

Thermische Nutzung – Beispiele und Stellenwert

Alfred Wüest

PEAK Kurs: Heizen und Kühlen mit Seen und Flüssen

Kastanienbaum, 8. November 2017

Wärmeverbrauch Schweiz

RW = 230 PJ / yr

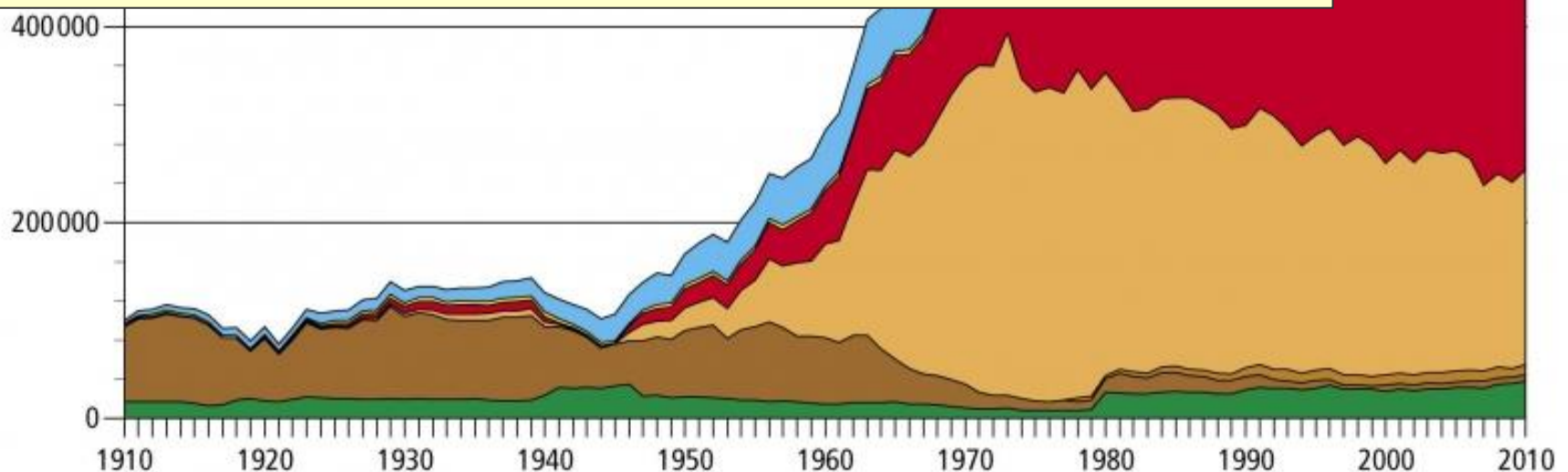
RW + WW in HH = 180 PJ / yr

Wärmeverbrauch in CH = 400 PJ / yr

8 Mio Personen

→ 0.7 bis 1.6 kW / p

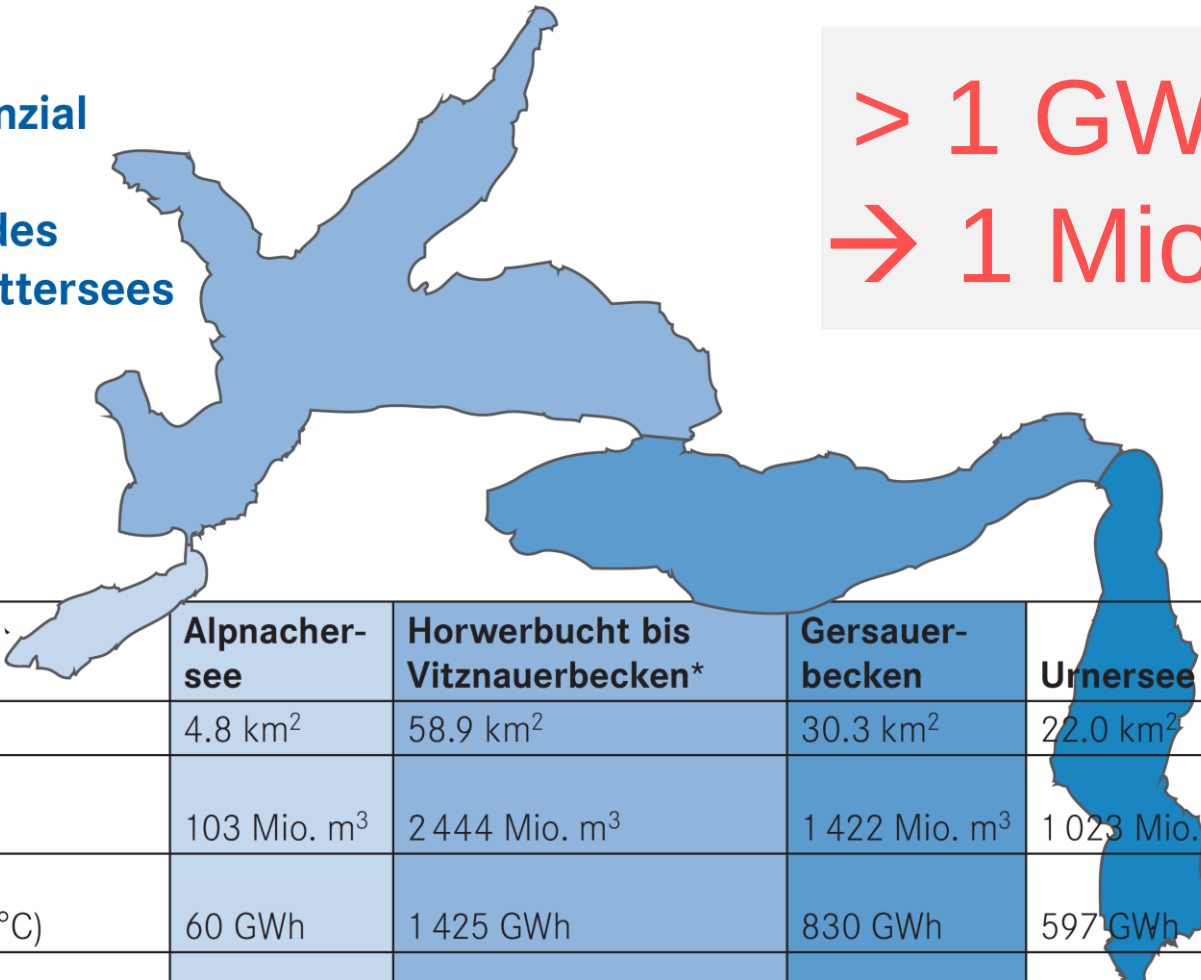
$\Delta T = -2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ gesamter Abfluss Schweiz



Wärmepotenzial 4Wsee (da wir hier sind)

Wärmepotenzial
für die vier
Teilbecken des
Vierwaldstättersees

> 1 GW
→ 1 Mio Pers

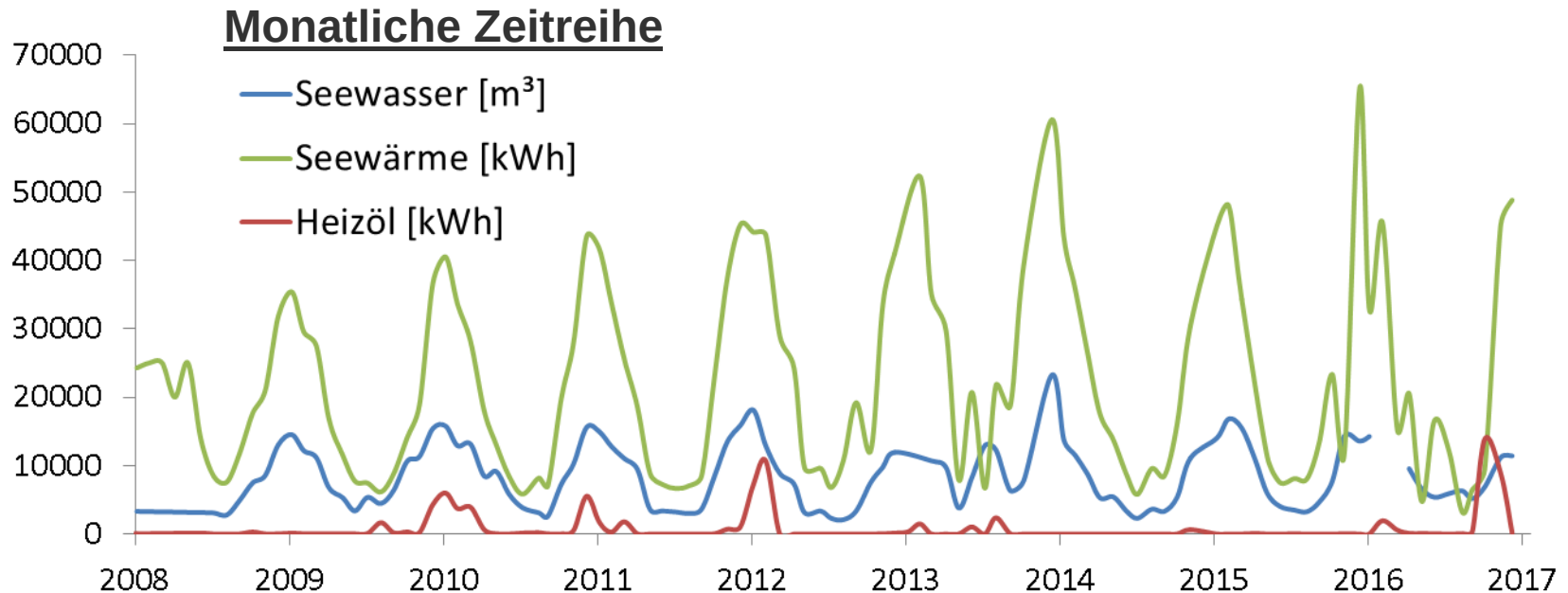


Teilbecken	Alpnacher-see	Hornersee bis Vitznauerbecken*	Gersauerbecken	Urnersee	Total
Oberfläche	4.8 km ²	58.9 km ²	30.3 km ²	22.0 km ²	116 km ²
Teilvolumen (0 bis 50 m)	103 Mio. m ³	2 444 Mio. m ³	1 422 Mio. m ³	1 023 Mio. m ³	4 992 Mio. m ³
Wärmeinhalt (0 bis 50 m, 0.5°C)	60 GWh	1 425 GWh	830 GWh	597 GWh	2 910 GWh
Leistung (0 bis 50 m, 2'200 Std)	27 MW	650 MW	380 MW	270 MW	1 327 MW

Eawag Kastanienbaum

Wärme und Kälte aus dem 4Wsee

- Seit 1997
- Fassung um 42 m Tiefe
- Heizung: 280 MWh/Jahr; Kühlung: 35 MWh/Jahr



Wärmenutzung St. Moritzersee

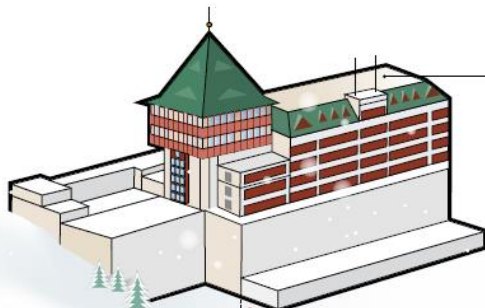


**Badrutt's Palace Hotel und
Schulhaus Grevas in St. Moritz**

Wärmenutzung St. Moritzersee



Geplant und gebaut wurde die Anlage vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ). Störungen können per Computer von Zürich aus behoben werden.



Badrutt's Palace Hotel

Mit dem Entscheid, die alten Ötheizungen aufzugeben und beim Wärmepumpenprojekt mitzumachen, wurde das Nobelhotel mit seinen über 160 Zimmern zum Ökopionier.

So wird das Hotel beheizt (in MNh/Jahr)



Mehrfamilienhäuser

Ans System angeschlossen sind auch zwei Mehrfamilienhäuser.

2 Wärmepumpe

1 Wasserfassung

Schulhaus Grevas

Das Schulhaus wurde 2007 an die Wärmepumpe angeschlossen. 36 Klassenzimmer, eine Doppelturmhalle, eine Aula und weitere Räume werden beheizt.

So wird die Schule beheizt (in MNh/Jahr)

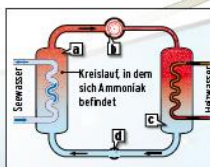


1 Wasserfassung

Von hier aus fliesst das Seewasser direkt zur Wärmepumpe. Die Wasserfassung steht auf dem Seeboden, wo das Wasser im Winter konstant vier Grad warm ist. In Spitzenzeiten fliesen bis zu 4000 Liter pro Minute durch die Leitung. Das entspricht der Wassermenge eines kleinen Bachs.

2 Wärmepumpe

Das unterirdische Bauwerk, in dem die Wärmepumpe steht, hat die Grösse einer 3 1/2-Zimmer-Wohnung. Die Pumpe entzieht dem Wasser Wärme. Im Winter etwa drei Grad, im Sommer mehr. Im Wärmepumpenkreislauf befindet sich das natürliche Kältemittel Ammoniak, das bereits bei tiefen Temperaturen verdampft.



- Verdampfen:** Das flüssige Ammoniak wird durch die Wärme des Seewassers verdampft.
- Verdichten:** Der Dampf wird durch den Kompressor verdichtet. Er erhitzt sich dadurch auf rund 90 Grad Celsius.
- Verflüssigen:** Das Heizwasser entzieht dem Dampf Energie. Er wird wieder flüssig.
- Entspannen:** Der Ursprungsdruck wird wieder hergestellt. Der Kreislauf beginnt erneut.

QUELLE: ENE FWS

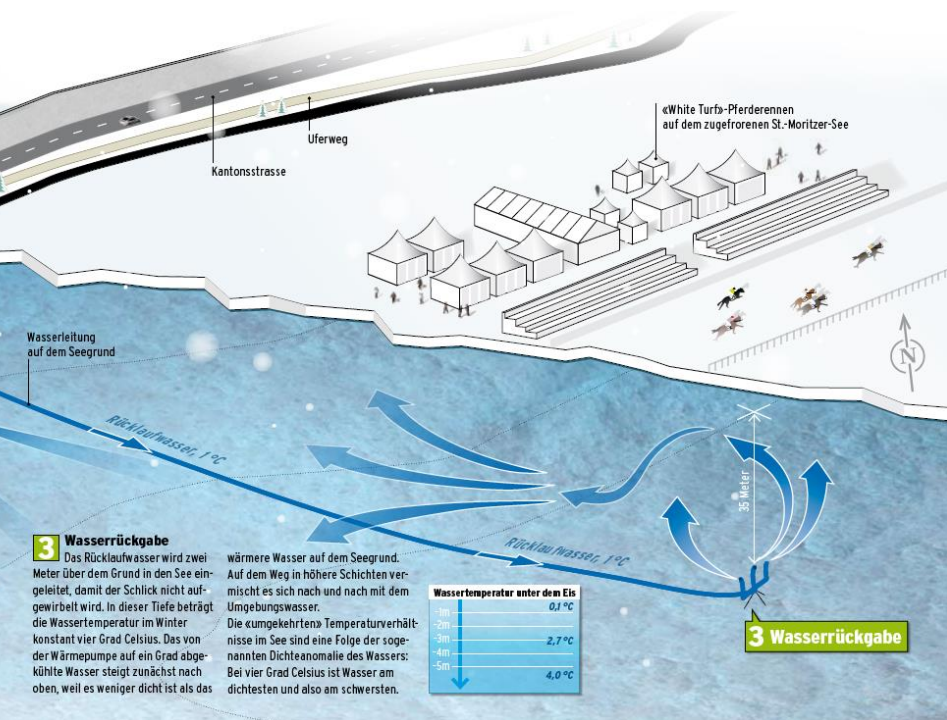
3 Wasserrückgabe

Das Rücklaufwasser wird zwei Meter über dem Grund in den See eingeleitet, damit der Schlick nicht aufgewirbelt wird. In dieser Tiefe beträgt die Wassertemperatur im Winter konstant vier Grad Celsius. Das von der Wärmepumpe auf ein Grad abgekühlte Wasser steigt zunächst nach oben, weil es weniger dicht ist als das

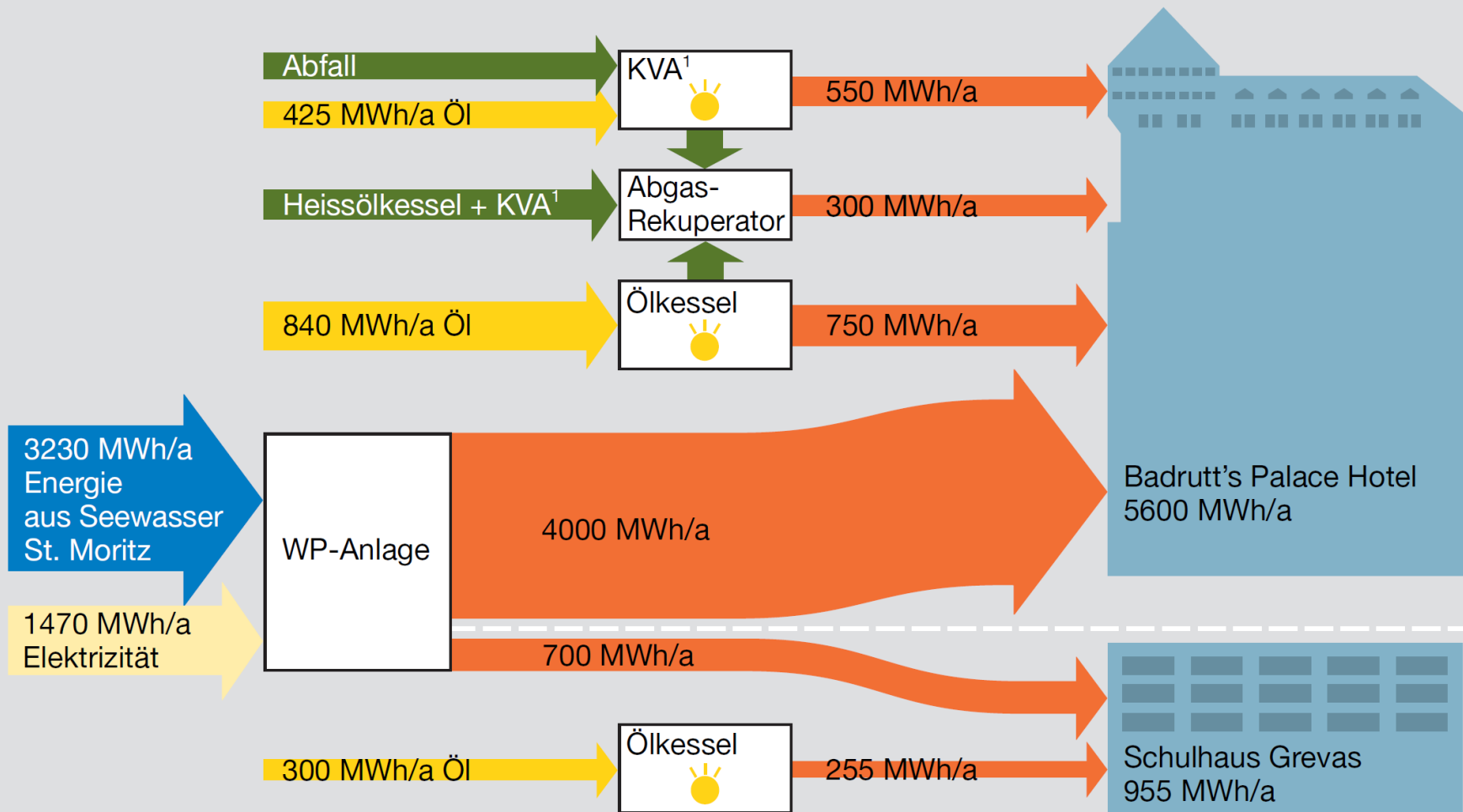
wärmere Wasser auf dem Seegrund. Auf dem Weg in höhere Schichten vermischt es sich nach und nach mit dem Umgebungswasser. Die umgekehrten Temperaturverhältnisse im See sind eine Folge der sogenannten Dichteanomalie des Wassers: Bei vier Grad Celsius ist Wasser am dichtesten und also am schwersten.



3 Wasserrückgabe



Wärmepumpe St-Moritzersee: 1.1 MW



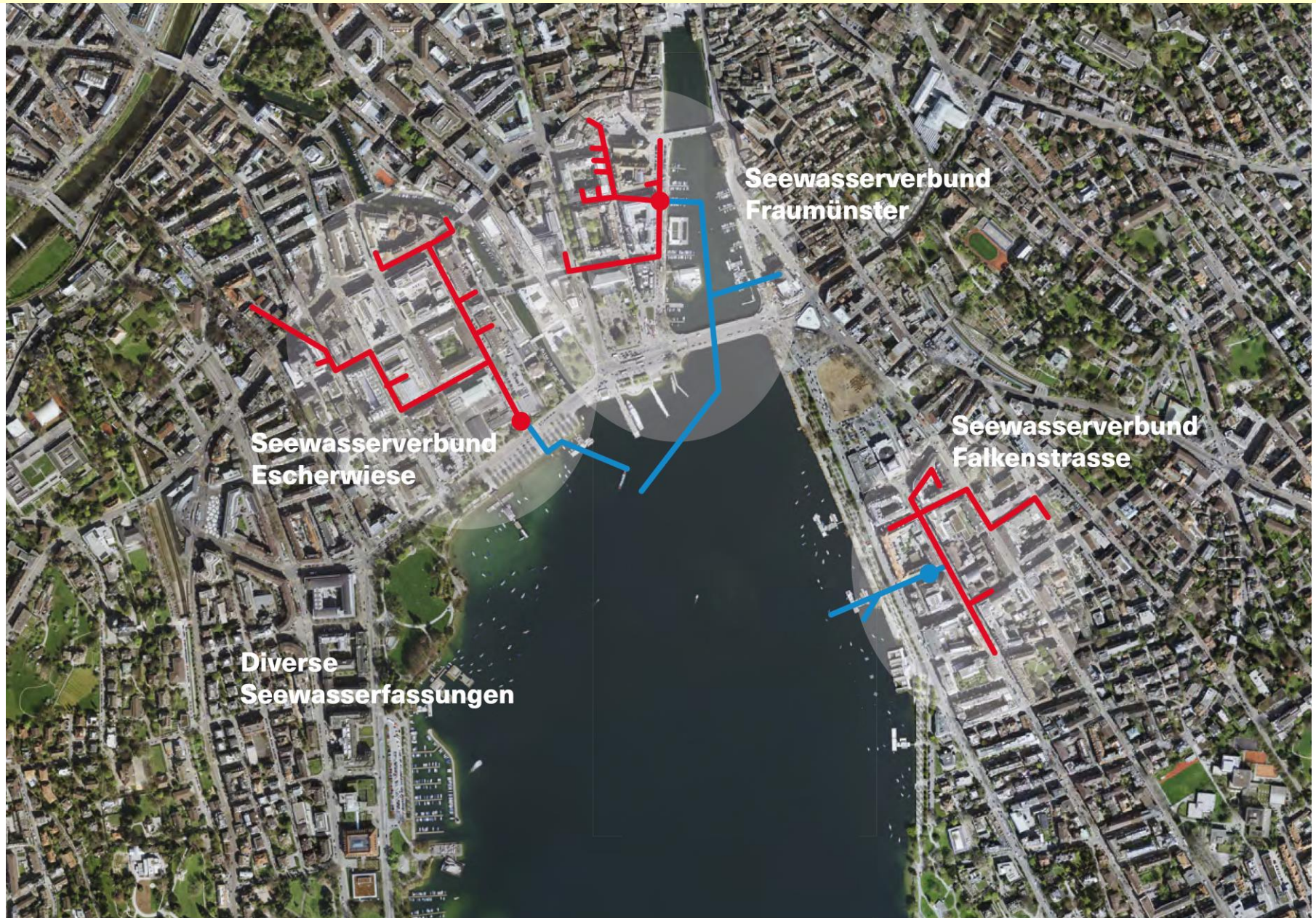
¹ Kehrrichtverbrennungsanlage

EWZ (2010)

Eisdecke bleibt erhalten



Beispiel Zürich - mehrere Netze vom See

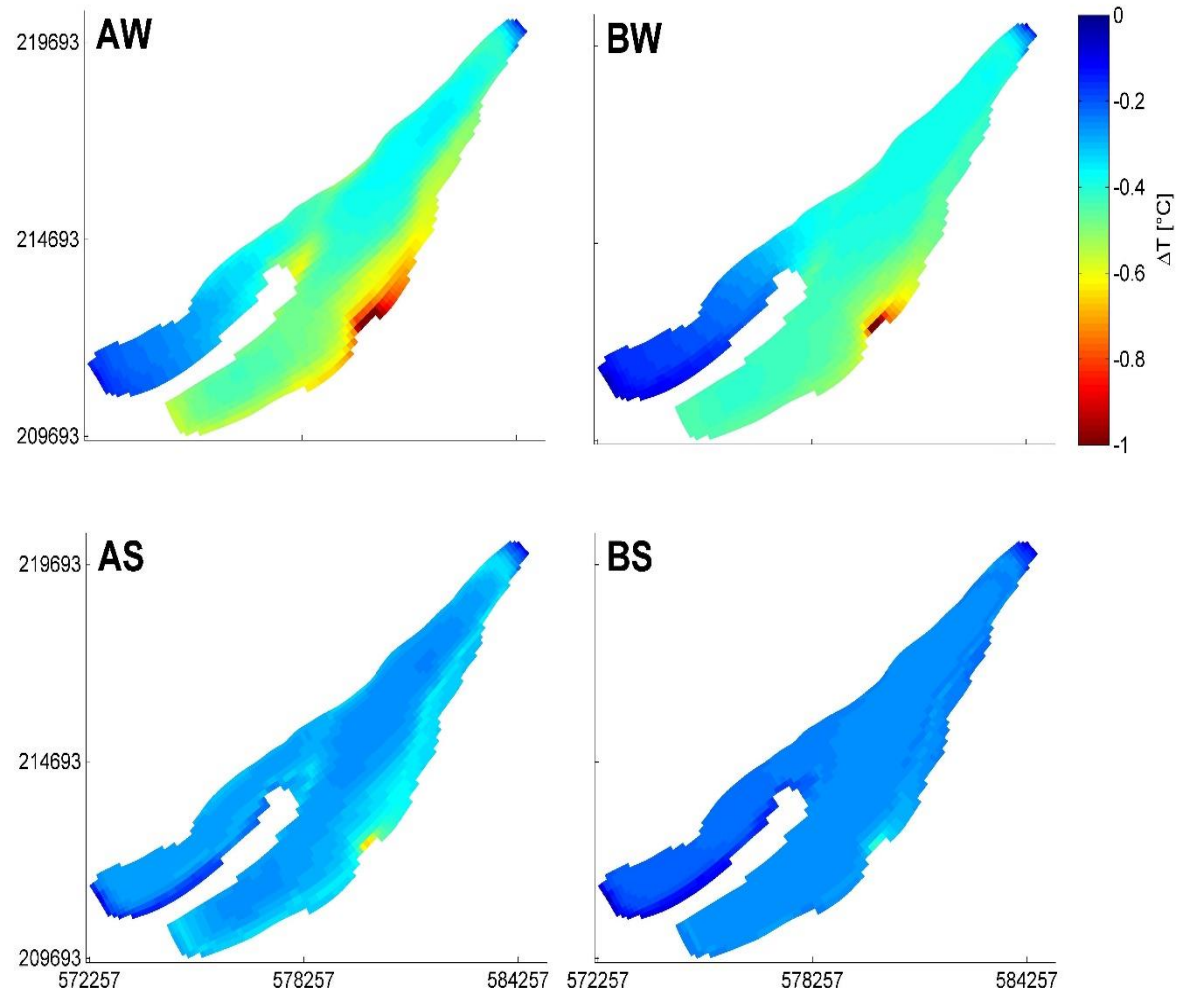


Beispiel KKW Mühleberg

700 MW Kühlwasser in Bielersee

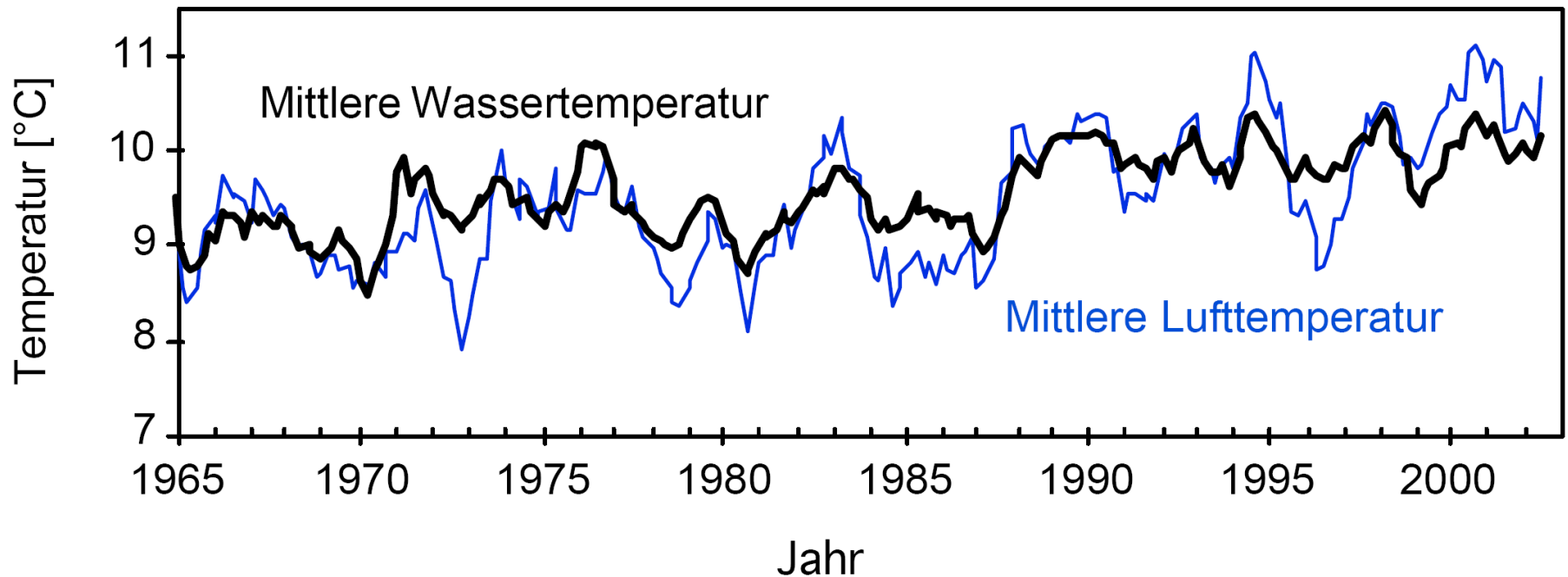


700 MW KKW Kühlwasser 18 W m⁻² in Bielersee



Raman et al 2017

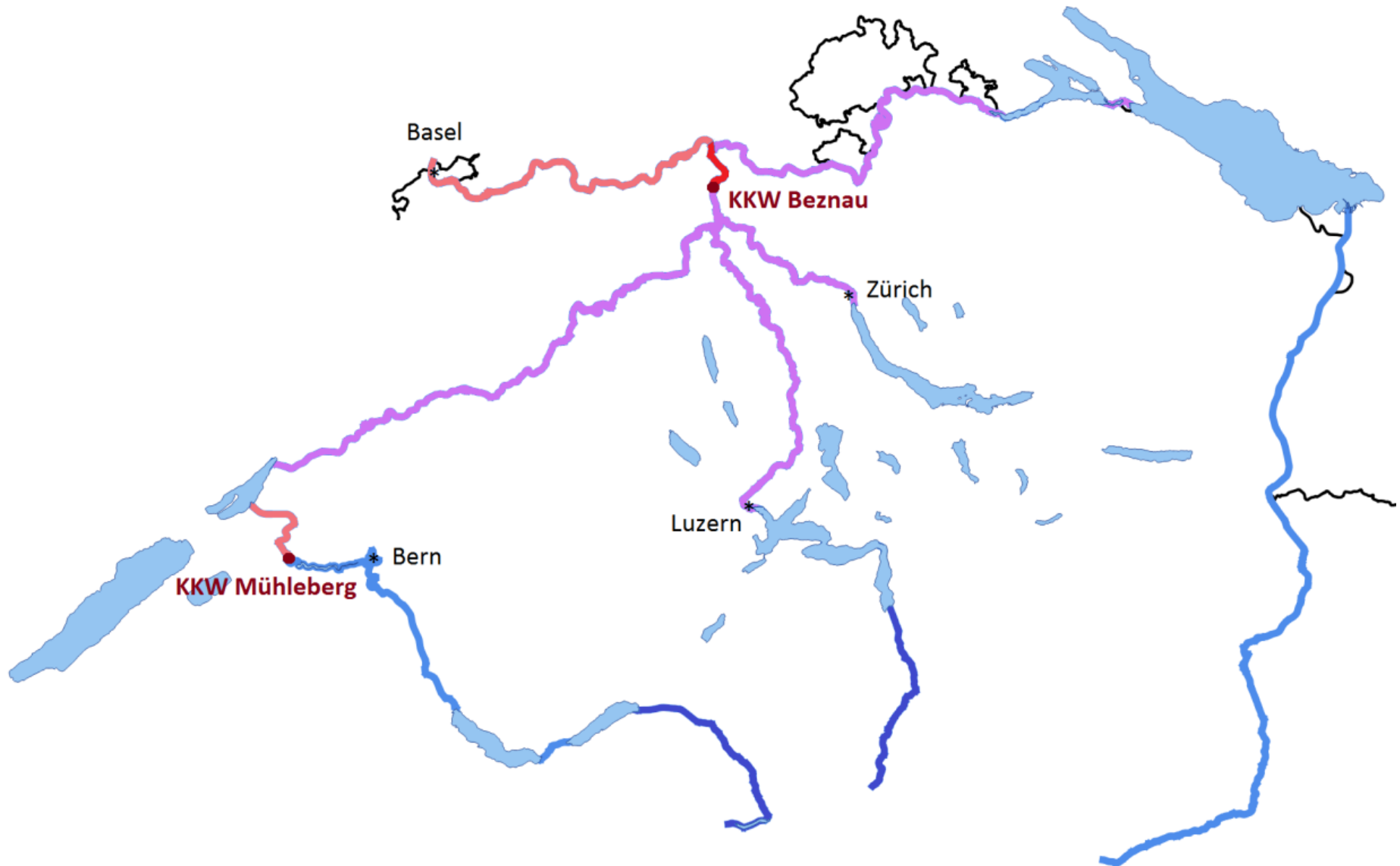
Temperatur-Anstieg CH Flüsse



Mittel: 1.1 °C / 25 yr; Luft: ebenfalls ~0.04 °C / yr

Data: OcCC Schweiz

Engpass Kühlung im Sommer



Engpass Kühlung in Basel – gewichtige Wärmeeinträge

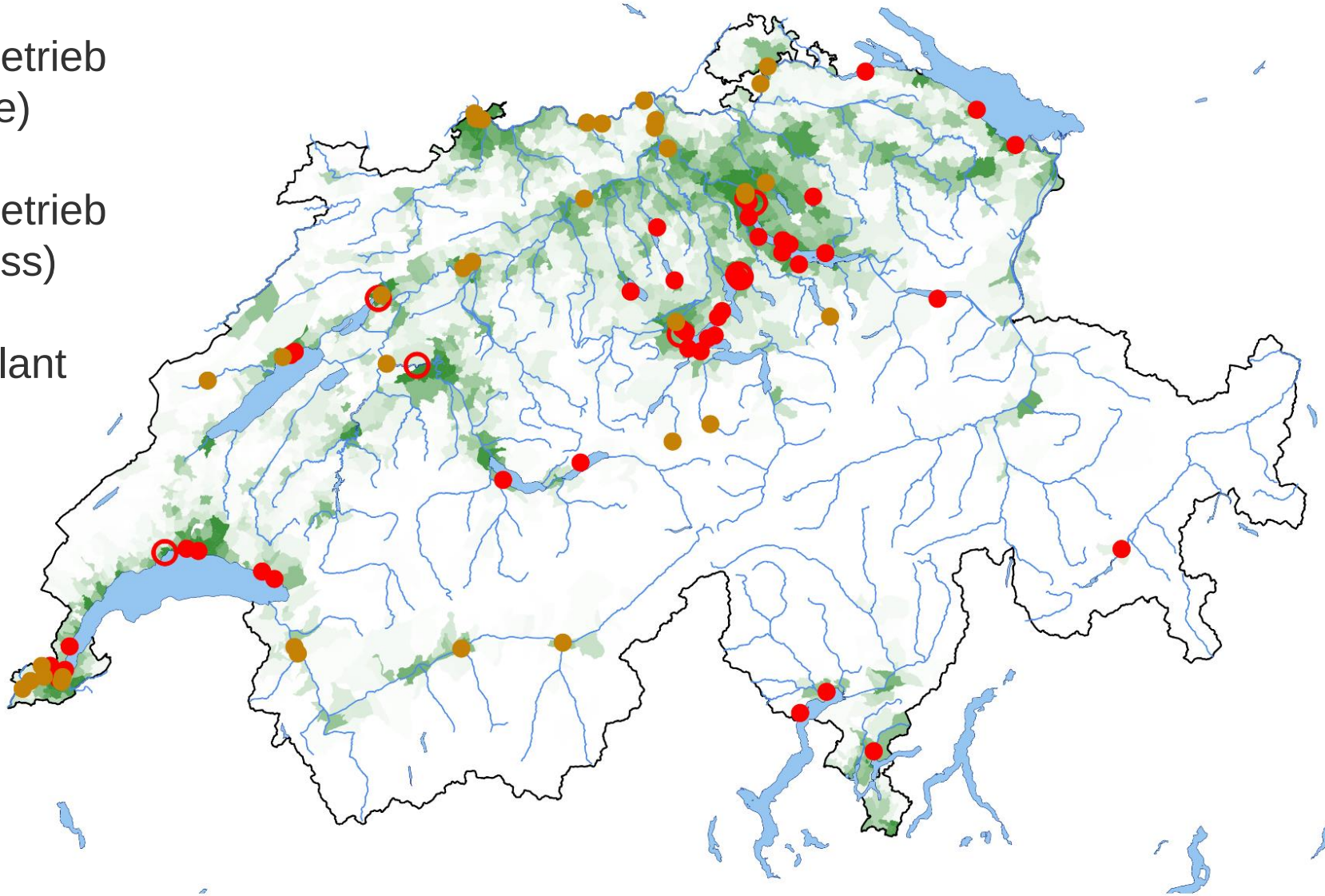
Wärmeeintrag Aare / Rhein (Basel)

KKW Beznau 1/2	8.0 TWh/yr
KKW Mühleberg	6.4 TWh/yr
alle KVAs	~1 TWh/yr
KKW Leibstadt	0.9 TWh/yr
KKW Gösgen	0.4 TWh/yr
Chemie / Stadt Basel	0.7 TWh/yr

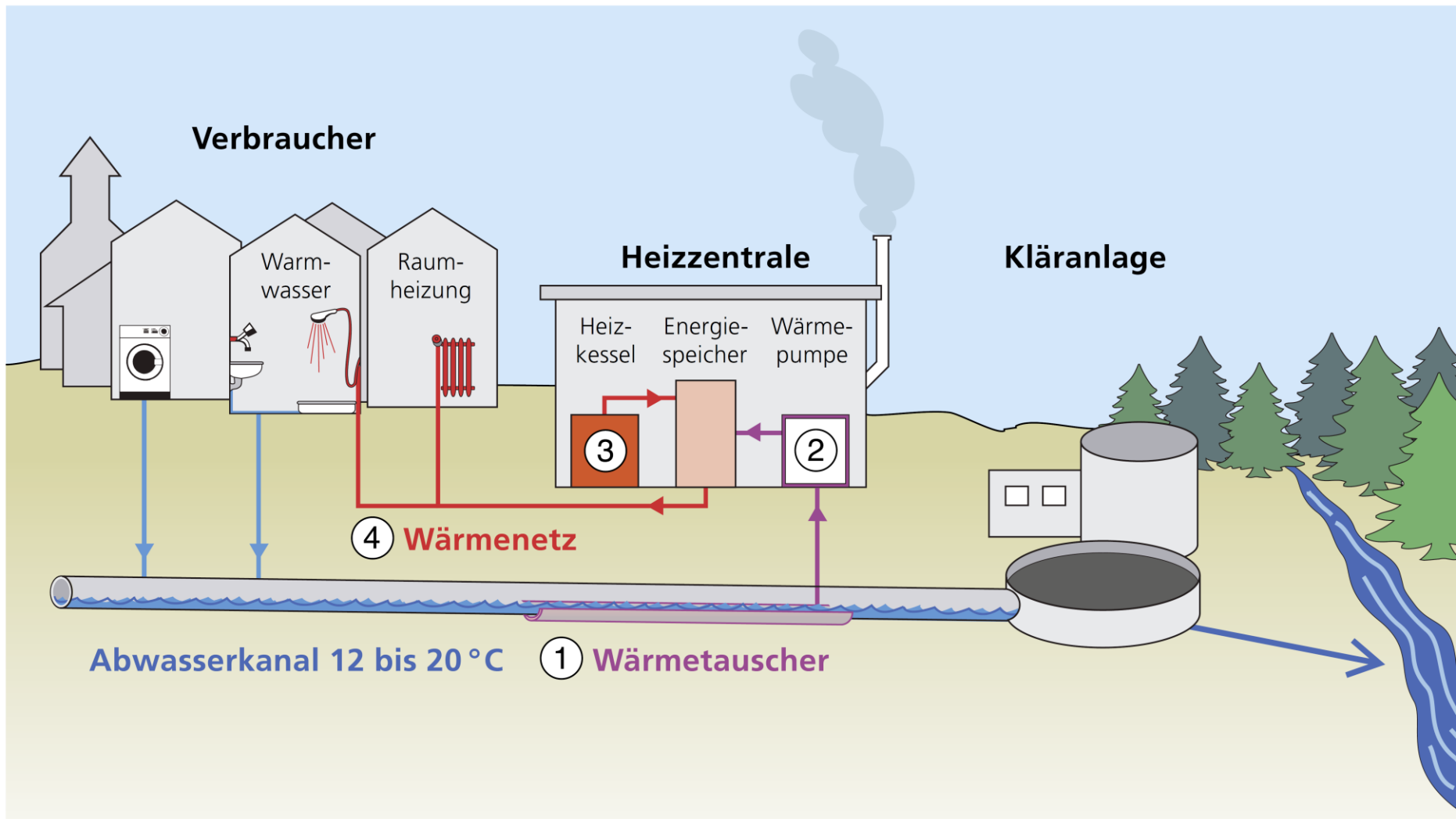


Stand Gewässerswärme-Nutzung Schweiz

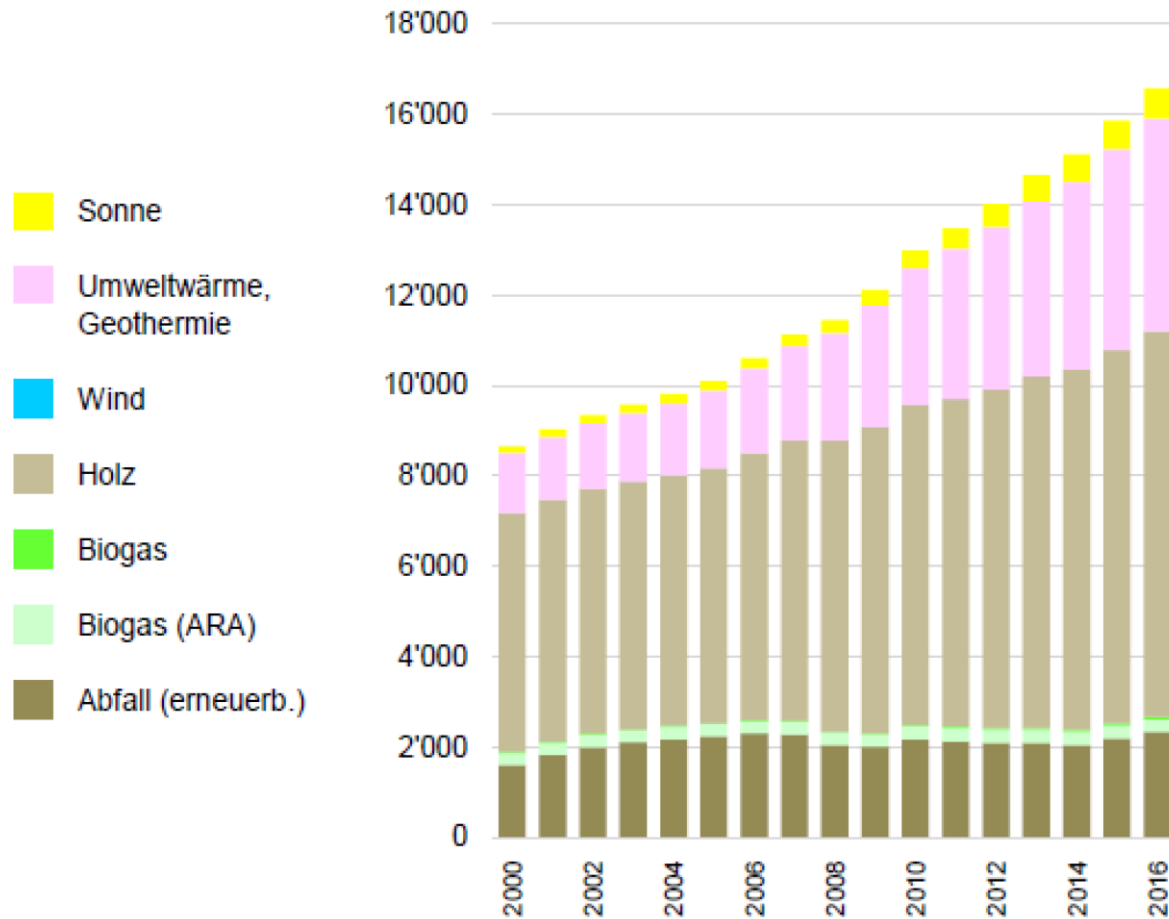
- in Betrieb (See)
- in Betrieb (Fluss)
- geplant



Nutzung Abwasserwärme



Erneuerbare Wärme in CH (16 TWh/yr)



→ Rolle ARAs =
gering

→ Heute: 100 Abw-
Anlagen

→ Potential = 8-14
TWh/yr (~5/10%)

Energiepark Morgental



Leistung 2 x 0.75 MW (2 GWh/yr)

Abwasser (gereinigt)

Temperatur: 8 – 22 °C, $\Delta T = 5$ °C

COP = 3.9

Wärme aus Abwasser - Optionen

- **AUF DER KLÄRANLAGE**
- **AUS DER KANALISATION**
- **HAUSEIGENES SAMMELABWASSER**
- **HAUSEIGENES DUSCHWASSER (Julia)**

Haushaltenergie Recycling

Haushalt Energie

Chemische Energie

Energie in N und P

Wärme

kWh/per/yr

160 (organisch)

55 (Herstellung)

800 (Warmwasser)

joulia.com / Duschewasser

Wärmerückgewinnung

100 - 300 kWh/per/yr



Drammen Fjernvarme

The World's Largest “Natural” District Heat Pump

14 MW

Meerwasser: 8 – 9 °C

→ Netztemp: 65 – 90 °C

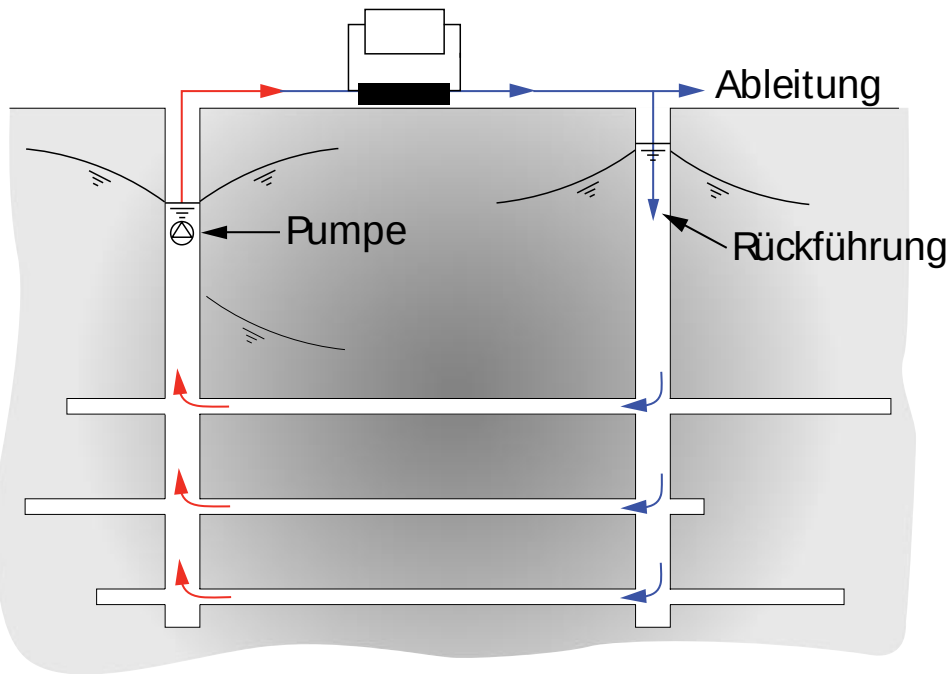
→ COP = 3



**Anschlusspflicht gemäss
Stadtplanung
(Einwohner > 60,000)**

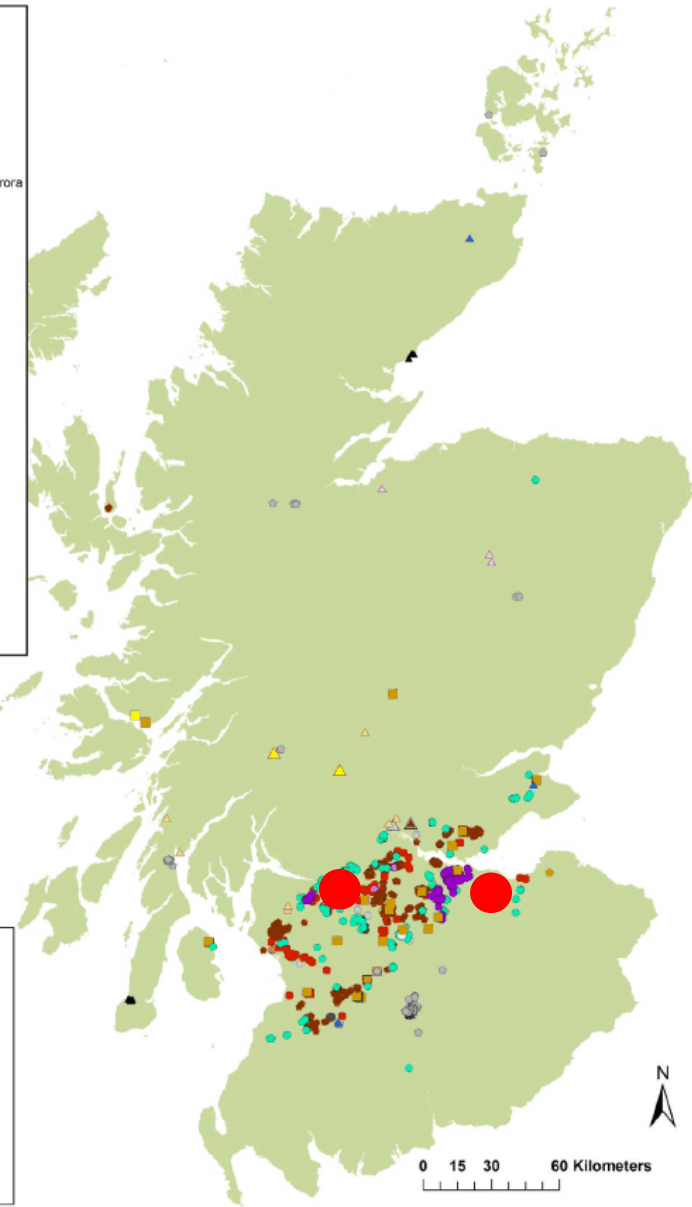
Stillgelegte Minen in Schottland (Central Belt)

Wärme-Extraktion



Underground mining, excluding Coal (except Kintyre and Brora)

- ▲ Silver
- ▲ Gold
- Alum
- Barytes
- Bauxite
- Clay
- ▲ Coal, Kintyre and Brora
- ▲ Cobalt
- ▲ Copper
- Fireclay
- Gypsum
- Graphite
- Hornstone
- Igneous Rock
- Iron Ore
- Ironstone
- Limestone
- ▲ Manganese
- Unknown
- Oil-shale
- Lead
- Sandstone
- Silica Sand
- ▲ Vein Minerals



Katri Vala **heating** and **cooling** plant -

the largest heat pump plant in the world

Wärme und Kälte

80% Reduktion von CO₂
relative zu Schwersoel



- Katri Vala Park (nahe Helsinki City Centre)
- seit 2006
- aus gereinigtem Abwasser und Kühlwasser-Verbund
- Wärmeenergie: **Wärme 90 MW, Kühlung 60 MW**

End