlsee, Ausbauszenario

max. Abfluss  $\sim 780 \text{ m}^3/\text{s}$

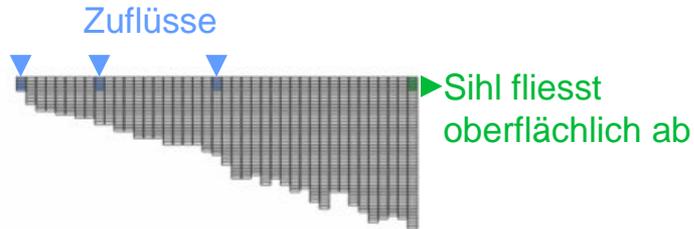
Oberfläche  $\sim 11 \text{ km}^2$

⇒ Seespiegel könnte innerhalb  
von 4 Stunden um bis zu  
1 Meter abgesenkt werden

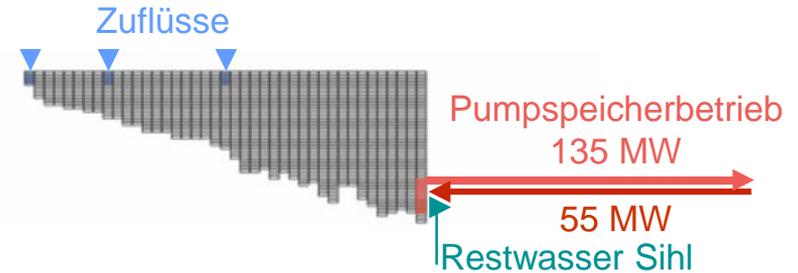
# Vorgehen numerische Modellierung



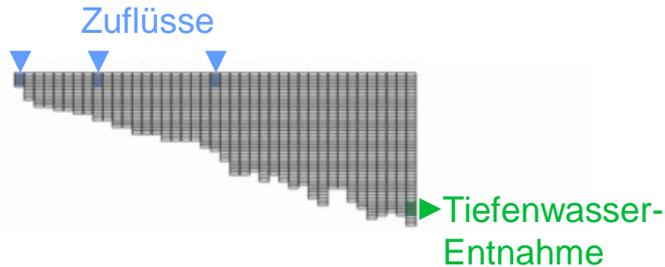
## natürliche Referenz



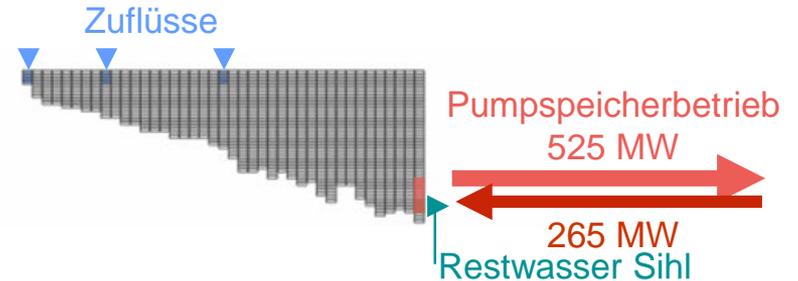
## aktueller Zustand



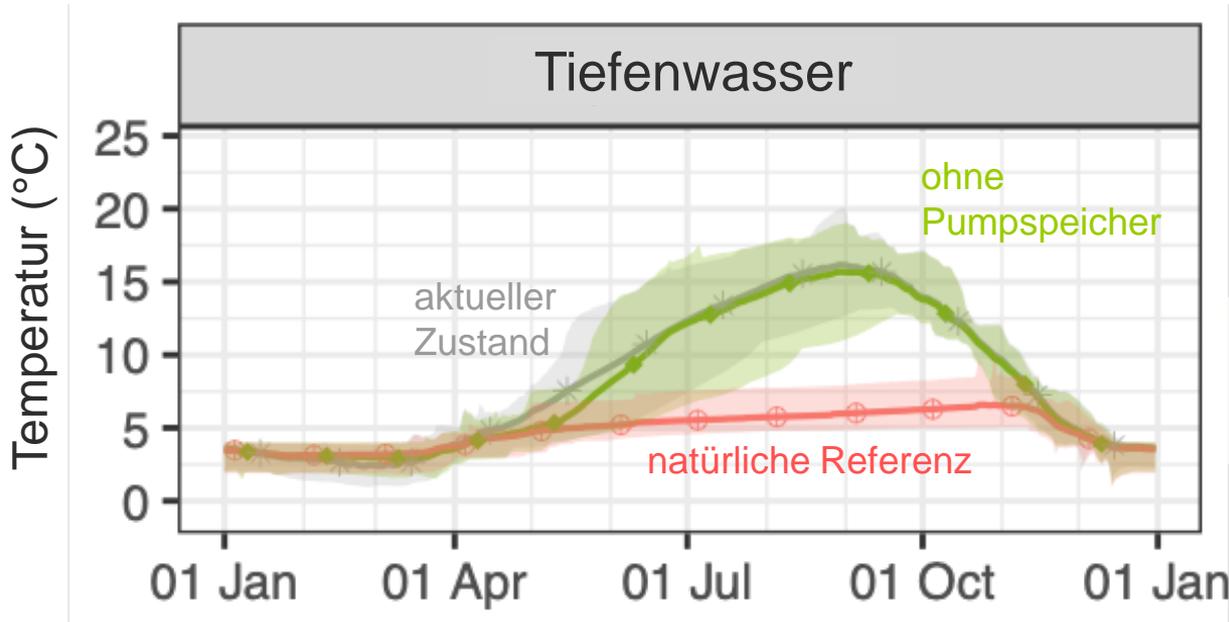
## ohne Pumpspeicher



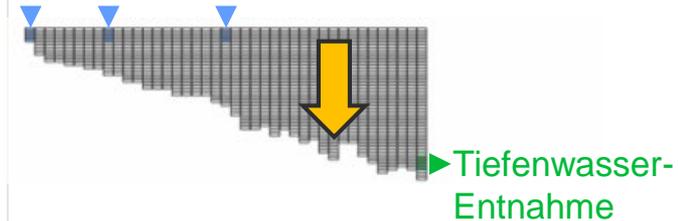
## Ausbau Pumpspeicher

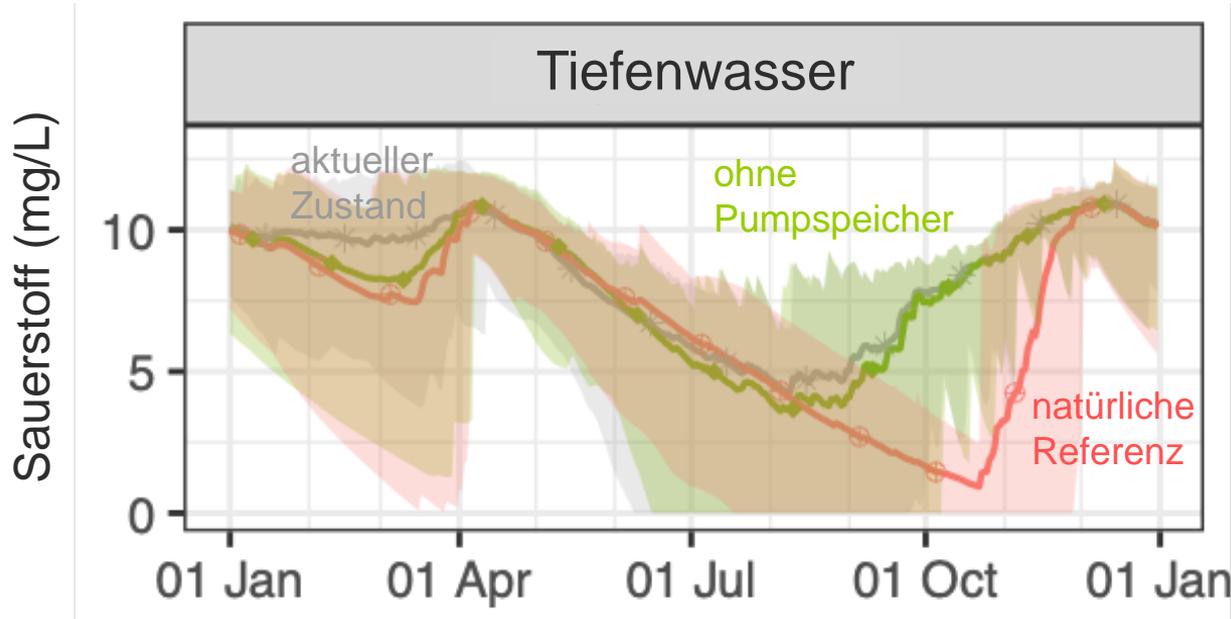


# Auswirkung der Tiefenwasserentnahme



Wegen Tiefenwasserentnahme wird warmes Oberflächenwasser nach unten gezogen.



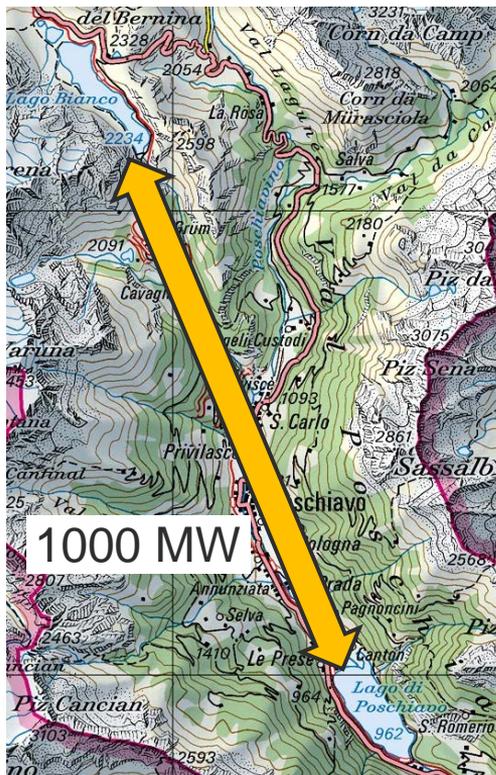


Folgen des wärmeren Tiefenwassers:

- frühere Mischung im Herbst
- selteneres Auftreten von tiefen Sauerstoff-Konzentrationen

# Fallbeispiel: Projekt Lagobianco

Projekt bearbeitet  
von Matteo Bonalumi



## Lago Bianco

Stausee (ursprünglich  
kleinerer, natürlicher See)

2234 m ü.M.

1.5 km<sup>2</sup>

hohe Trübung (Gletschermilch)



## Lago di Poschiavo

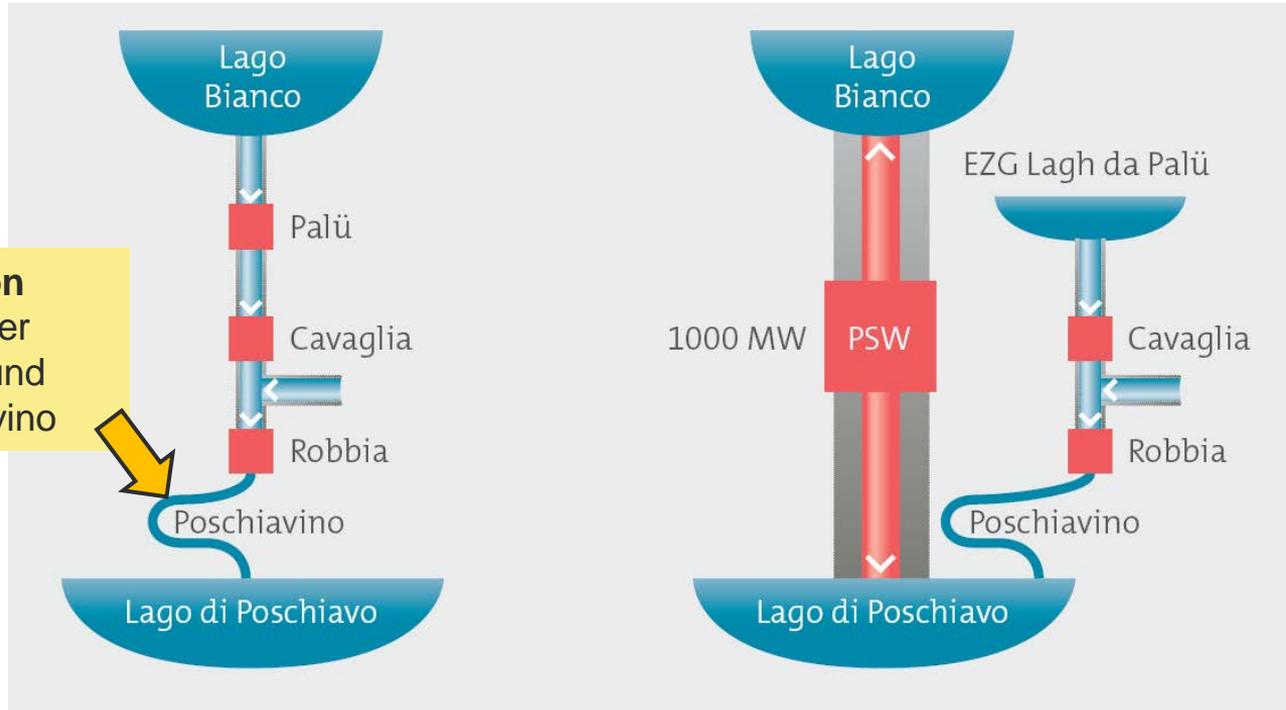
natürlicher See

962 m ü.M.

2.0 km<sup>2</sup>

Projekt ist bewilligt,  
wird aber momentan  
nicht gebaut

# Vermeidung von Schwall und Sunk

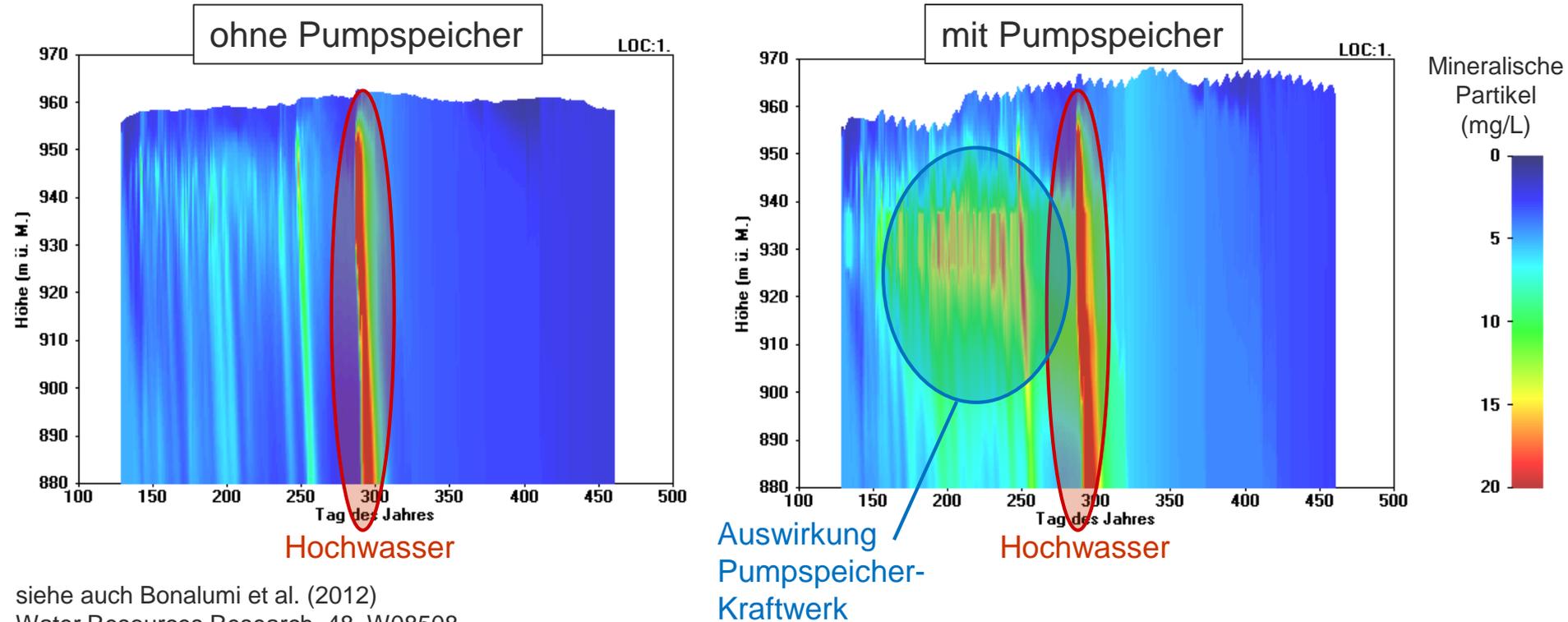


**Aktuelle Situation**  
turbiniertes Wasser  
erzeugt Schwall und  
Sunk im Poschiavino

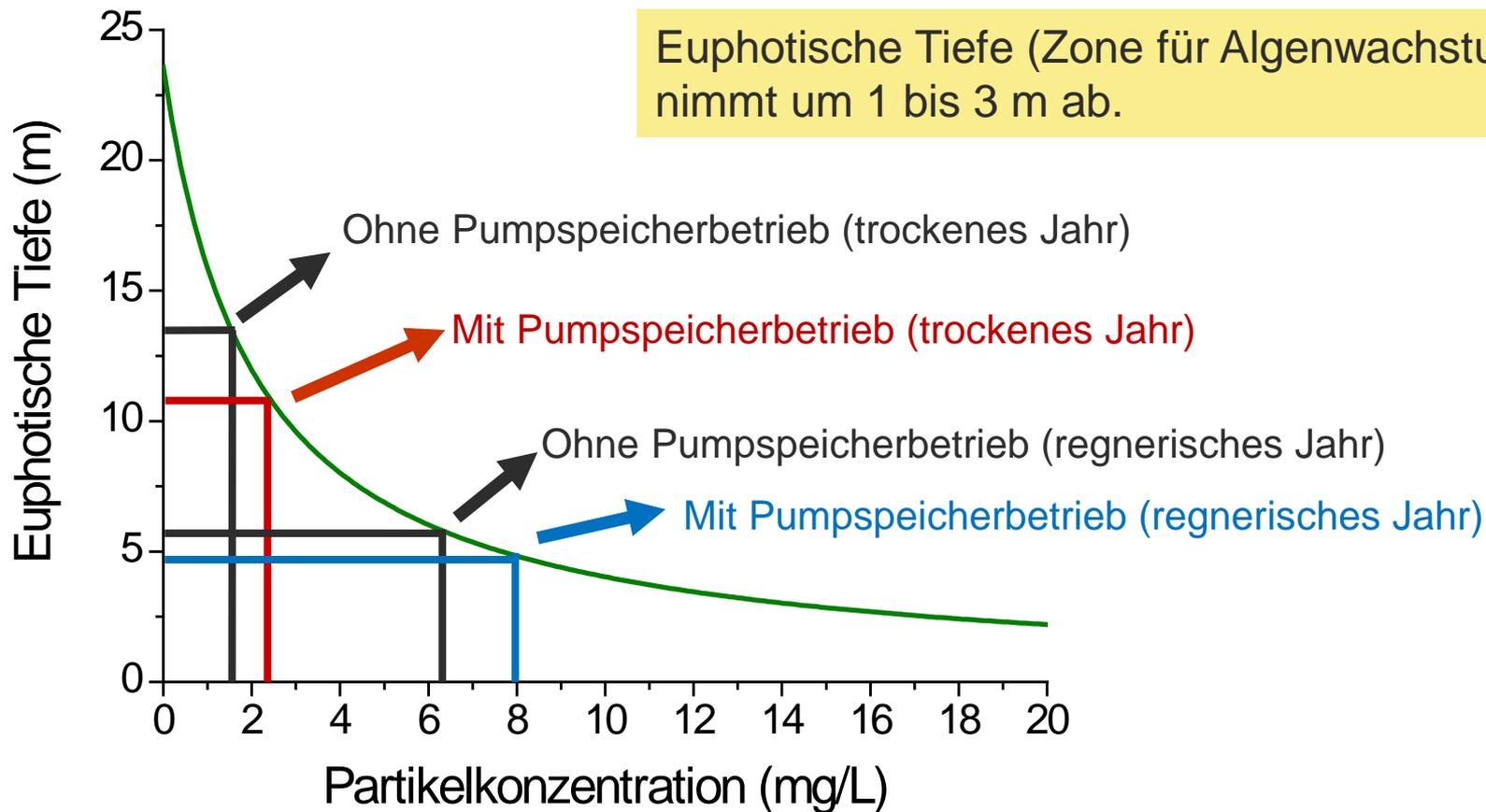


# Auswirkungen des Wasseraustauschs

Beispiel: Trübung im Lago di Poschiavo



siehe auch Bonalumi et al. (2012)  
Water Resources Research, 48, W08508



## Temperatur

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

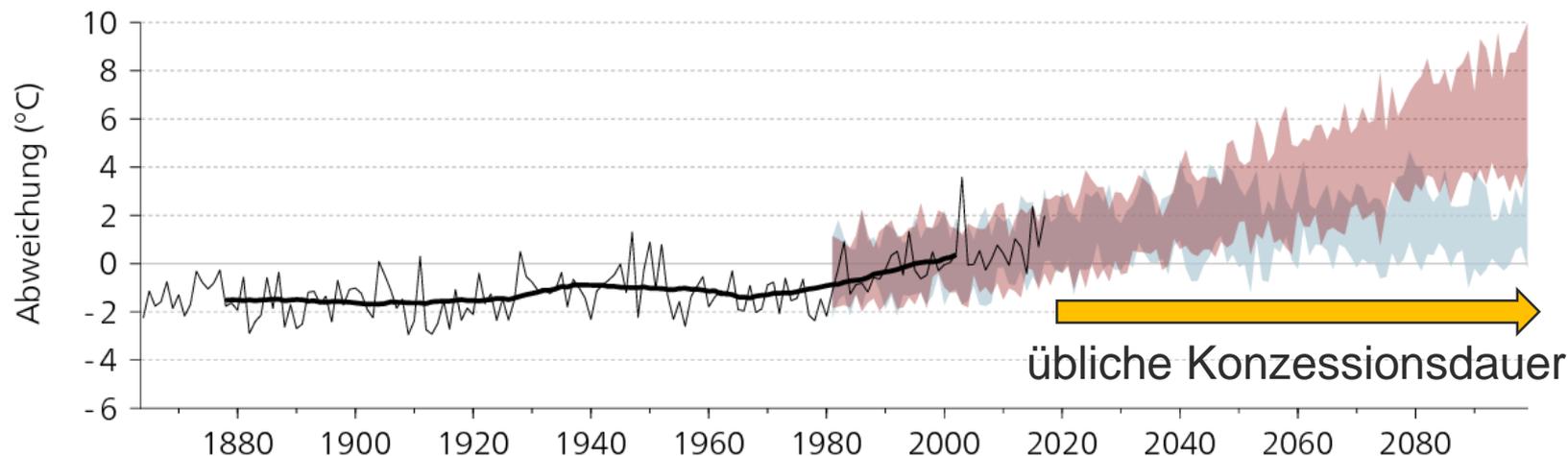
Schweiz  
Sommer

— Beobachtungen

— 30-jähriges gleitendes Mittel

RCP2.6

RCP8.5



© Klimaszenarien CH2018

# Klimawandel und Pumpspeicherung

■ heutiges Klima

■ künftiges Klima

(CH2011, IPCC A2 Szenario)

**Eisdecke**

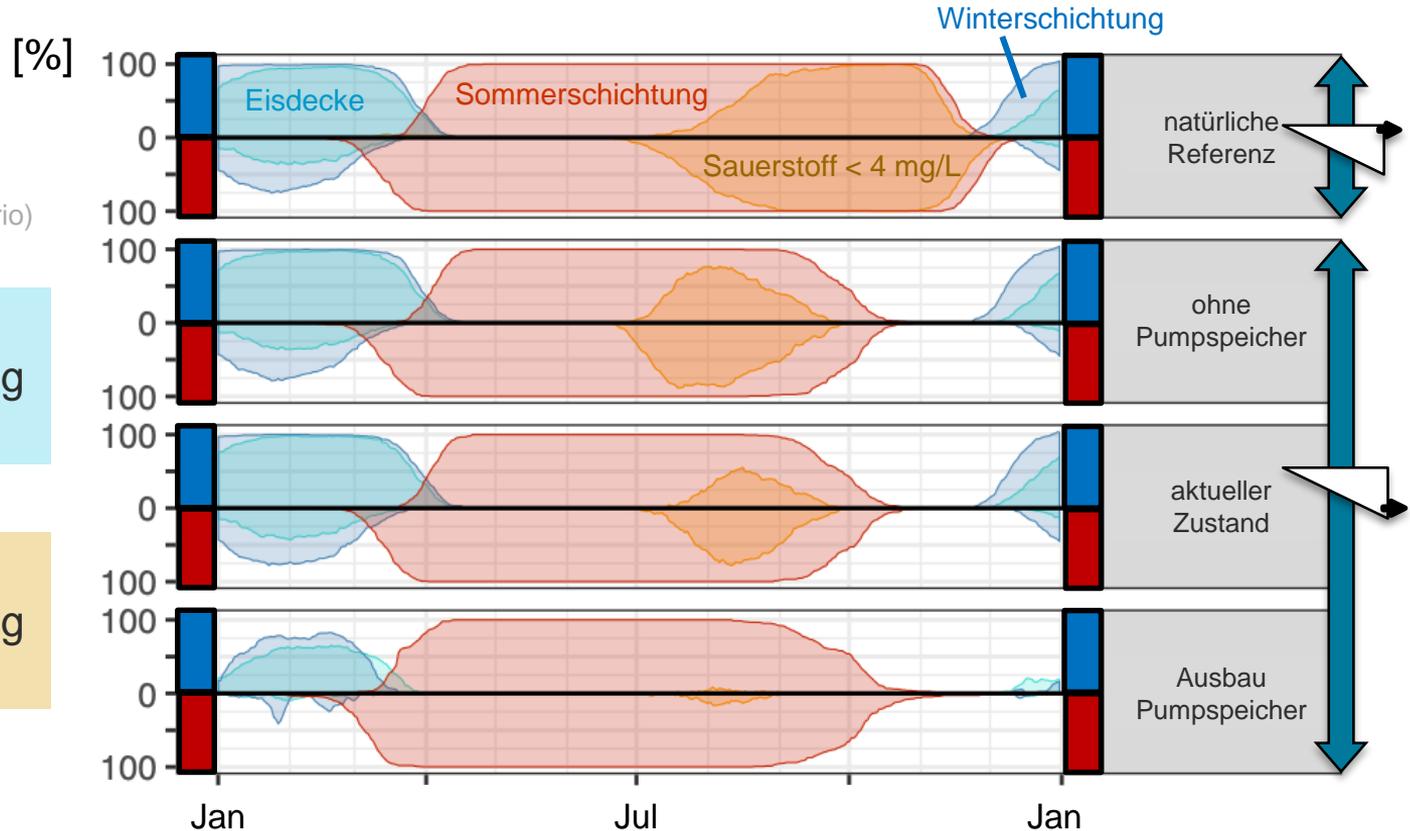
↓ Pumpspeicherung

↓ Klimawandel

**Sauerstoff**

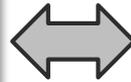
↑ Pumpspeicherung

↓ Klimawandel



## Nutzen

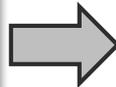
- effiziente Energiespeicherung (Wirkungsgrad ~80%)
- ermöglicht Ausgleich von unregelmässiger Stromproduktion
- Vermeidung Schwall/Sunk



## Auswirkungen

- Seespiegelschwankungen
- Wasseraustausch
  - ⇒ Wasserqualität
- Tiefenwasserentnahme
  - ⇒ Temperatur, Schichtung, Sauerstoff

Lange Konzessionsdauer  
Hohe Investitionen



## Langfristige Perspektive

- Klimawandel bei Beurteilung berücksichtigen
- Entwicklung anderer Speichermöglichkeiten?