

Potenzial und Grenzen der Wärmenutzung aus Flüssen und Seen

Alfred Wüest, Abteilung Oberflächengewässer

Patrik Rust, energie wasser luzern

Besten Dank an die Projektbearbeiter



Martin Schmid



Adrien Gaudard
verstorben am 5. Februar 2019

Wo steht die nachhaltige Wärmenutzung in der CH?

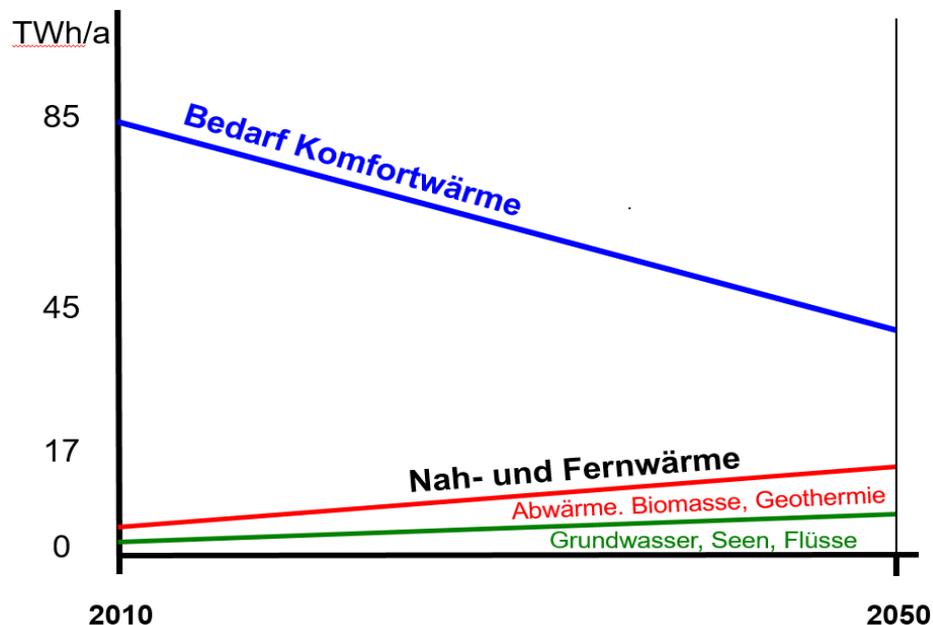
Heizung ~67 TWh

Anteil Öl und Gas 60%

Anteil Wärmepumpen 18%

Anteil Fernwärme ~10%

Neue Gebäude noch ~25% fossil



Weissbuch Fernwärme (Verband Fernwärme CH 2019)

Erwartete Entwicklung

Reduktion des Bedarfs durch Gebäudesanierungen, Klima und bessere Effizienz

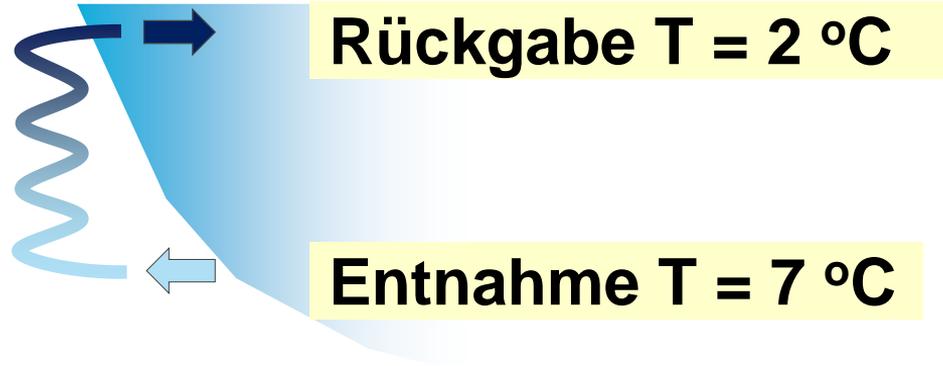
Ausbau urbane Fernwärme, wo hohe Wärmebezugsdichte (40%)

Rest: dezentrale Heizungen (möglichst erneuerbare Quellen)

Nutzwärme = Wasserwärme + elektr. Energie

$$\Delta T = 5 \text{ °C}$$

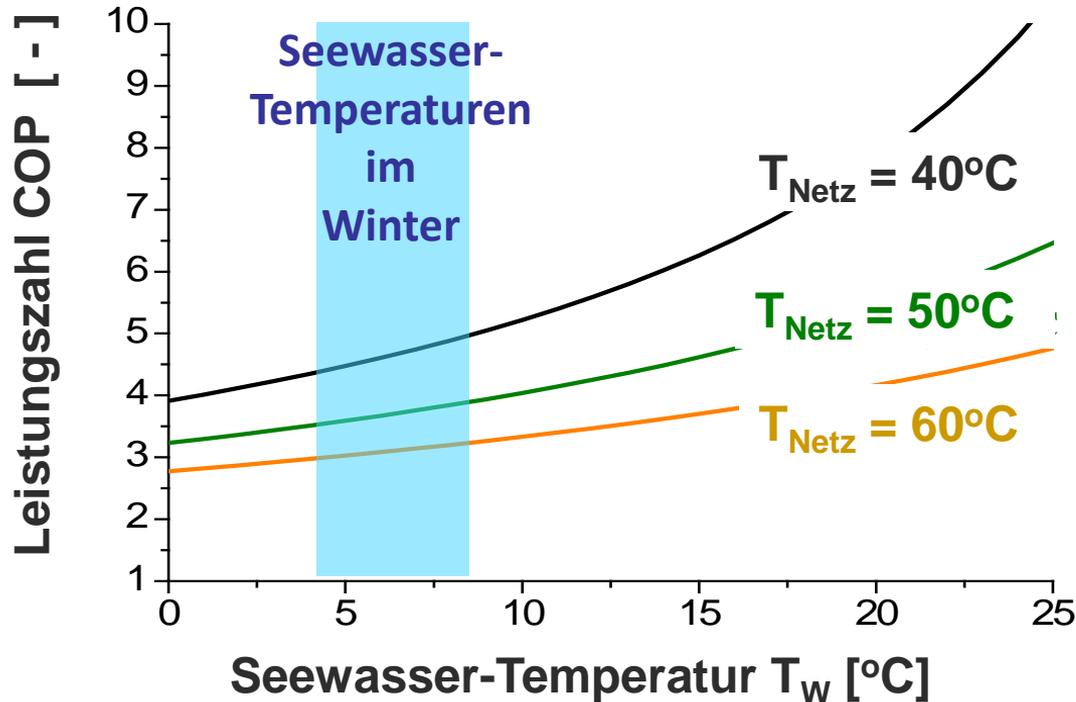
$$Q = 100 \text{ L/s}$$



Wasserwärme = 2 MW
plus Stromenergie für WP

- Nutzwärme = 2.7 MW
- gut für ~2000 Personen

Leistungszahl (COP) = Nutzwärme / Elektr. Energie



Drei Grenzen

$T_{\text{Rückl}} > 0^\circ\text{C}$ ($T_W > 4^\circ\text{C}$)

Effizienz \uparrow wenn $T_W \uparrow$

Effizienz \uparrow wenn $T_N \downarrow$

Grundsatz

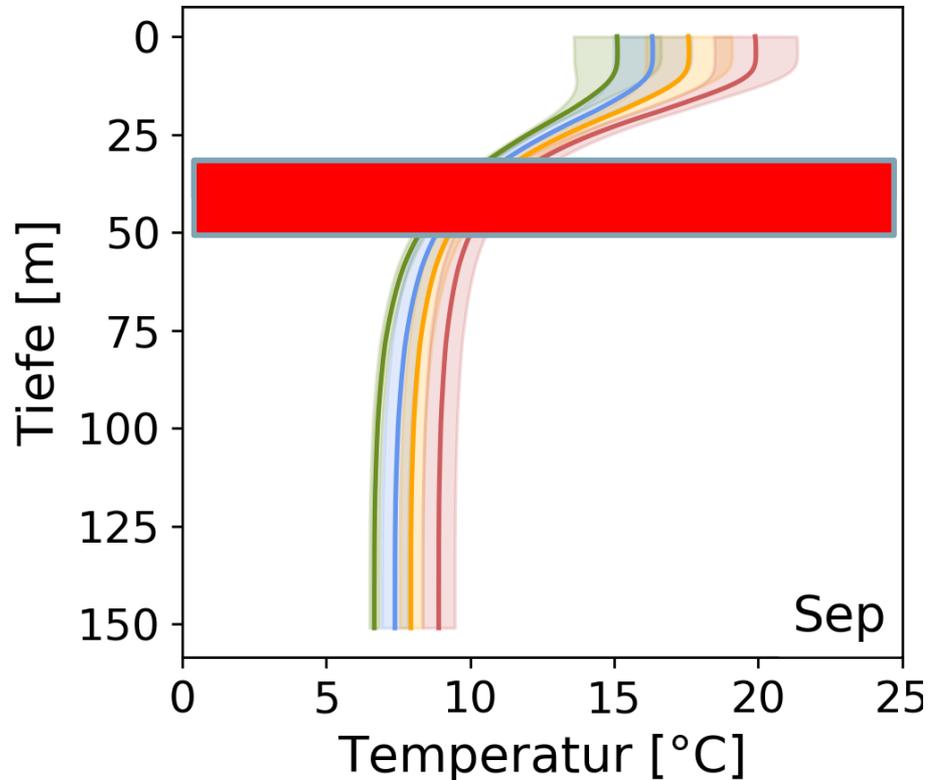
Temperaturverhältnisse naturnah Selbstreinigungsvermögen garantieren typische Lebensgemeinschaften erhalten.

Flüsse

Referenz = unbeeinflusster Zustand. $\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$ und in Gewässerabschnitten der Forellenregion: $\Delta T < 1.5^{\circ}\text{C}$. Max $< 25^{\circ}\text{C}$.

Seen

natürliche Temperaturverhältnisse, die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für die Organismen



Wärmenutzung

Kühlt und verbreitert
Oberflächenschicht

Kältenutzung

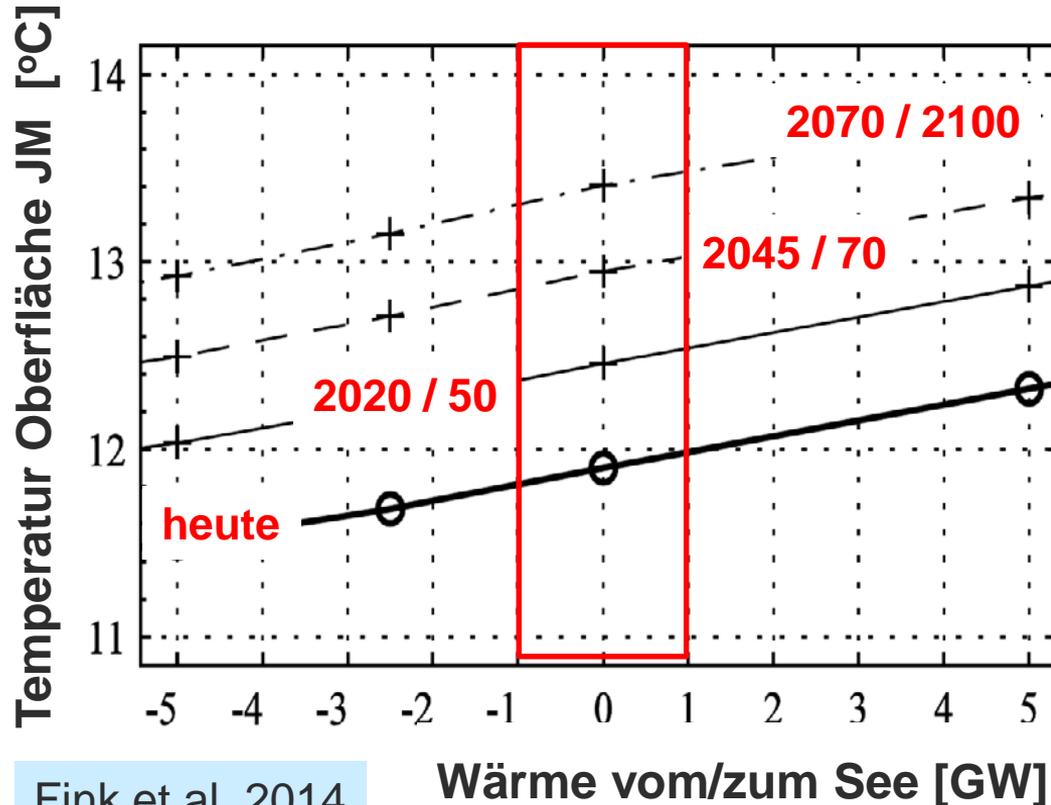
Verbreitert Sprungschicht

Wasserrückgabe

- Sommer: Sprungschicht
- Winter: Oberfläche OK
- nicht in Buchten



Wärmeentnahme	2.8 + 3.2 GWh/J
Seevolumen	20 Mio m³
Durchfluss	180 Mio m³/J
Abkühlung	0.03 – 0.26 °C

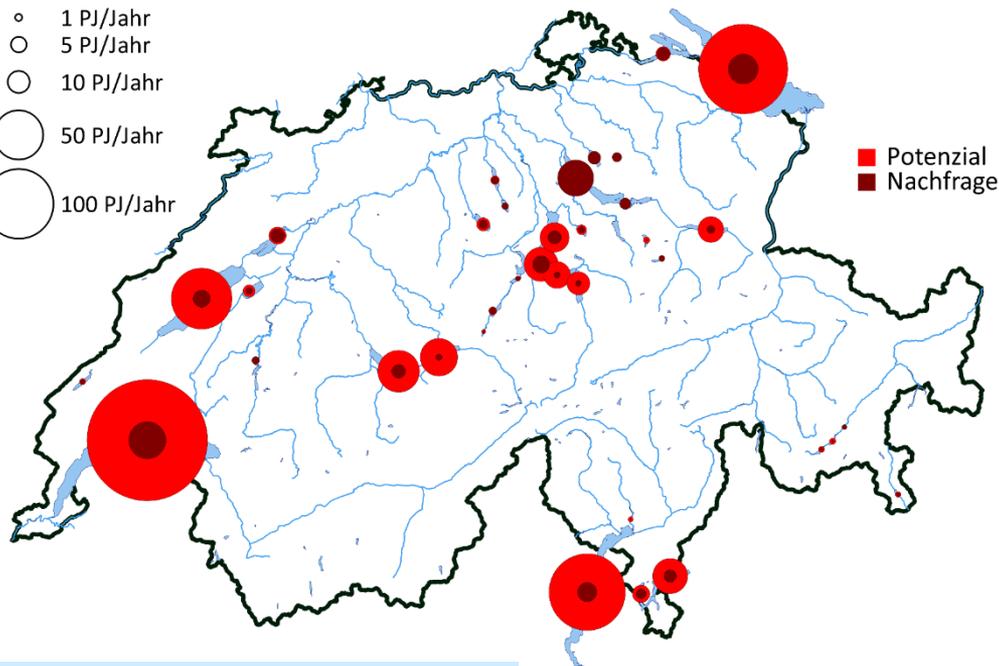
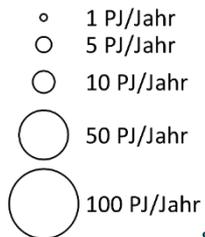


Fink et al. 2014

Kriterien für Grenzen

- ΔT
- Dichteschichtung
(Dauer und Stärke)
- Tiefenmischung im Winter
- Schutzzonen

Wärme



Gaudard et al. 2018/19

Kleinseen

Potenzial rasch
ausgeschöpft

Grosse Seen

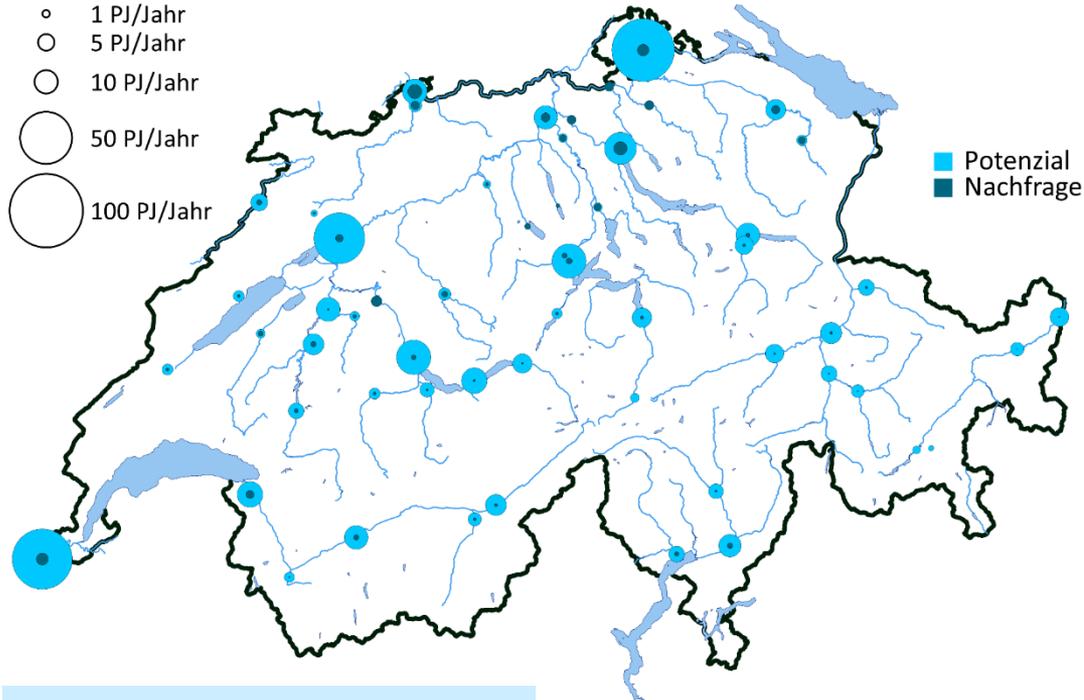
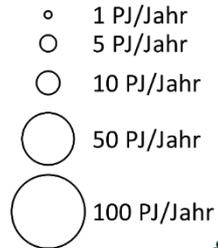
Unproblematisch –
Gesamt-Bevölkerung
ist klein

Zürich- und Bielersee

Kritisch nur bei
extremer Nutzung

Potenzial Kältenutzung von Flüssen

Kälte



Kleine Flüsse

Potenzial ungeeignet

Grosse Flüsse

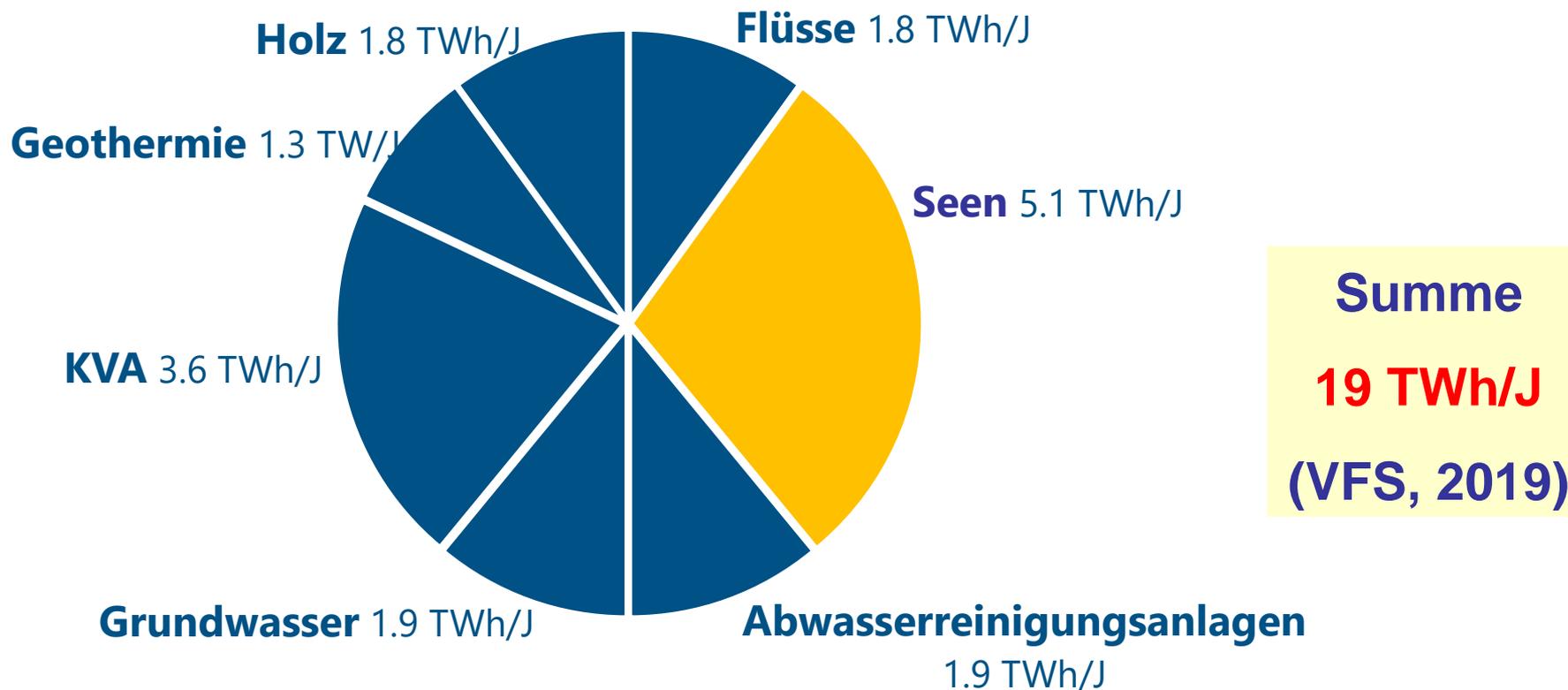
Unproblematisch

Ausnahme Basel

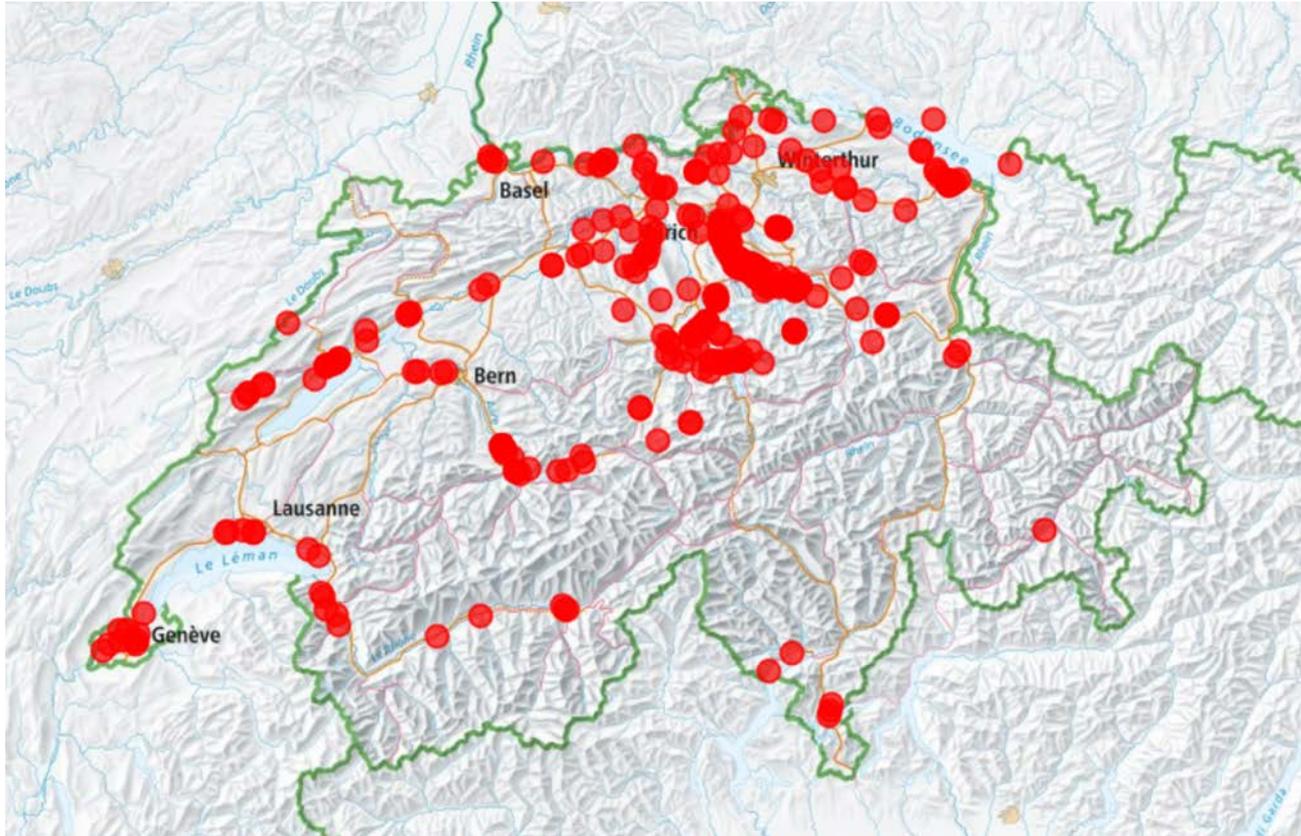
Im Sommer hohe Temperaturen:

- Wasser = Seeausflüsse
- Kühlung von 3 KKW

Erneuerbare Wärmequellen für Fernwärme



Aktuelle Wärmenutzungen (siehe Webpage)



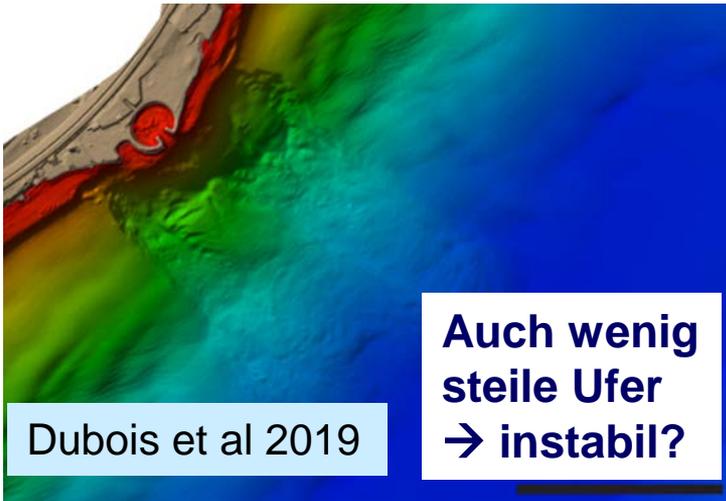
**Karte bestehender
Anlagen in CH**

<https://thermdis.eawag.ch/de/map-installations>

Grenzen und Hindernisse (alles in allem)



Wasserversorgung Bodensee



**Auch wenig
steile Ufer
→ instabil?**

Dubois et al 2019

Grenzen

ΔT : Seevolumen und Abfluss
COP und sehr kalte Perioden
Entnahme- und Rückgabebetiefen (Eis)
Schutzzonen, andere Nutzungen

Hindernisse

T-Schwankungen (Herbststürme)
Bewuchs/Muscheln/Trübung (Filter, RS)
Sedimentstabilität und trübe Zuflüsse
Untiefe Becken

Optimierung

Nutzung von Seeausflüssen (Kühlung)
Minimalgrösse von (Kombi)Anlagen
Bautechnische Abklärungen (GW)

- Das Wärme-**Potenzial** von mittleren und grossen Seen und Flüssen >> **als Bedarf**
- **Kleine** Flüsse und **flache** Seen sind **ungeeignet**
- Wärmeentzug wirkt **gegen Klima**-Erwärmung
- **Seeabflüsse** eignen sich besonders für Kühlung
- **Verbunde** reduzieren Leitungen / Eingriffe
- Diverse Faktoren von **Fall-zu-Fall** relevant
- Existierende Projekte liefern **Erfahrung** und Hilfestellung

Informationen Wärmenutzung – 1

- **Energiestatistik Bundesamt für Energie**

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/energie.assetdetail.9306221.html>

- **Weissbuch Fernwärme Schweiz – VFS Strategie**

<https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Dienstleistungen/Weissbuch.php>

- **Literatur, Berichte und Gutachten zu Wärmenutzung Gewässer**

<https://thermdis.eawag.ch/de/links>

- **Studien zum Potential einzelner Seen**

<https://thermdis.eawag.ch/de/links>

Informationen Wärmenutzung – 2

- Richtlinien Vierwaldstättersee

http://www.4waldstaettersee.ch/pdf/berichte/akv_richtlinie_waerme_kaelte_vws_20180508.pdf

- Richtlinien Bodensee

https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/dokumente/die_igkb/Bodensee-Richtlinien_2005_2015.pdf

- Seemodelle

- Eindimensionale vertikale Profile diverser Seen der Schweiz

<https://simstrat.eawag.ch/>

- Dreidimensional – Genfersee, Bielersee, Greifensee und Zürichsee

<http://meteolakes.ch>

- Dreidimensional – Bodensee

<https://www.lubw.badenwuerttemberg.de/wasser/bodenseeonline/>

Informationen Wärmenutzung – 3

- Aktuelle Seendaten Schweiz

<https://simstrat.eawag.ch/>

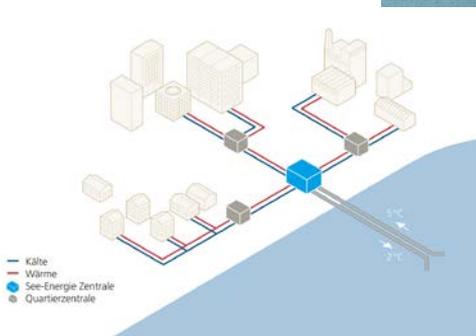
- Modellierung Wärmefahne – Dimensionierung Rückleitung Kühlwasser

http://www.h2o-online.com/igkb_therm/igkb_therm_jet.php

- Karte bestehender Anlagen

<https://thermdis.eawag.ch/de/map-installations>

....es geht gleich weiter



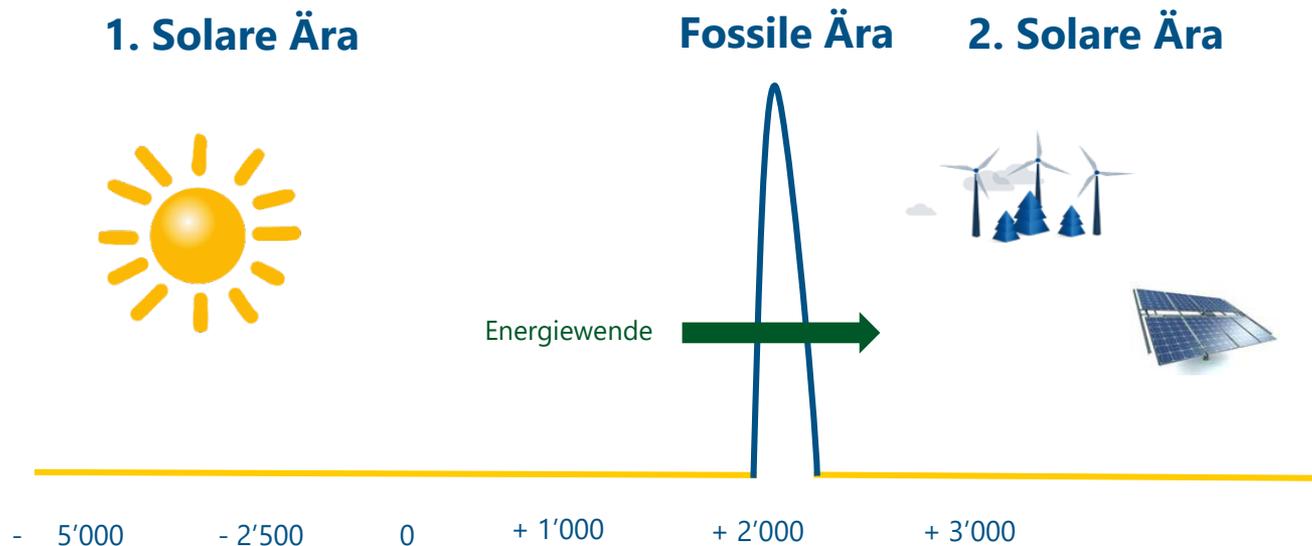
ewl WV Horw-Kriens

Potenzial und Grenzen der Wärmenutzung aus Flüssen und Seen

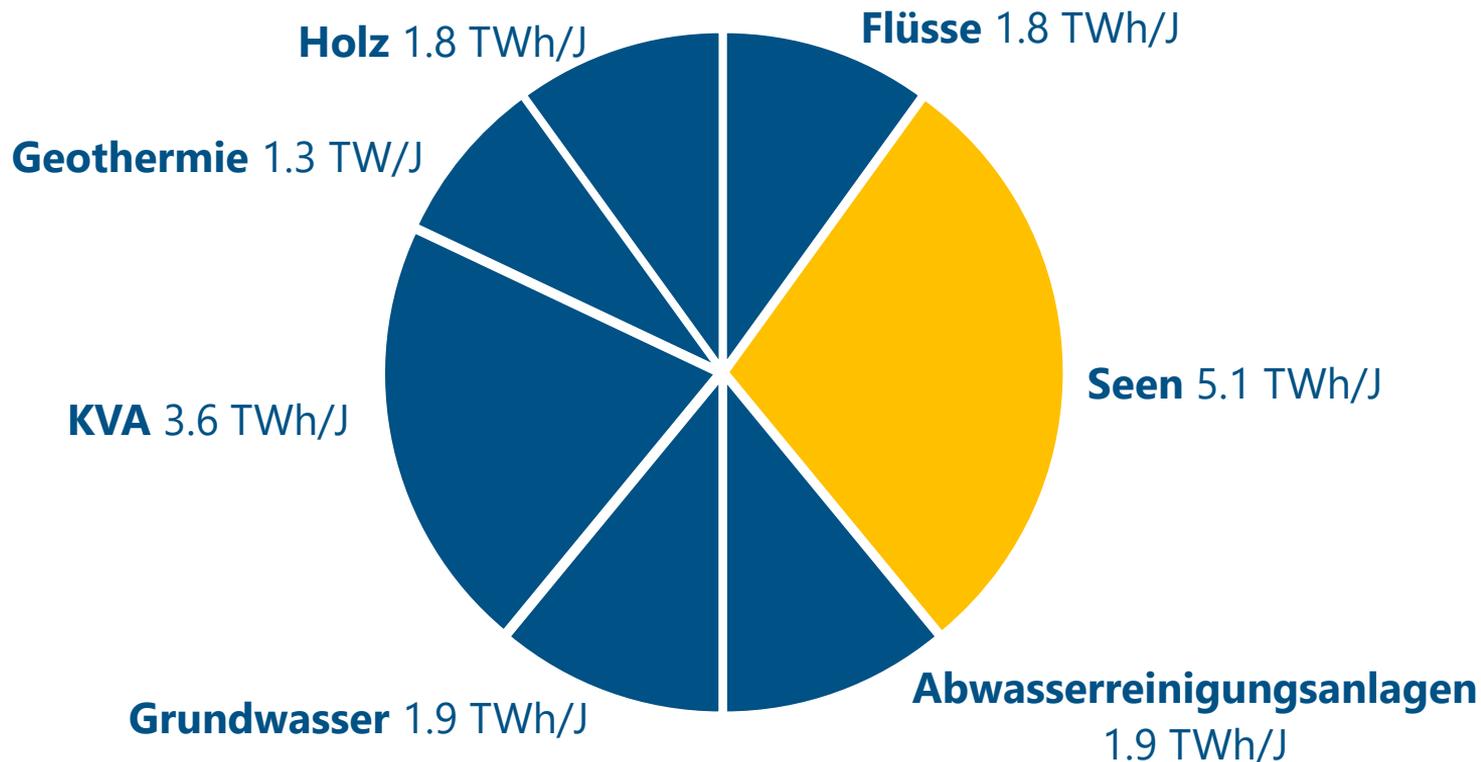
Eawag-Infotag, 3. September 2019
Patrik Rust

Früher oder später?

Weltweiter Verbrauch von Primärenergie



Für Fernwärme nutzbare erneuerbare Wärmequellen



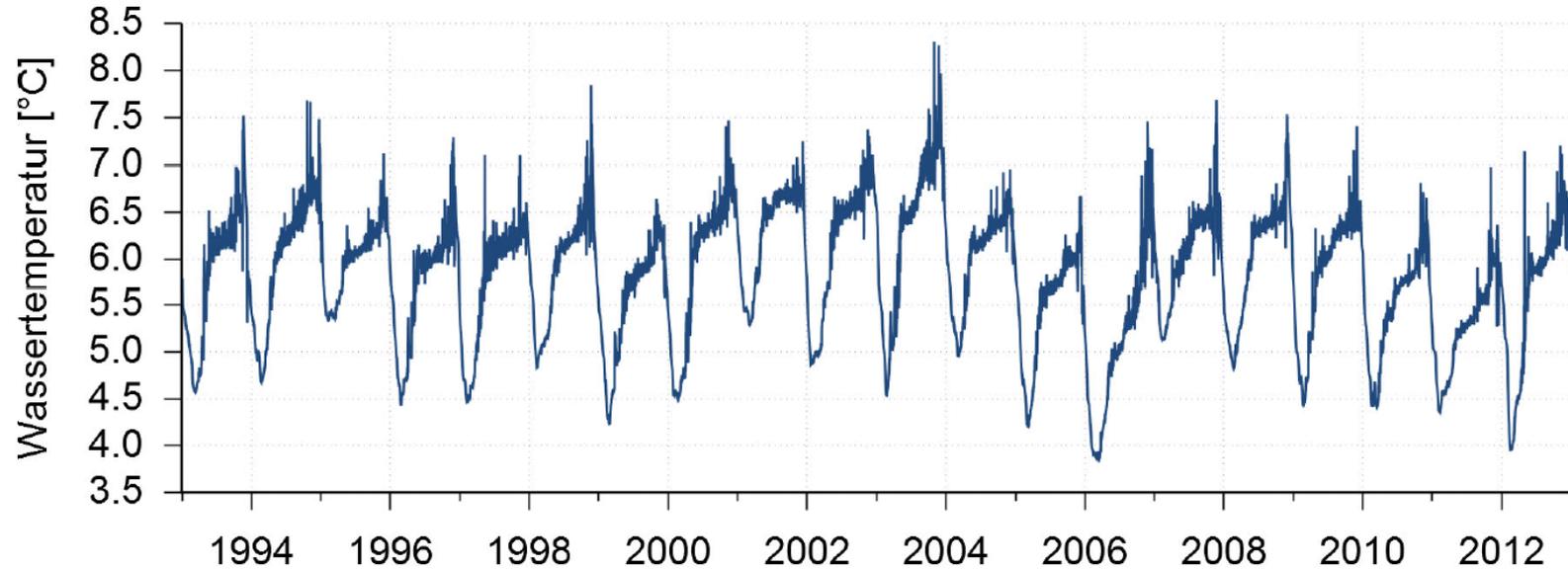
Entwicklung neuer Geschäftsfelder



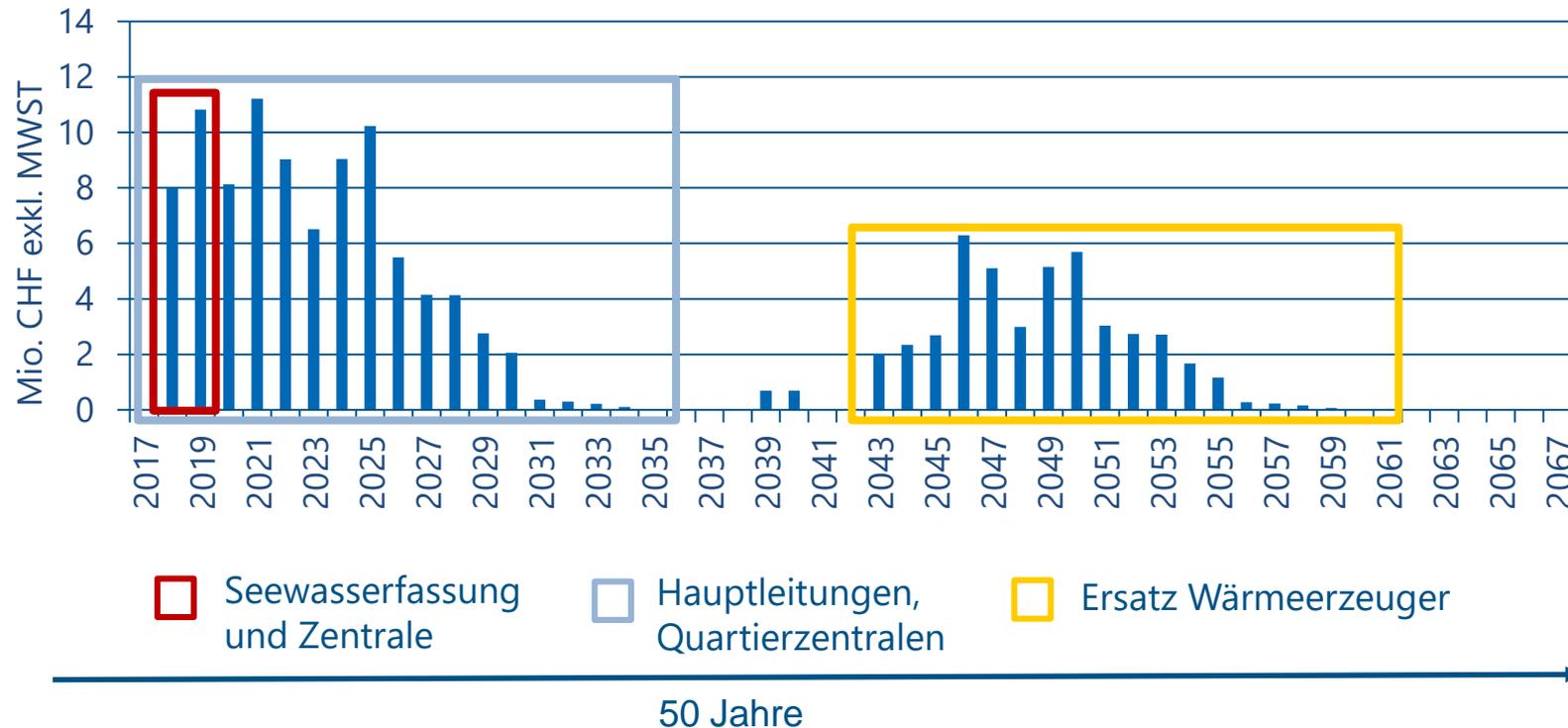
Projektperimeter See-Energie



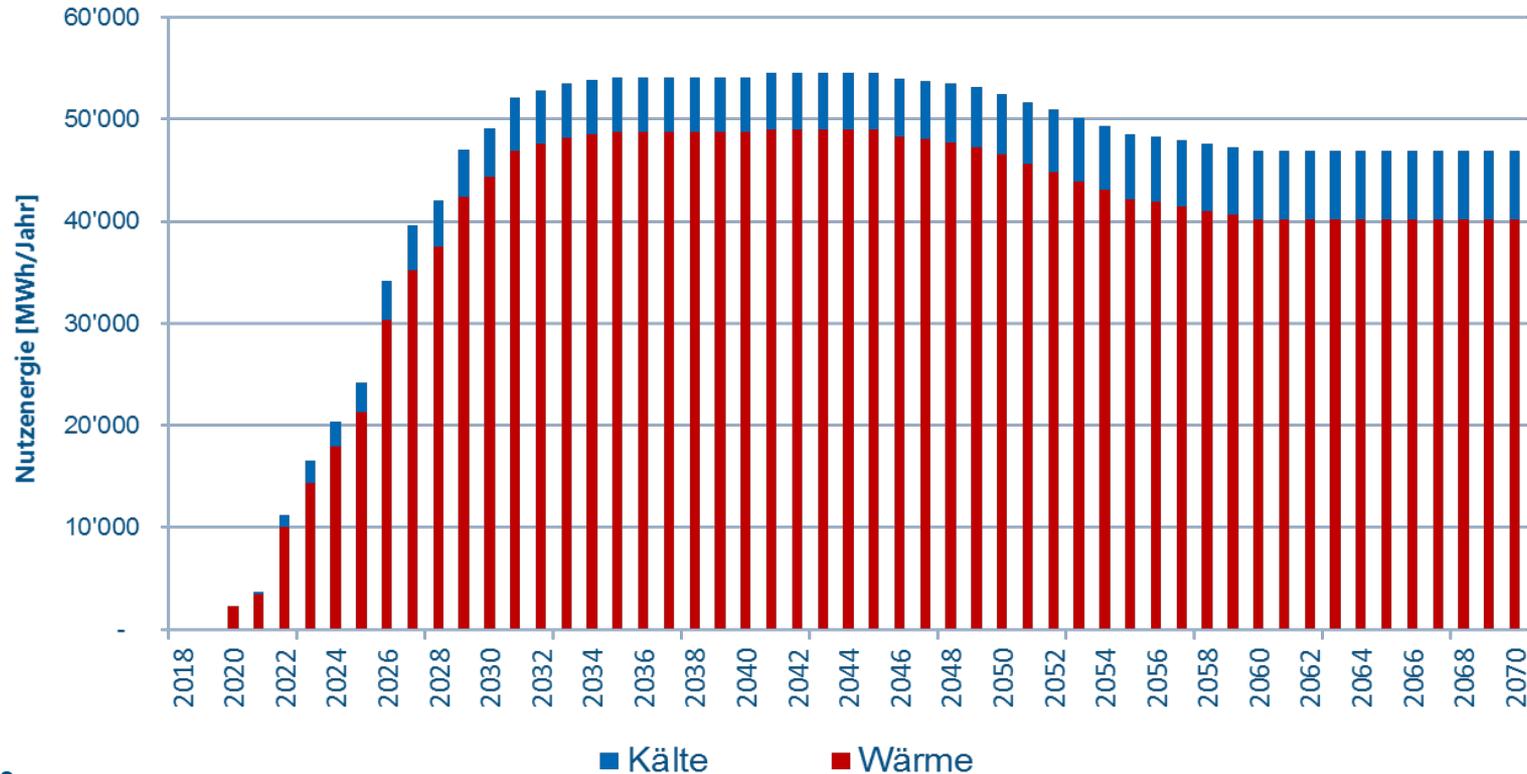
Herausforderung tiefer Seetemperaturen



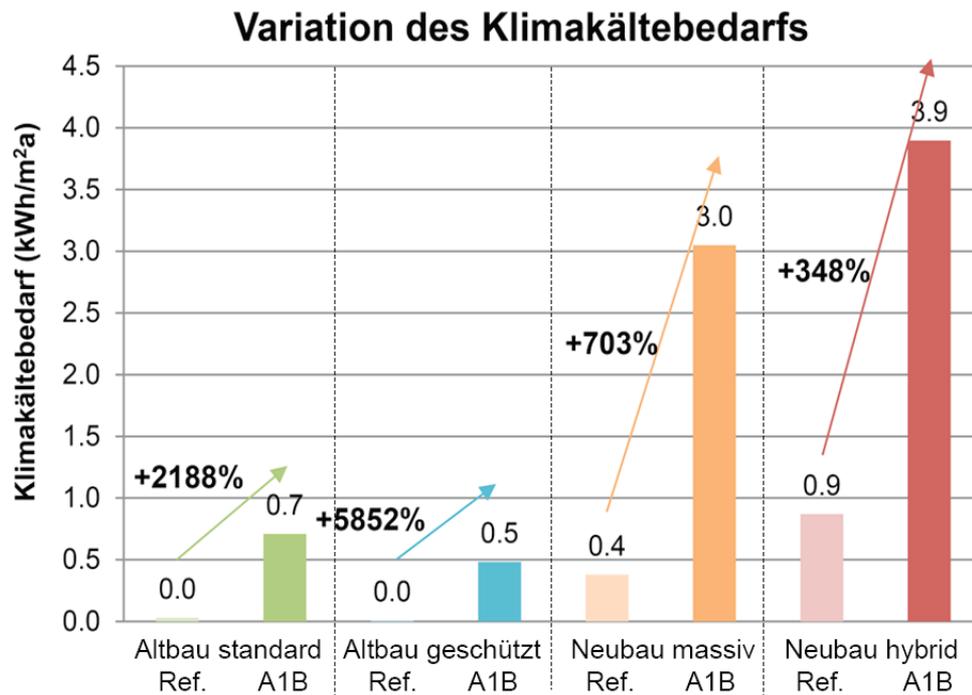
Hoher Kapitalbedarf Investitionsverlauf



Verzögerte Erträge Absatzprognose



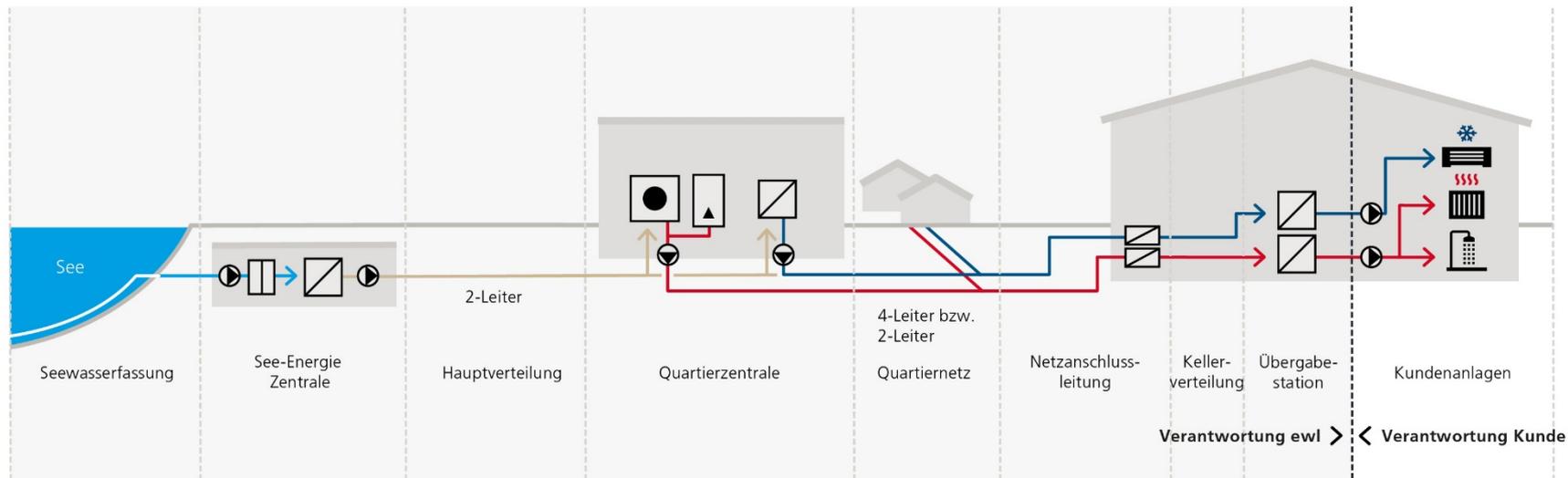
Wird Kühlen wichtiger als Heizen?



Quelle Dr. Benedikt Vogel, HSLU



Gesamtsystem

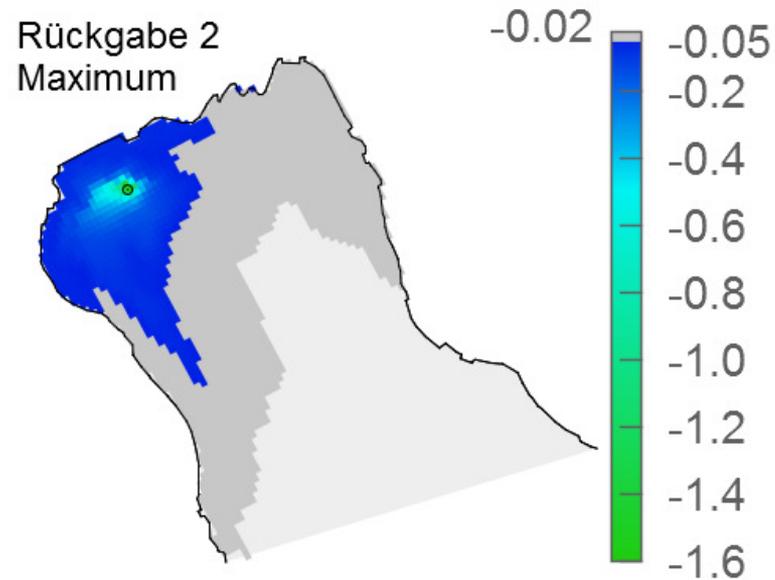


- | | | |
|------------------------------|----------------|------------------------------|
| Seewasserleitung | Pumpe | Spitzenabdeckung / Redundanz |
| Leitungsnetz Hauptverteilung | Filteranlage | Absperrventil |
| Fernwärmeleitung | Systemtrennung | Wärme- und Kälteabgabesystem |
| Fernkälteleitung | Wärmepumpe | BWW-Verbraucher |

See-Energie Zentrale Seefeld mit Besucherraum



Seewasserfassung Einfluss auf den See



Chancen

- Grosse Bautätigkeit im Gebiet Horw/Kriens
- Hohe Anforderung an Arealüberbauungen, 2000 Watt
- Hoher erneuerbarer Anteil, CO₂-neutral
- See steht langfristig zur Verfügung
- Projekt wird von der Politik und Bevölkerung getragen
- Effiziente Kühlmöglichkeit

Risiken und Herausforderungen

- Kundengewinnung, beratungsintensiv
- «Time to Market» muss kurz sein
- Günstiger Preis fossiler Brennstoffe
- Tiefe Temperaturen, komplexe Technik
- Muschelbefall
- Dimensionierung und Skalierung
- Hohe Investitionskosten, kapitalintensiv
- Lange Amortisationsdauer