

Wärmenutzung von Oberflächengewässern

Martin Schmid, Eawag, Abteilung Oberflächengewässer
Schmerikon, 8. September 2021

Die Eawag forscht rund um das Thema Wasser und Gewässer.



Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung
(WBF)

Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen
(ETH-Rat)

ETH zürich

EPFL

PAUL SCHERRER INSTITUT
PSI

Empa
Materials Science and Technology

WSL

eawag
aquatic research 000



Bundesrat:
Guy Parmelin



Präsident des
ETH-Rats: Prof. Dr.
Michael O. Hengartner



Direktorin der Eawag:
Prof. Dr. Janet Hering



Wasser für das Wohlergehen des Menschen

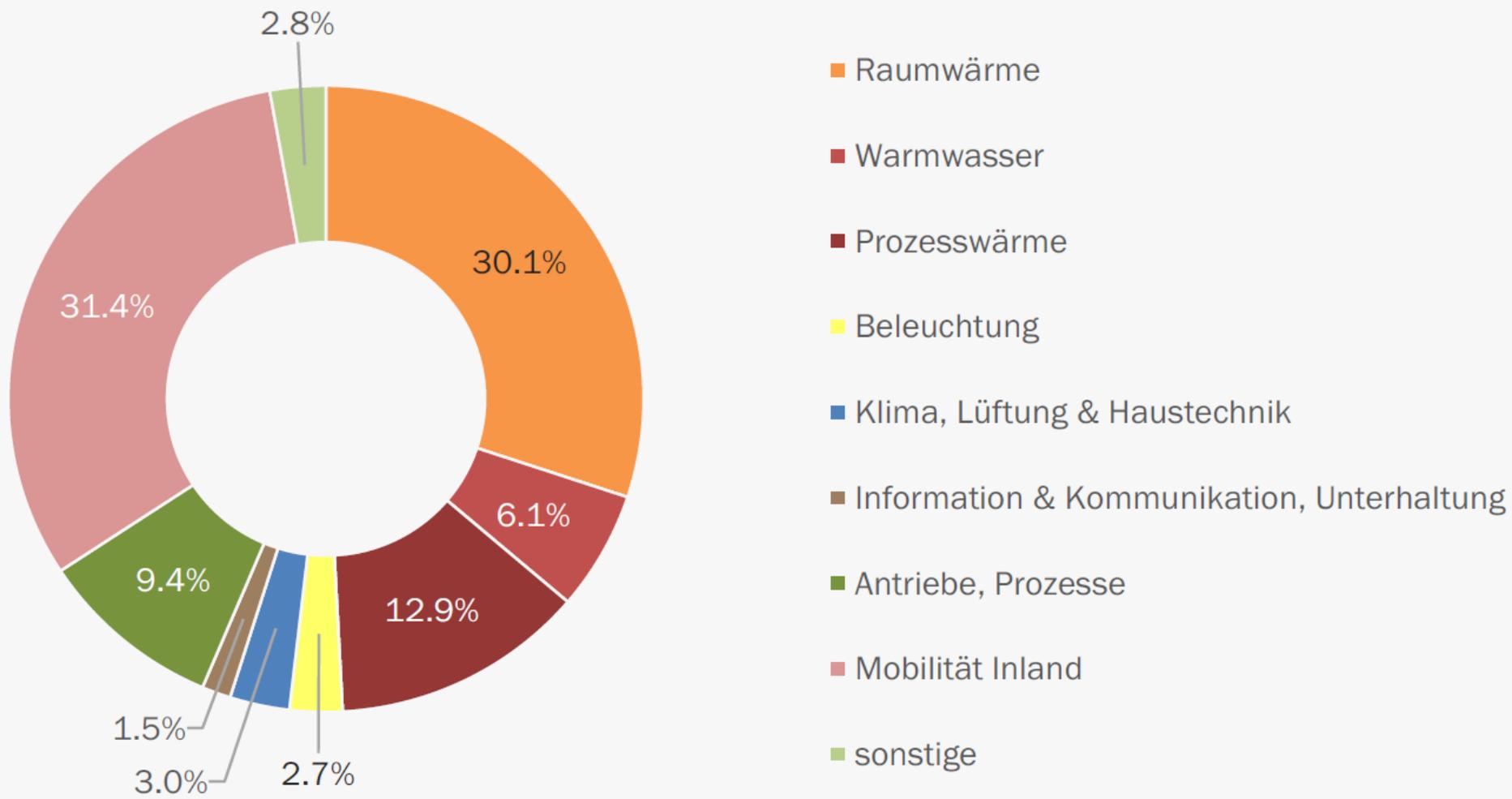


Wasser für das Funktionieren der Ökosysteme



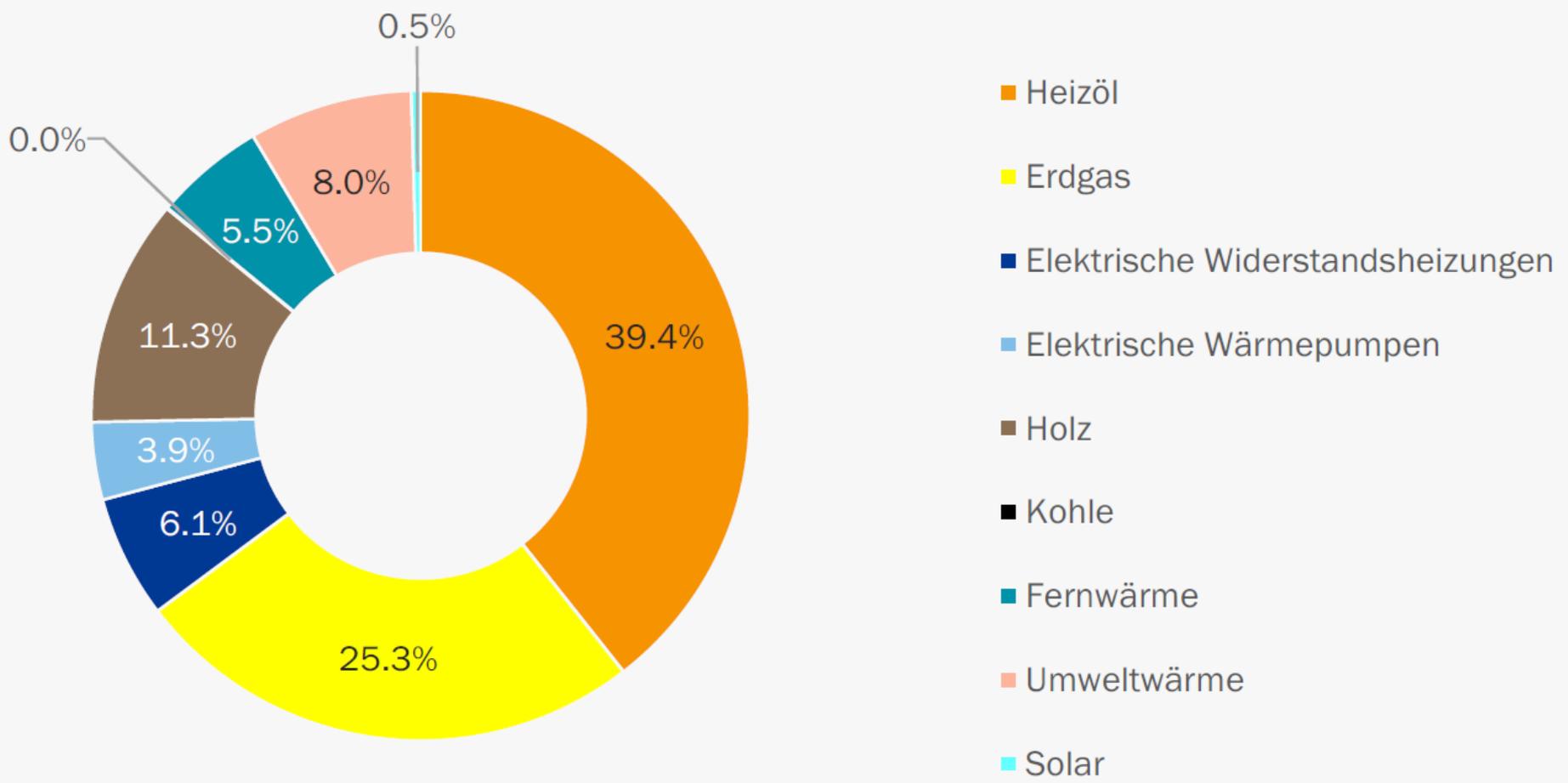
Strategien bei Nutzungskonflikten zwischen Mensch und Ökosystem





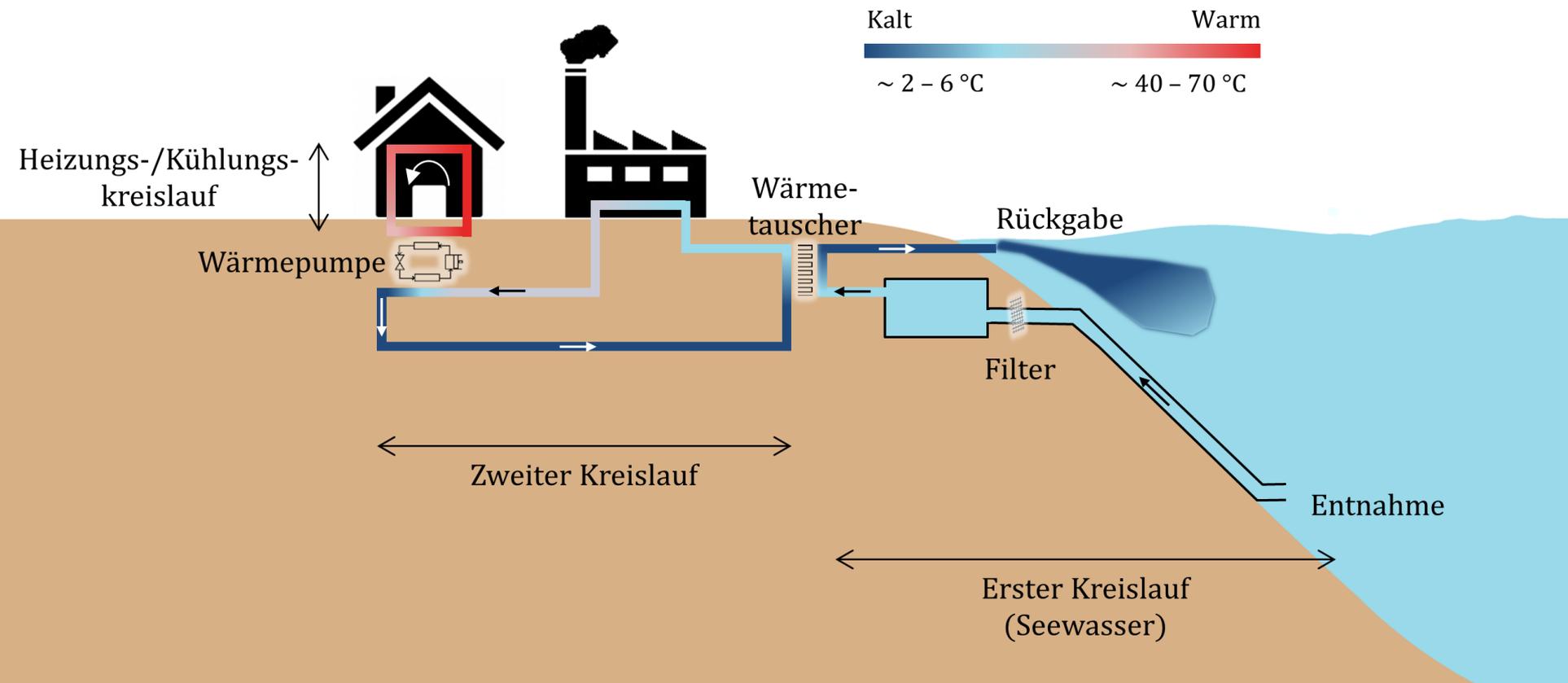
Quelle: Prognos, TEP, Infrac 2020

Energiequellen für Raumwärme in privaten Haushalten



Quelle: Prognos 2020

Wärmenutzung von Oberflächengewässern



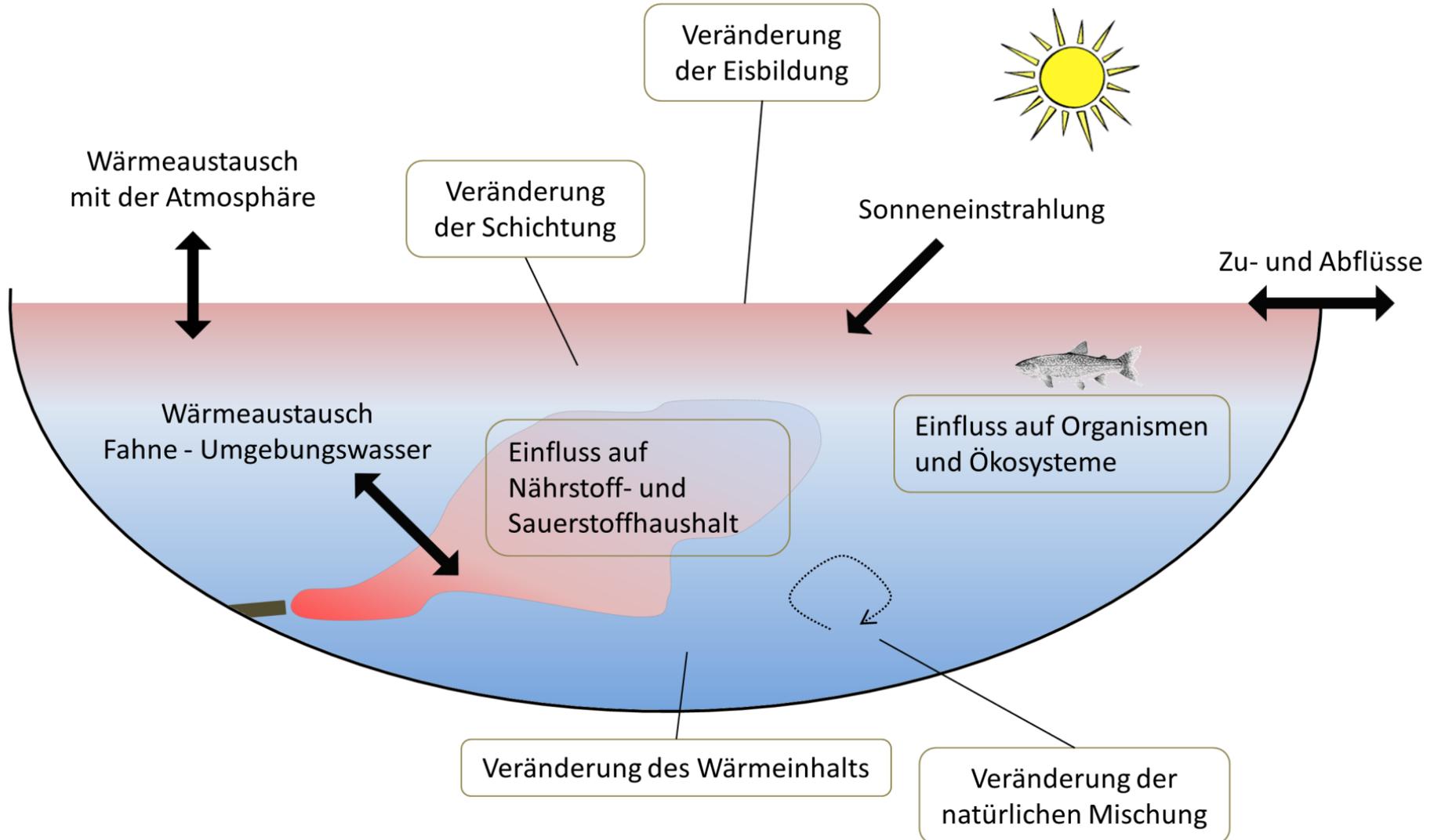
Vorteile

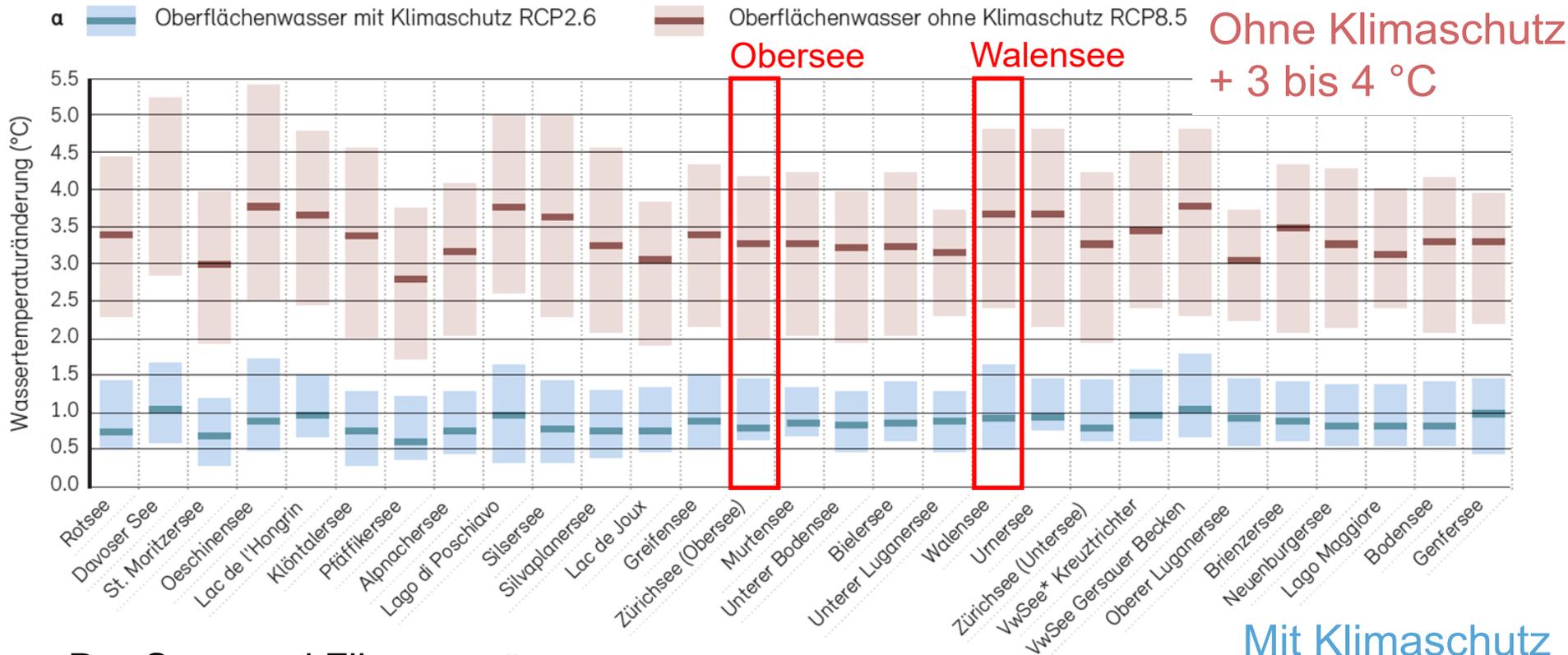
- lokale Energiequelle
- erneuerbare Energie
- bei grösseren Gewässern grosse Energiemengen

Nachteile

- Auswirkungen auf Gewässer?
- hohe Investitionskosten

Mögliche Auswirkungen auf Seen





Der Seen und Fließgewässer erwärmen sich aufgrund des Klimawandels deutlich.

⇒ Zusätzliche Erwärmungen sind möglichst zu vermeiden.

Annahmen für Potenzial von Seen

- maximale Erwärmung $< 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, maximale Abkühlung $< 1 \text{ }^\circ\text{C}$
(nicht unbedingt ideale Werte für jeden See!)
- Im Winter Nutzung der ganze Tiefe eines Sees (vertikale Mischung)
- Im Sommer Nutzung nur eines Tiefenbereiches, keine zusätzliche Erwärmung des Oberflächenwassers neben dem Klimawandel

Annahmen für Potenzial von Fließgewässern

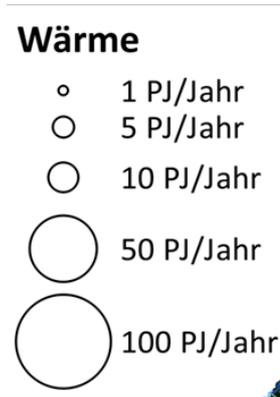
- Temperaturänderungen $< \pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (auch hier nicht immer ideal)
- Grenzen für maximale und minimale Temperaturen für Nutzung

Annahmen für Bedarfsabschätzung

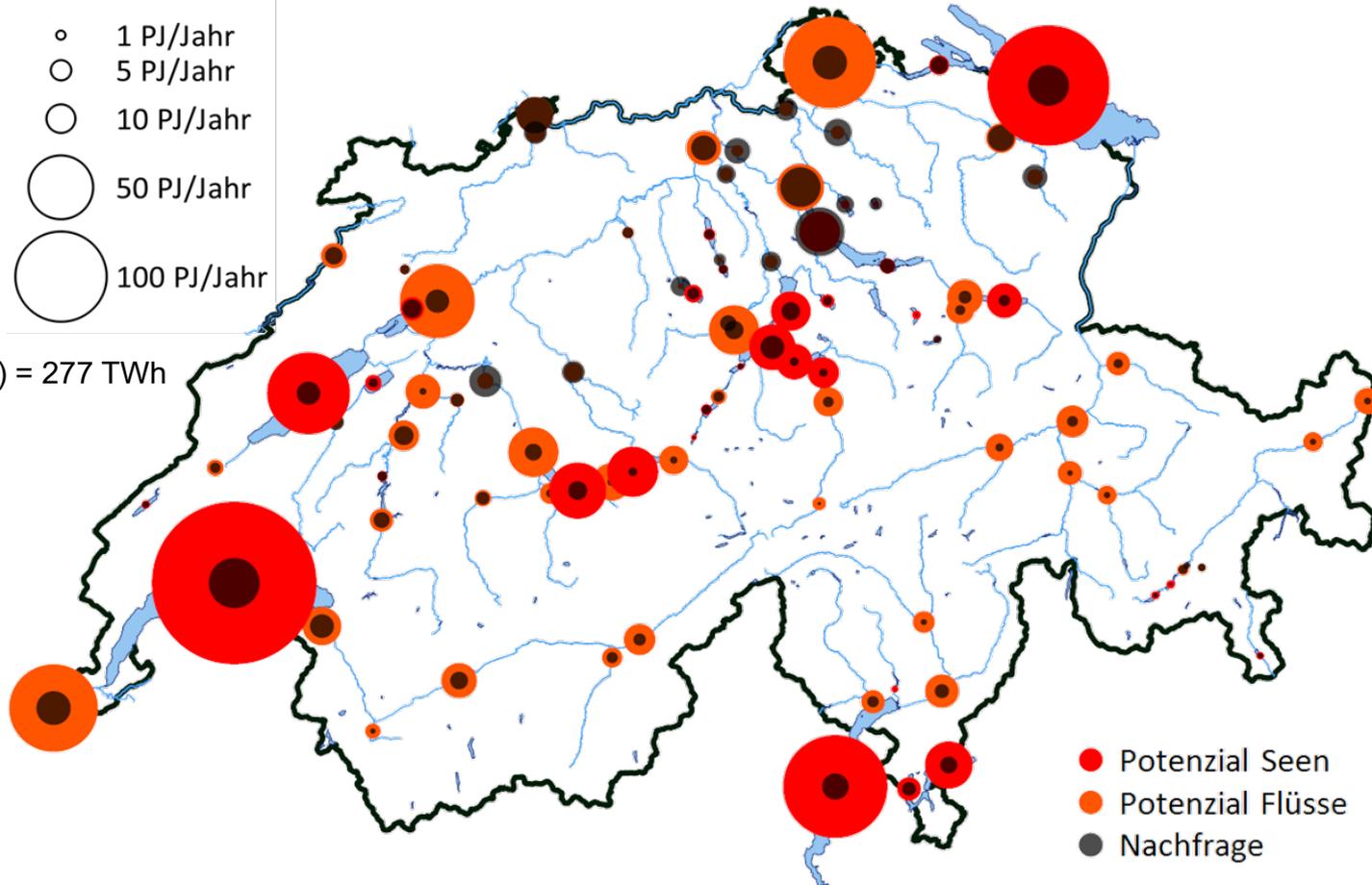
- Bedarf gleichmässig auf Schweizer Bevölkerung verteilt
- Gesamte Bevölkerung in an ein Gewässer angrenzenden Gemeinden
- Bedarf nach Höhenlage (Lufttemperatur) korrigiert

Publikation: Gaudard et al. Renewable Energy, 134 (2019) 330e342

Potenzial und Bedarf für Wärmeentnahmen (Heizungen)

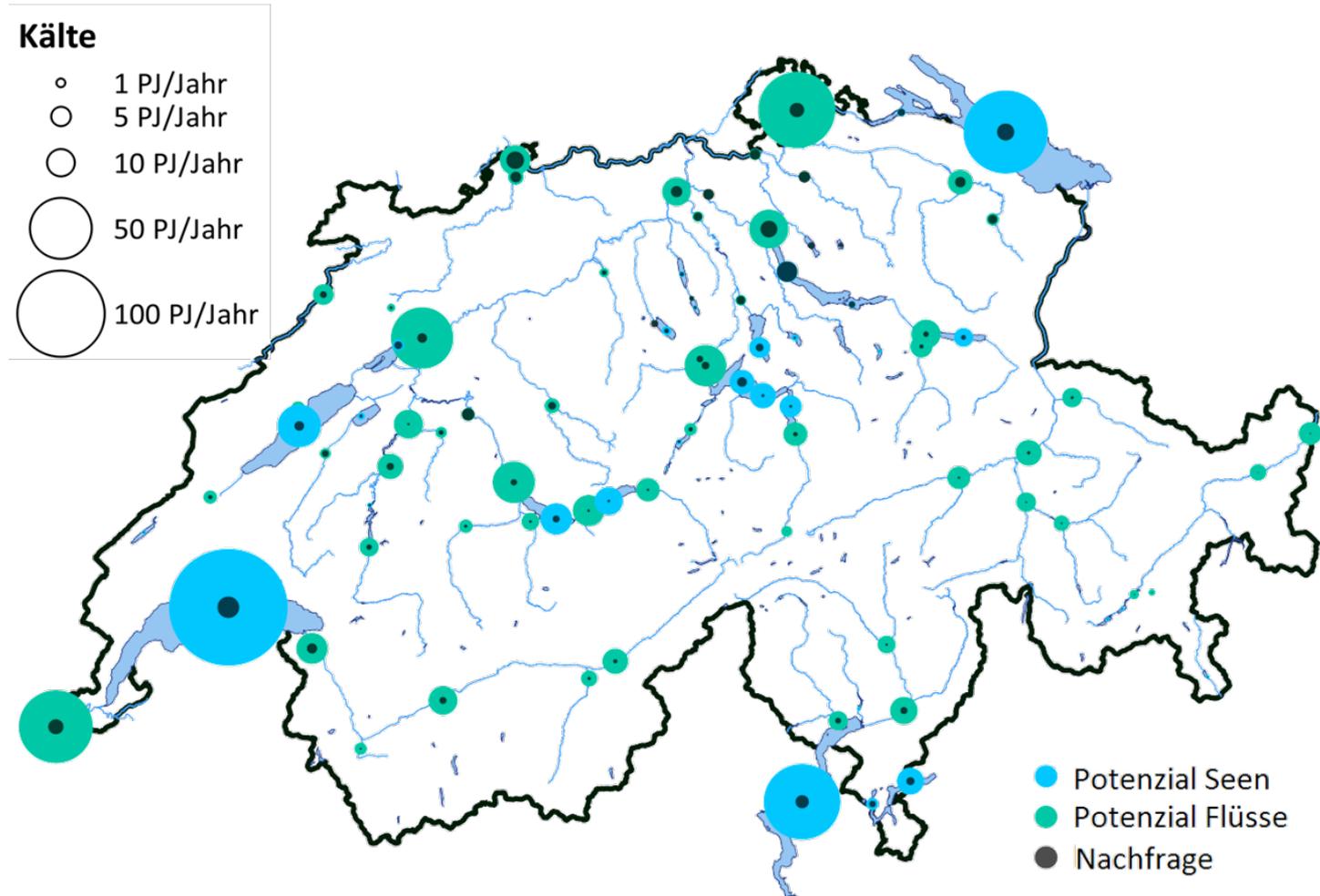


1 PJ (Petajoule) = 277 TWh

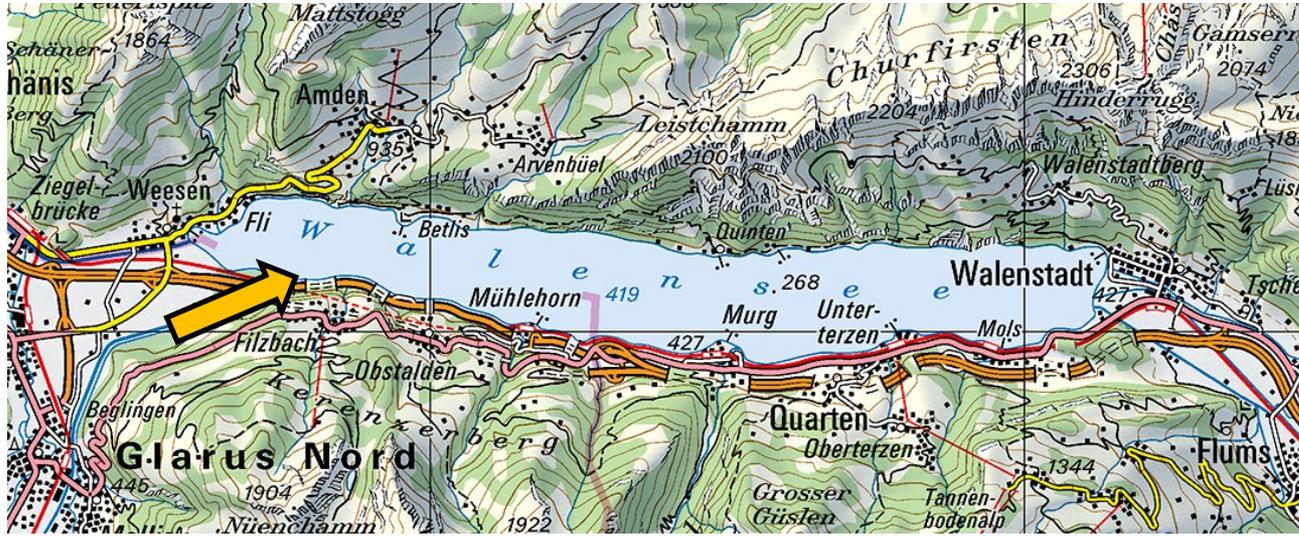


siehe auch <https://thermdis.eawag.ch/>

Potenzial und Bedarf für Wärmeeinträge (Kühlungen)



siehe auch <https://thermdis.eawag.ch/>



Walensee

Oberfläche: 24.1 km²

Volumen: 2.5 km³

max. Tiefe: 150 m

Wasseraufenthaltszeit
1.5 Jahre

Quelle Karte:
Bundesamt für Landestopographie

Umleitung der Linth in den Walensee Anfang
des 19. Jahrhunderts

Potenzialschätzung (Gaudard et al., 2019)

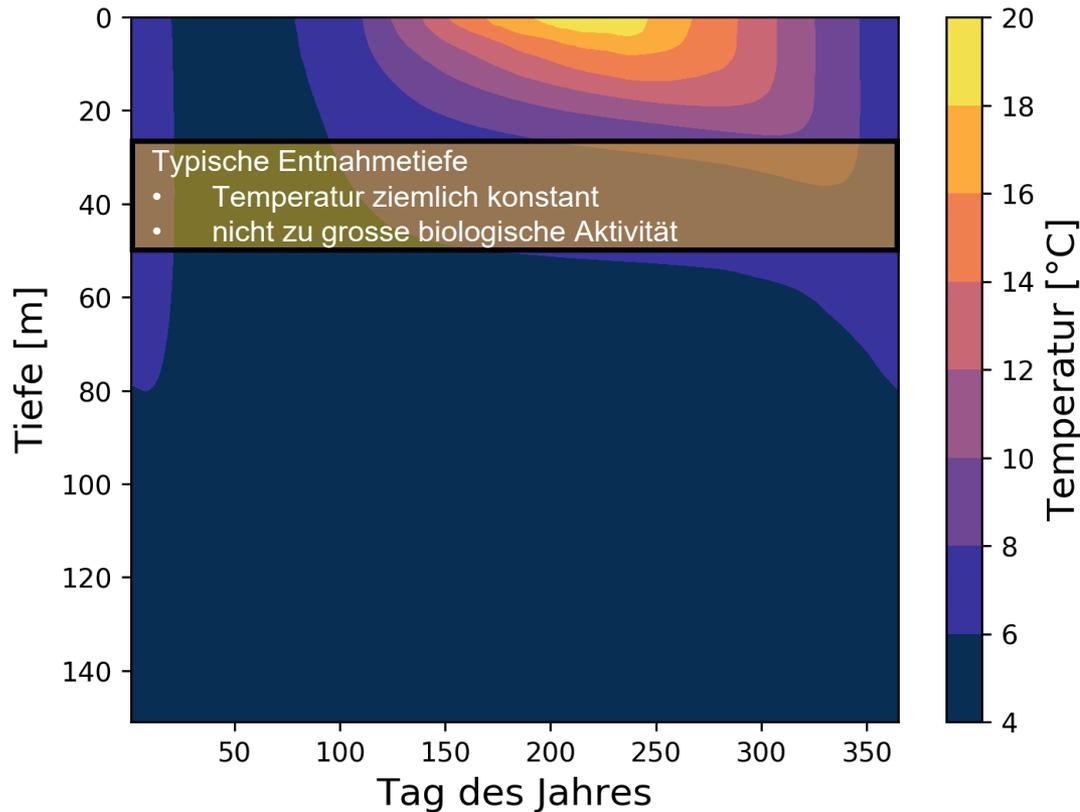
Wärmeentzug: ~3.9 TWh/yr

Wärmeeinleitung: ~1.3 TWh/yr



Foto: Wikipedia (User: Caumasee)

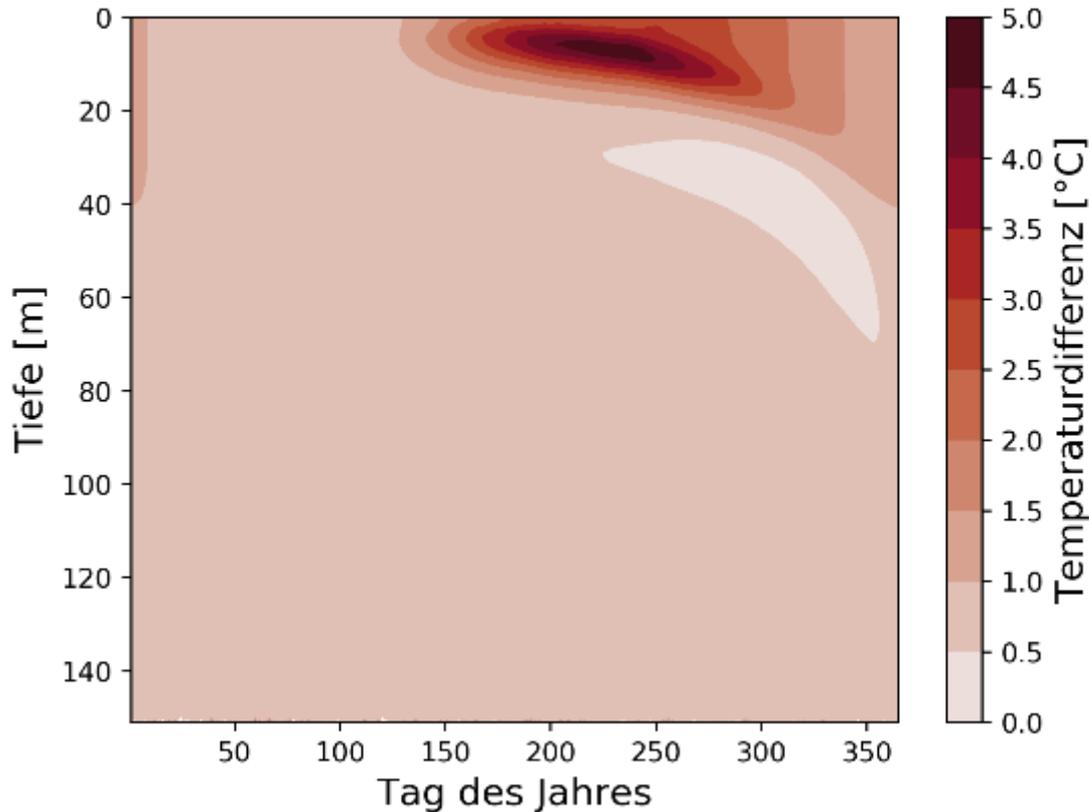
Temperatur im Jahresverlauf



Unterhalb von ~25 m:
Temperaturen nie unter 4 °C
und kaum je über 10 °C

⇒ sehr gut geeignet zum
Heizen oder Kühlen.

Wie viel wärmer wäre der Walensee ohne den Zufluss der Linth?



Der Walensee wurde durch die Linthkorrektur bereits deutlich abgekühlt.

⇒ Vorsicht ist angebracht bei weiteren Abkühlungen.

	vertiefte Abklärungen empfohlen	sehr wahrscheinlich unproblematisch
Potenzial für Wärmeentnahme	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.2 °C
Walensee	1'464 GWh/a	585 GWh/a

zum Vergleich: Wärmebedarf der Gemeinde Walenstadt: 33 GWh/a

umgerechnet auf Heizleistung bei 2200 Betriebsstunden von Dezember bis März
und Leistungszahl der Wärmepumpen von 3.5

	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.2 °C
Heizleistung		
Walensee	931 MW	373 MW

Potenzial für Wärmeeinleitung	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.2 °C
Volumen zwischen 20 und 50 m	372 GWh/a	147 GWh/a

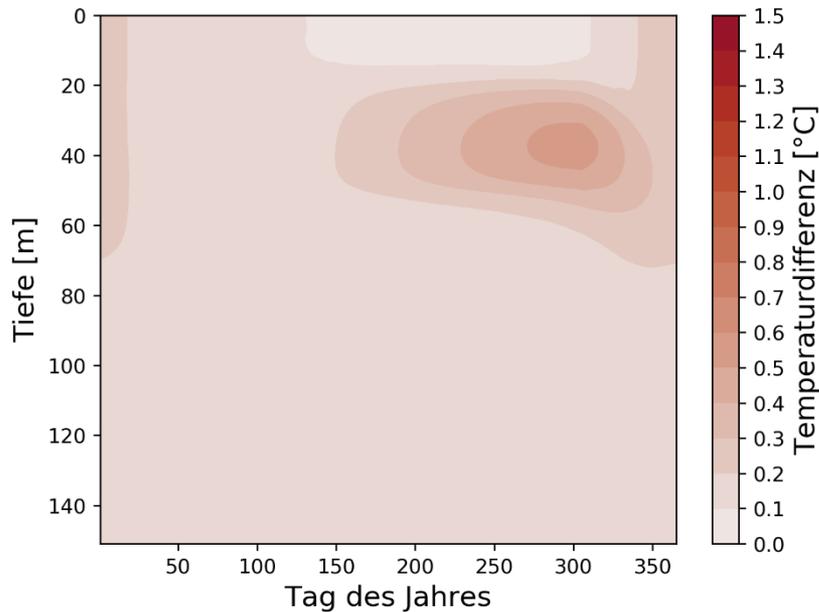
umgerechnet auf Kühlleistung bei kontinuierlichem Betrieb von Mai bis Oktober

Kühlleistung	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.2 °C
Volumen zwischen 20 und 50 m	84 MW	34 MW

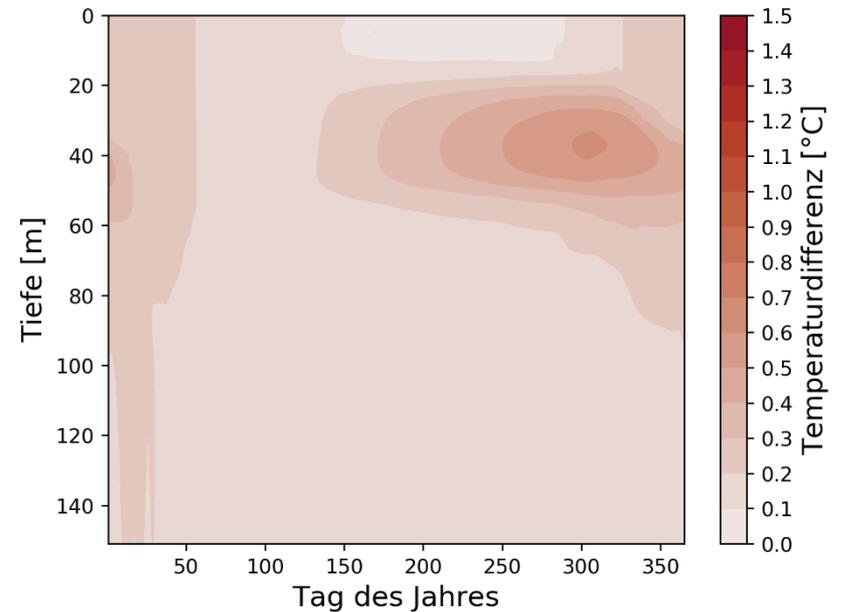
allenfalls etwas höheres Potenzial, wenn ganzes Tiefenwasser genutzt wird, aber:

- gewisse Akkumulation der Wärme im Tiefenwasser über mehrere Jahre
- grössere Kosten für Installationen

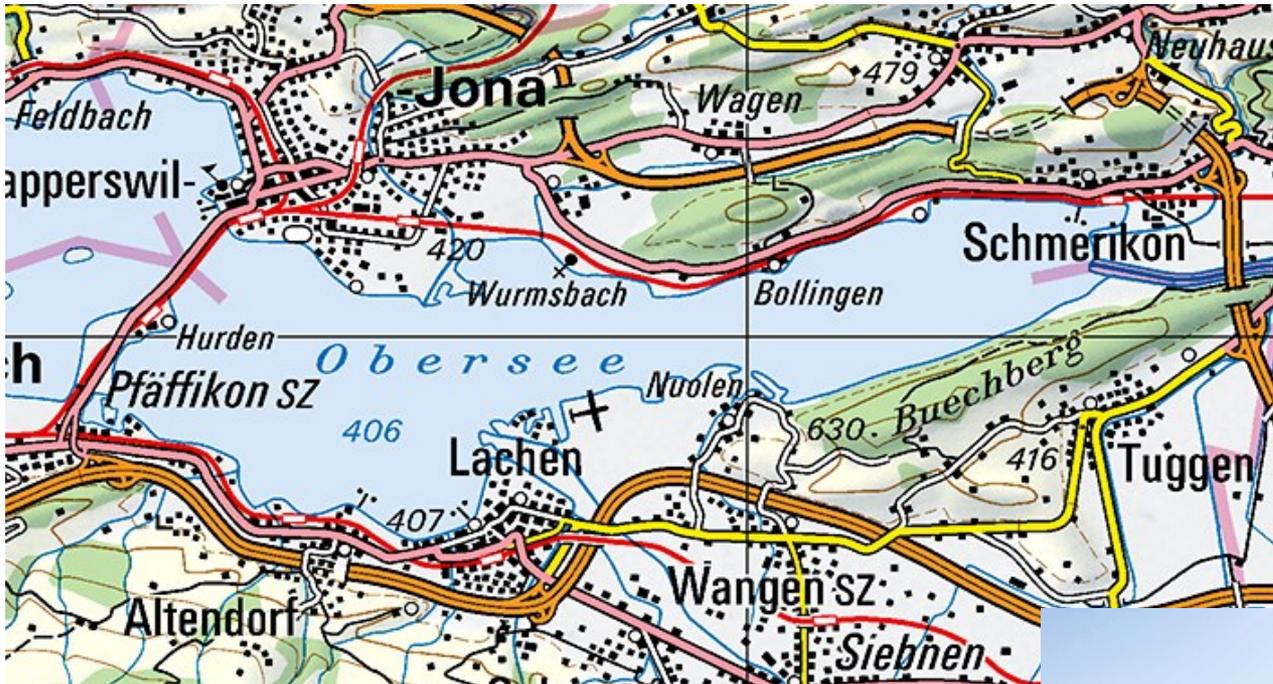
Kühlleistung 84 MW von Mai bis Oktober mit Wasser aus 20 bis 50 m Tiefe
(maximale Erwärmung von 0.5°C erwartet)



durchschnittliche
Temperaturänderungen in
36 simulierten Jahren



maximale
Temperaturänderungen in
36 simulierten Jahren



Zürich-Obersee

Oberfläche: 20.3 km²

Volumen: 0.42 km³

max. Tiefe: 48 m

Wasseraufenthaltszeit

2 Monate

Potenzialschätzung (Gaudard et al., 2019)

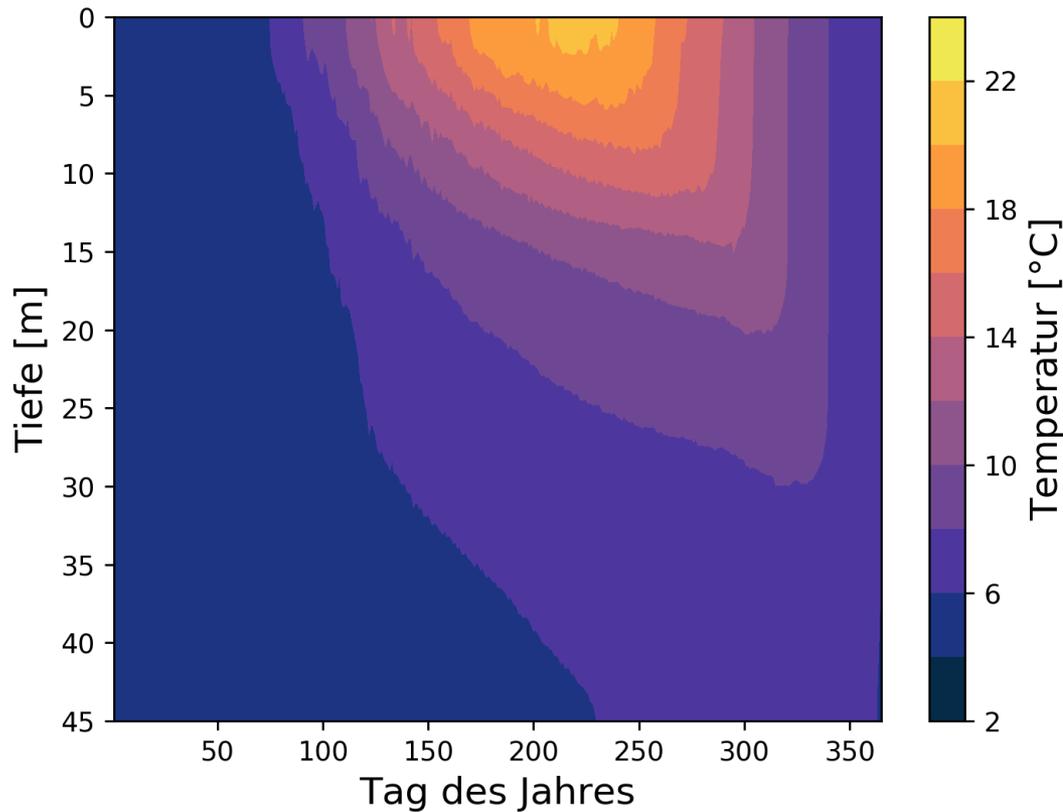
Wärmeentzug: ~0.73 TWh/yr

Wärmeeinleitung: ~0.17 TWh/yr



Foto: Wikipedia (User: Roland zh)

Temperatur im Jahresverlauf



Temperaturen im Winter
manchmal unter 4 °C, im
Sommer bis in 30 m Tiefe
manchmal über 10 °C

⇒ Anlagen müssen für
variable Temperaturen
ausgerichtet sein.

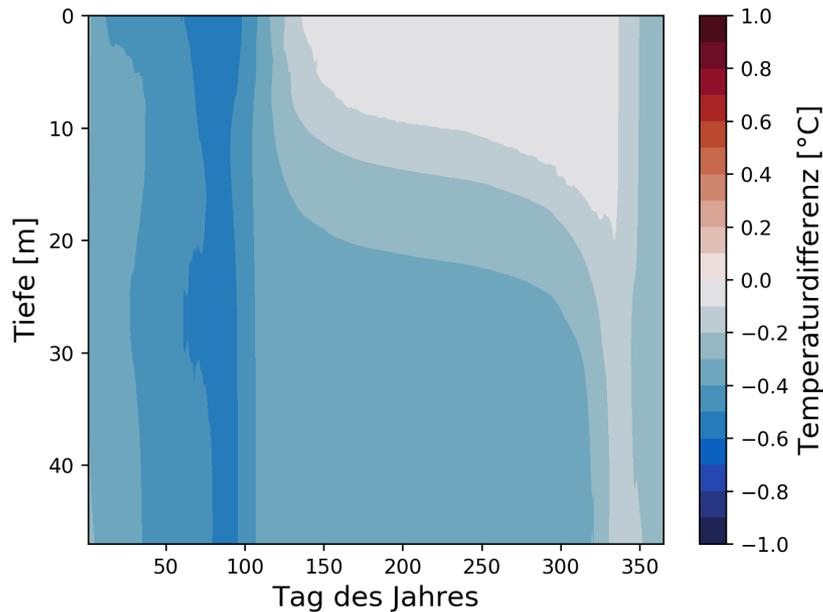
	Potenzial bei max. Abkühlung um 1.0 °C	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.5 °C
ohne Wasseraustausch	496 GWh/a	248 GWh/a
mit Wasseraustausch	649 GWh/a	325 GWh/a

zum Vergleich: Wärmebedarf der Stadt Rapperswil-Jona (Teil Obersee): 154 GWh/a

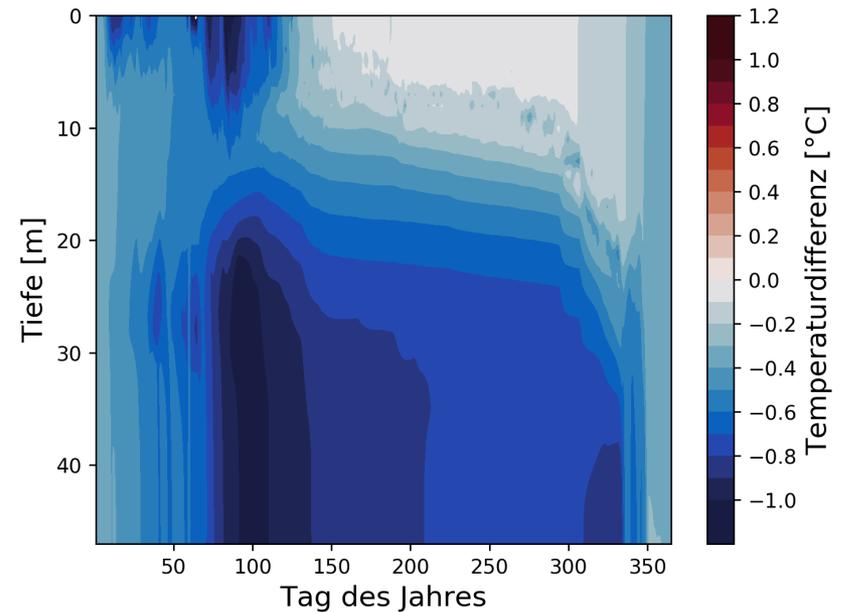
umgerechnet auf Heizleistung bei 2200 Betriebsstunden von Dezember bis März und Leistungszahl der Wärmepumpen von 3.5

	Potenzial bei max. Abkühlung um 1.0 °C	Potenzial bei max. Abkühlung um 0.5 °C
ohne Wasseraustausch	225 MW	113 MW
mit Wasseraustausch	295 MW	148 MW

Wärmeentnahme: 222 MW von Dezember bis März aus 20 bis 30 m Tiefe
(maximale Abkühlung von 1°C erwartet)



durchschnittliche
Temperaturänderungen in
37 simulierten Jahren



maximale
Temperaturänderungen in
37 simulierten Jahren

Potenzial für Wärmeeinleitung	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.2 °C
Bollinger Becken	47 GWh/a	19 GWh/a
Lachner Becken	25 GWh/a	10 GWh/a
gesamter See	72 GWh/a	29 GWh/a

umgerechnet auf Kühlleistung bei kontinuierlichem Betrieb von Mai bis Oktober

Kühlleistung	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.5 °C	Potenzial bei max. Erwärmung um 0.2 °C
Bollinger Becken	11 MW	4 MW
Lachner Becken	5 MW	2 MW
gesamter See	16 MW	6 MW

Potenzial nach Gaudard et al. (2018)

Wärmeentnahme 3944 GWh/a,
davon 530 GWh/a im Winter (Dez-Feb)
Wärmeeinleitung 2972 GWh/a

Potenzial nach Faktenblatt der Kantone Glarus und St. Gallen (2021)

Wärmeentnahme 460 GWh/a im Winter
(Dez-Mär, Anteil Kantone SG/GL)



Foto: Wikipedia (User: Parpan05)

Seeabfluss: Temperatur und Abfluss variieren langsam, kaum je unter 5°C.
⇒ grundsätzlich gut geeignet als Wärmequelle

Die Wärme, welche in den Linthkanal eingetragen wird, gelangt praktisch vollständig in den Zürich-Obersee. Die beiden Gewässer können deshalb nicht unabhängig voneinander genutzt werden.

Zürich-Obersee

- Potenzial zum Heizen in der gleichen Grössenordnung wie der Bedarf in den umliegenden Gemeinden
- eher geringes Potenzial zum Kühlen
- Wasserentnahme unterhalb von 20 m Tiefe (konstantere Temperaturen)
- Rückleitung unterhalb von 20 m Tiefe (keine Absenkung der Sprungschicht)
- mit Nutzungen im Zürichsee und im Linthkanal koordinieren

Walensee

- Potenzial zum Heizen deutlich höher als gesamter Bedarf in umliegenden Gemeinden
- mittleres Potenzial zum Kühlen
- Wasserentnahme unterhalb von 20 m Tiefe
- Rückleitung unterhalb von 20 m Tiefe (bei kleineren Anlagen auch in den Linthkanal möglich)

Potenzial Wärmenutzung

Gaudard A, Wüest A, Schmid M (2019). Using lakes and rivers for extraction and disposal of heat: Estimate of regional potentials. *Renewable Energy* 134: 330-342.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.095>

Gaudard A, Schmid M, Wüest A (2018). Thermische Nutzung von Seen und Flüssen – Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer. *Aqua & Gas* 2/2018: 26-33

Auswirkungen der Wärmenutzung

Gaudard A, Weber C, Alexander TJ, Hunziker S, Schmid M (2018). Impacts of using lakes and rivers for extraction and disposal of heat. *WIREs Water* 2018: e1295.

<https://doi.org/10.1002/wat2.1295>

Gaudard A, Schmid M, Wüest A (2017). Thermische Nutzung von Oberflächengewässern – Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung. *Aqua & Gas* 5/2017: 40-45

Walensee und Zürich-Obersee

Schmid M, Gaudard A (2019). Potenzial des Walensees für Wärme- und Kältenutzung. Bericht im Auftrag des Amts für Wasser und Energie des Kantons St. Gallen, Eawag, Kastanienbaum.

Schmid M, Gaudard A (2019). Potenzial des Zürich-Obersees für Wärme- und Kältenutzung. Bericht im Auftrag des Amts für Wasser und Energie des Kantons St. Gallen, Eawag, Kastanienbaum.