

Heizen und Kühlen mit Wärme aus Seen

Alfred Wüest



Martin Schmid



Adrien Gaudard

Wärmebedarf Gebäude Schweiz

Energie für 2.3 Mio Gebäude (800 km²)

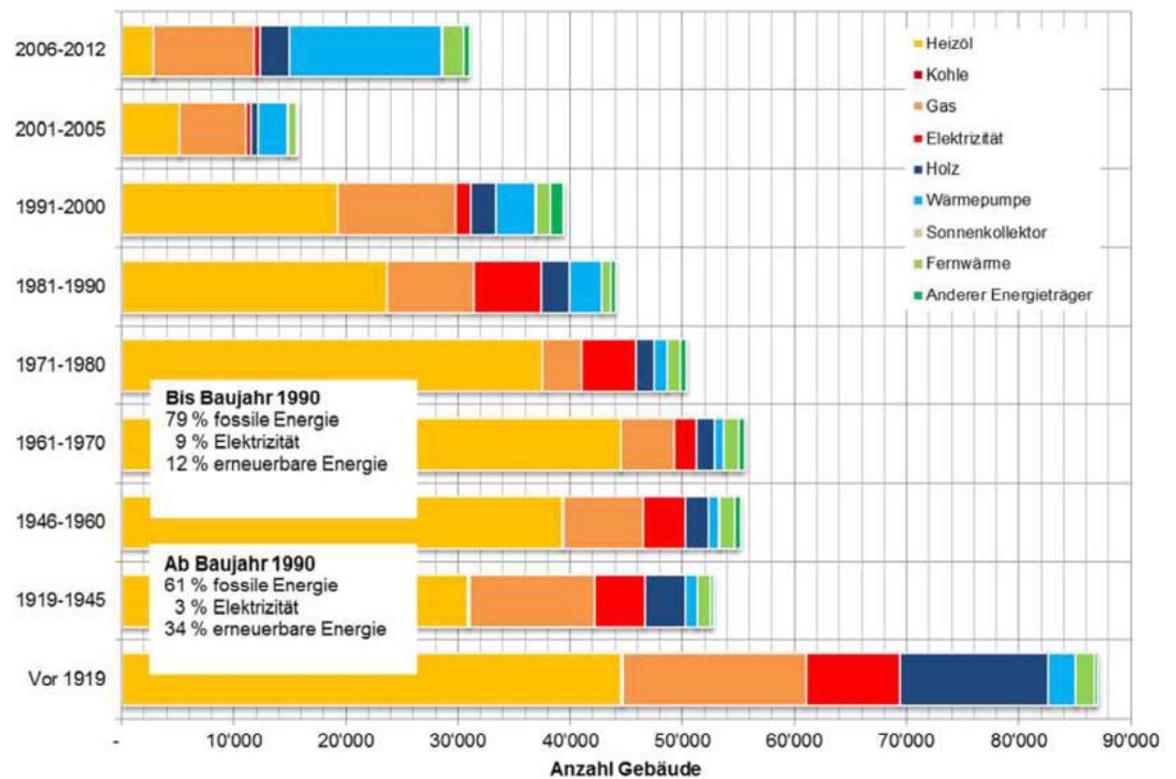
Heizung, Klimatisierung und Warmwasser

→ 8 GW

→ 1 kW/Person

→ $\Delta T = -1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Mehrfamilienhäuser Energie für Heizung

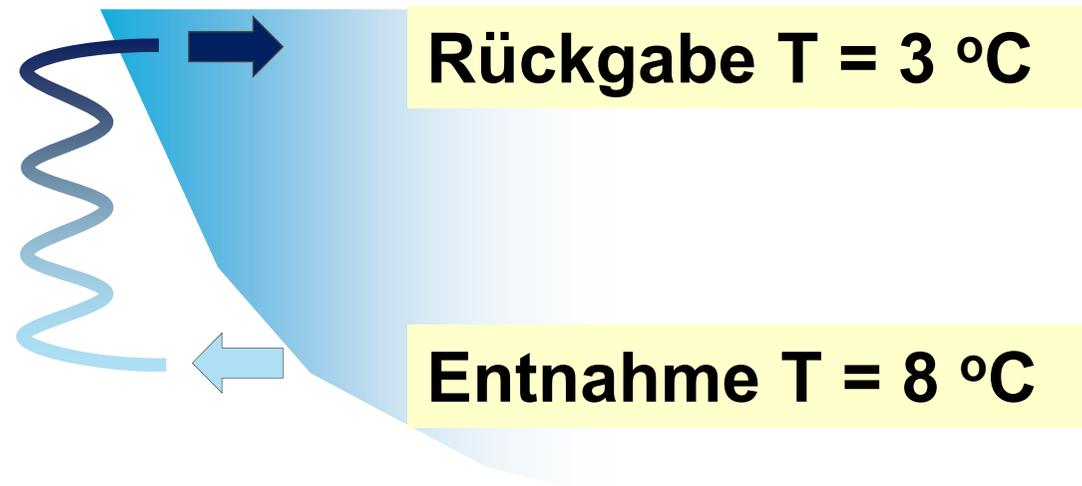


BfS 2012

Wärme aus Seen – Potential

$$\Delta T = 5 \text{ °C}$$

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

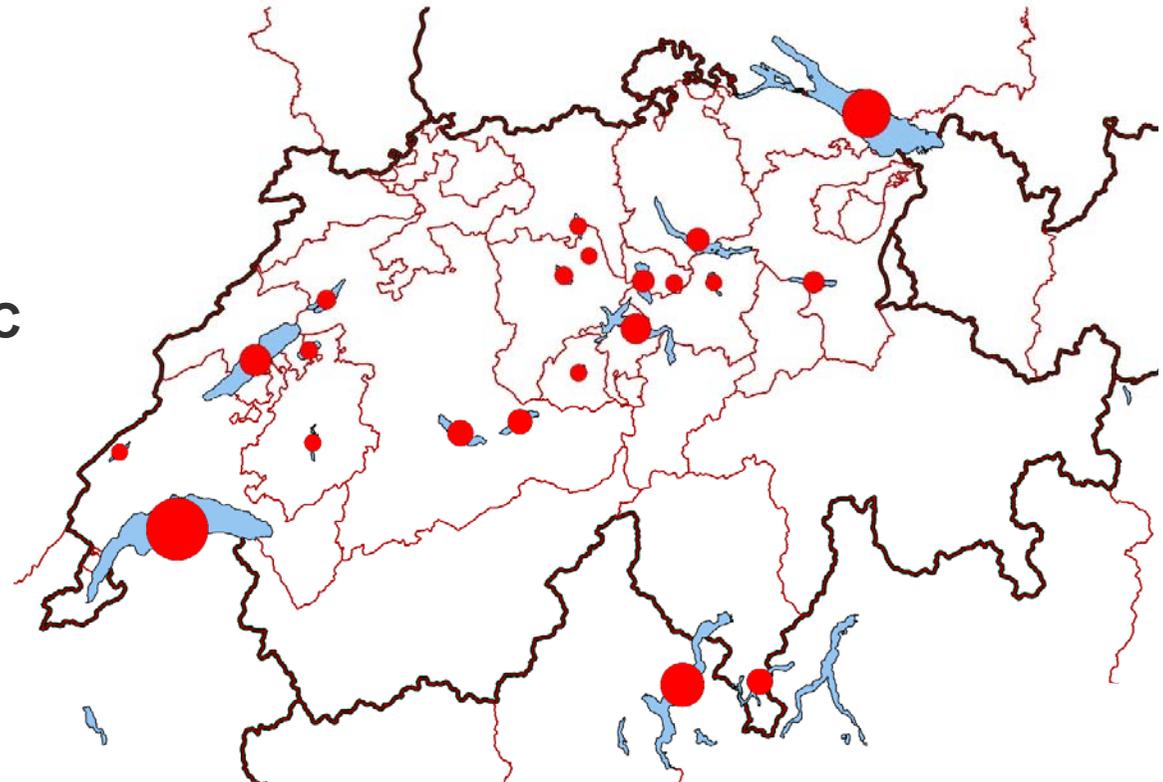


- Wärme = 2 MW
- reicht für ~1000 Personen
- elek Energie für Betrieb WP

Wärme aus Seen - Potential

Vermischung 100 m, $\Delta T = 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- Wasservolumen $> 100 \text{ km}^3$
- Heizung 2200 Stunden
- Leistung 32 GW
- für $> 2 \times$ ganze Schweiz



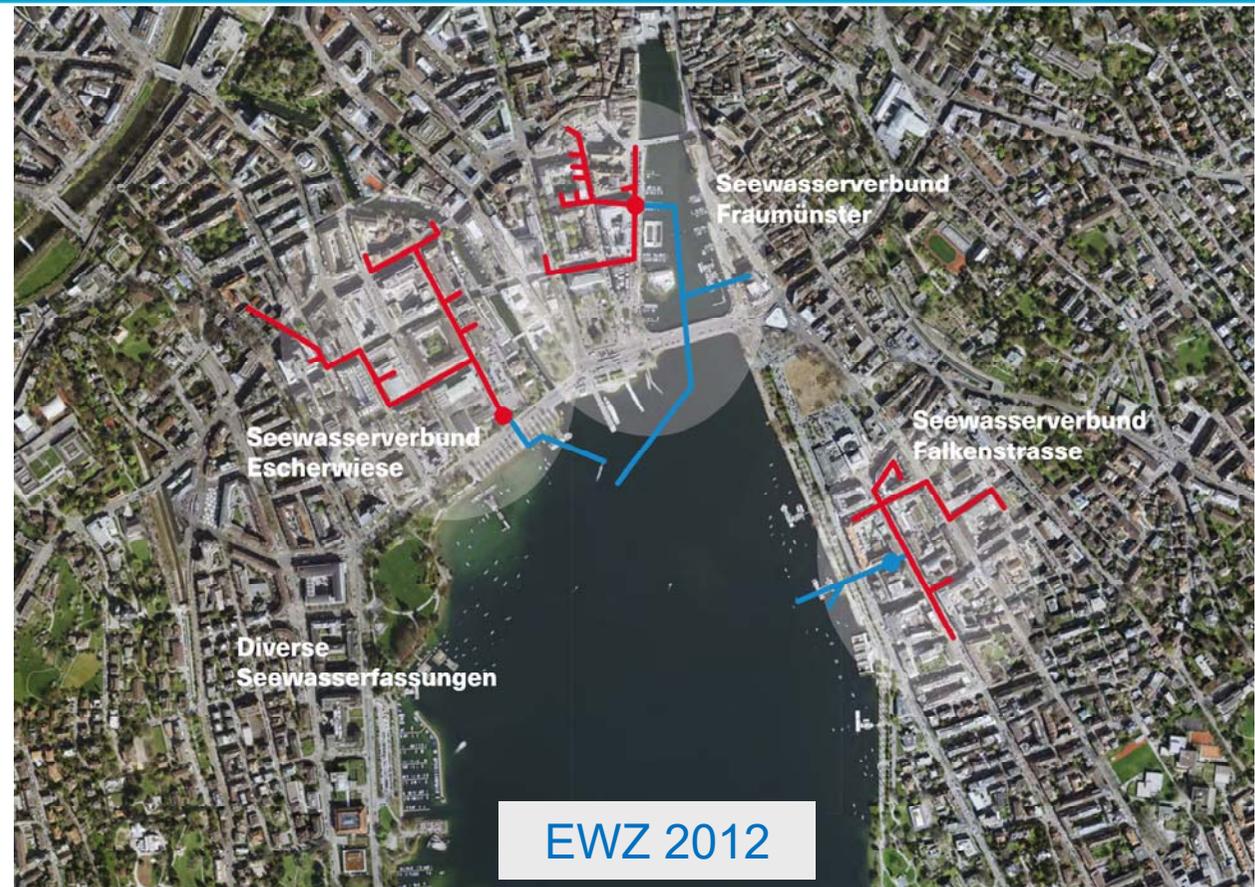
Beispiel Zürich Vier Netze vom See

- Wärmebedarf ~10 GWh/a
- Wärmepumpen ~5 MW
- Gespartes Öl ~7 GWh/a
- Kühlung ~3.5 GWh/a

neue Entwicklung

→ Netz Klaus-Strasse

→ Kühlung HS-Quartier



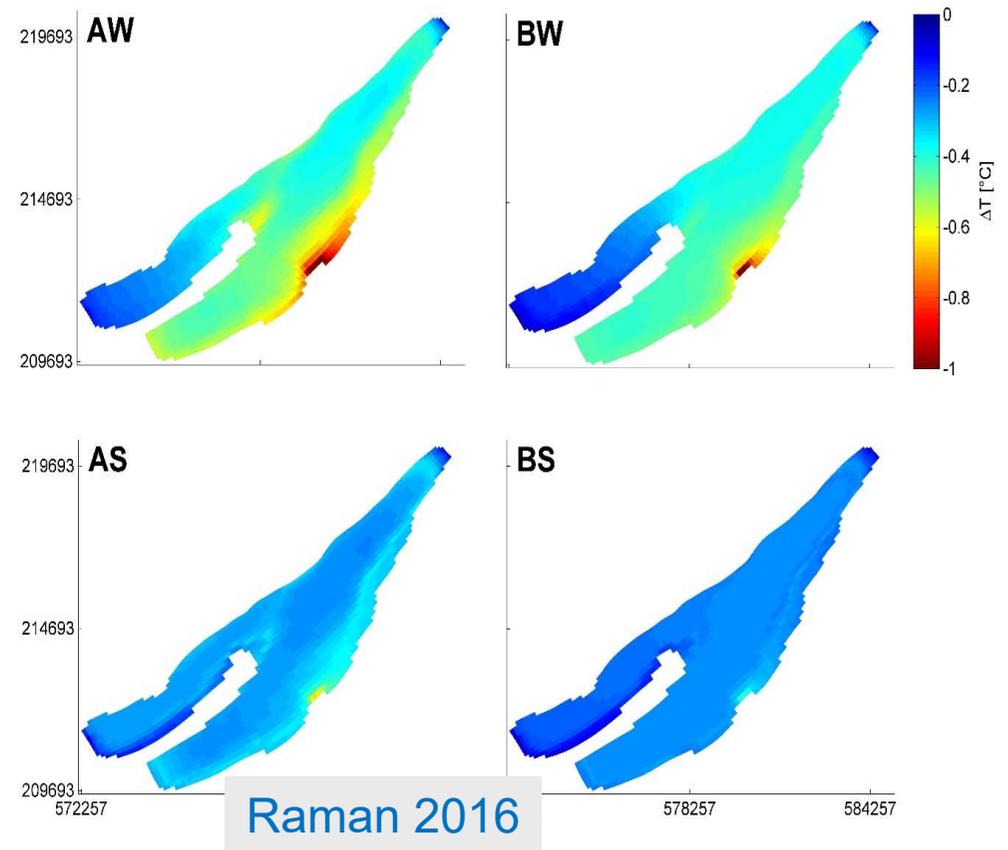
Seeökologie – Auswirkungen und Grenzen

- Methodik am Beispiel Bielersee
- Exemplarische Untersuchung Beispiel Bodensee
- Stratifikation
- Temperaturänderung
- Mischung
- Richtlinien

Seemodellierung – als ideales Werkzeug

Beispiel Mühleberg

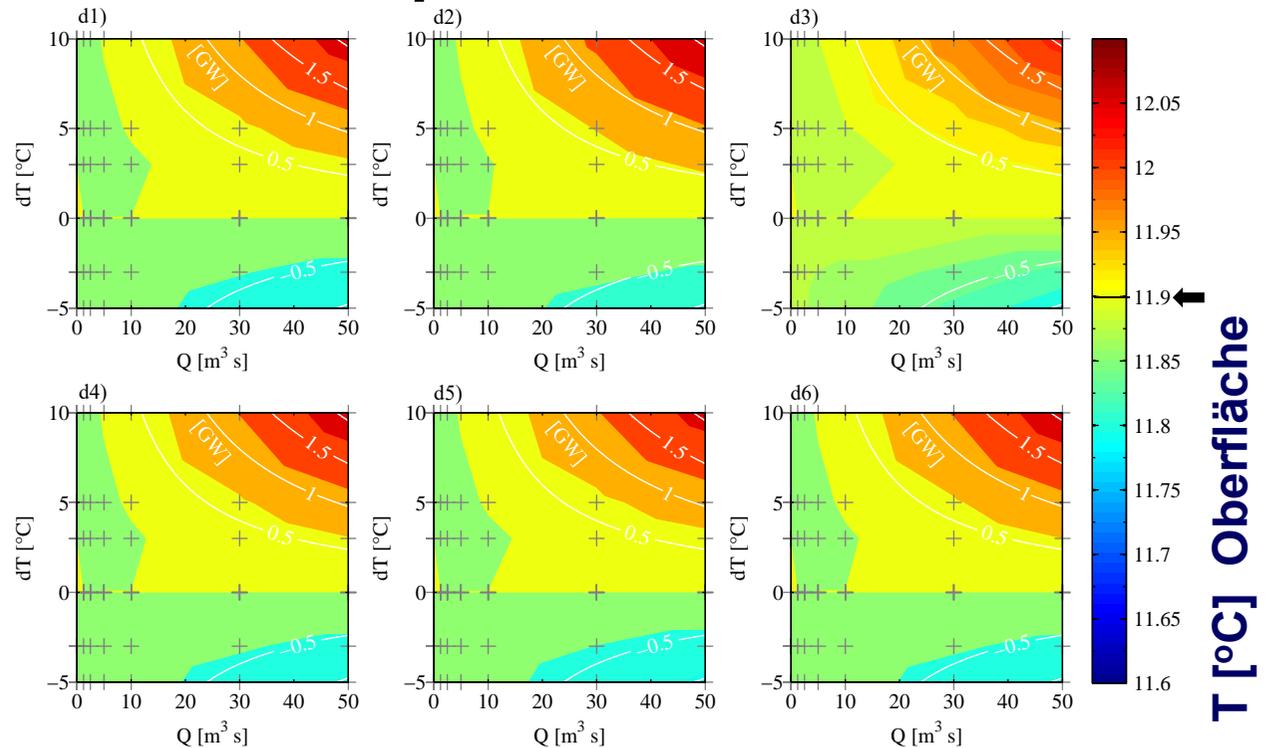
700 MW \rightarrow 18 W m⁻²



Seeökologie: Oberflächentemperatur

Beispiel Bodensee
1 GW \rightarrow < 0.2 °C

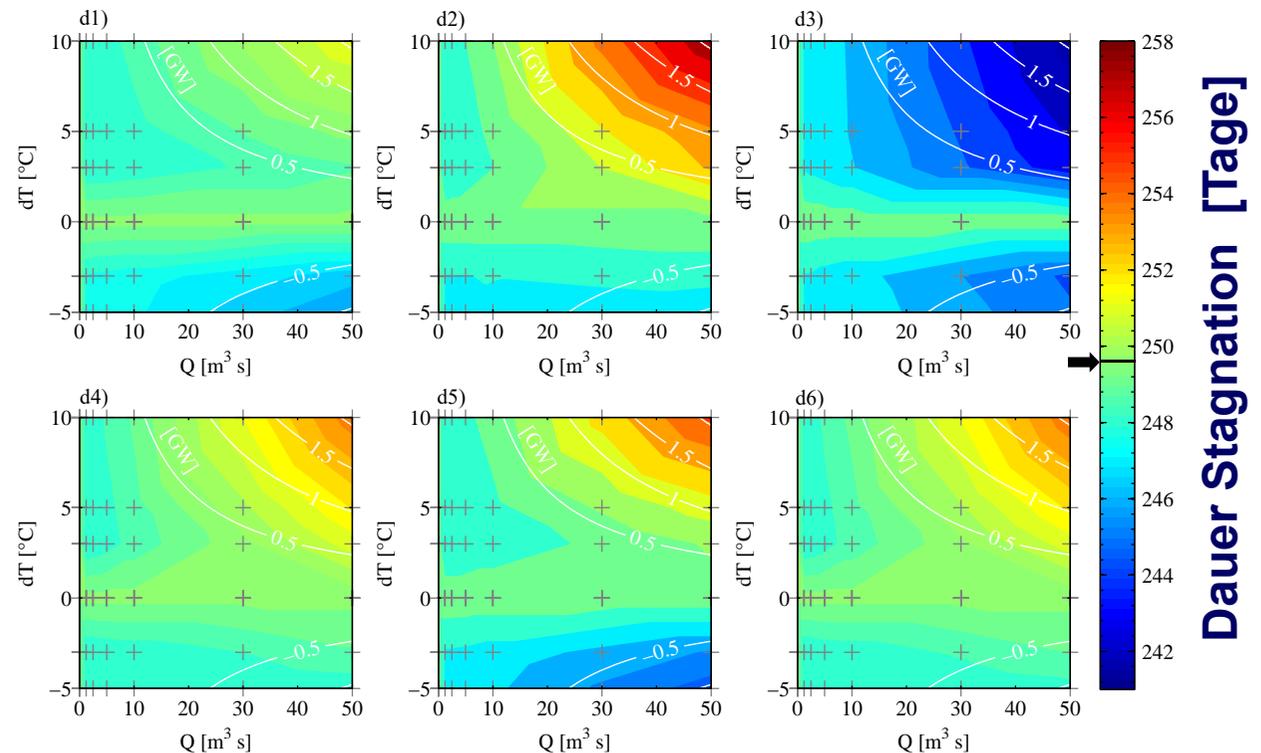
Fink et al 2014



Seeökologie: Dichteschichtung

Beispiel Bodensee
1 GW → Änderung
Sommerstagnation
< 5 Tage

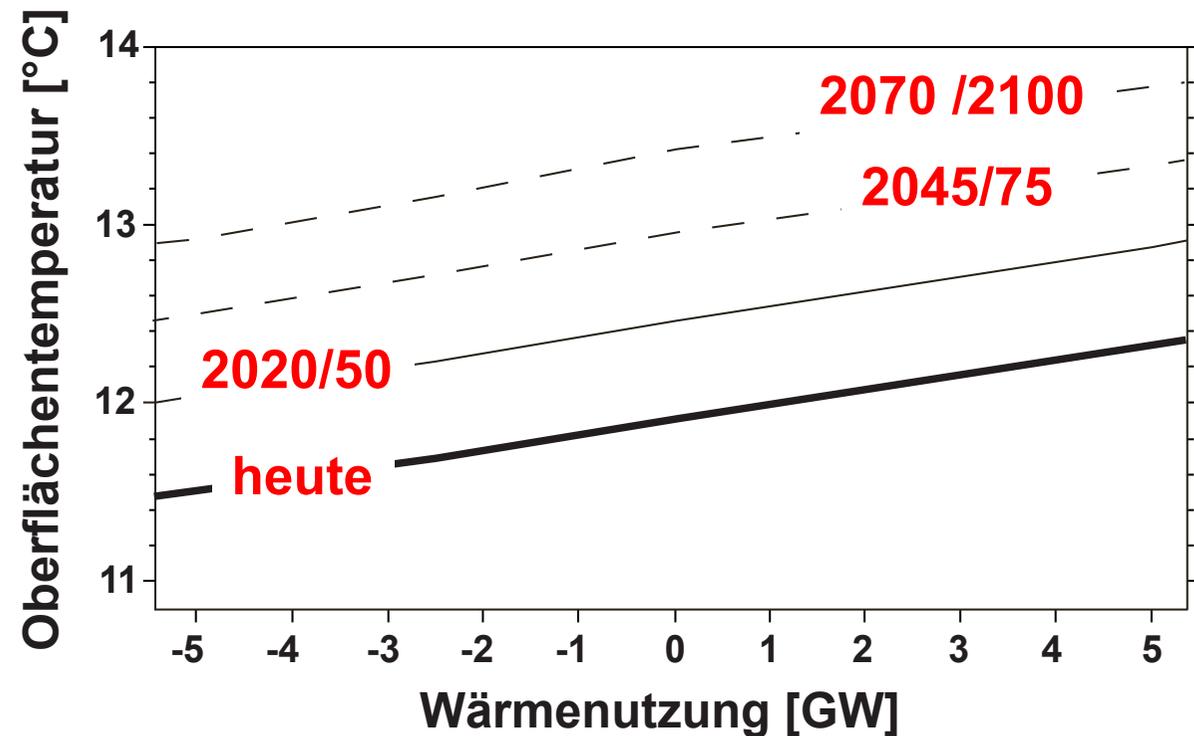
Fink et al 2014



Vergleich mit klimatischer Entwicklung

Beispiel Bodensee
1 GW →
«Klima»-Erwärmung
über ~3 Jahre

Fink et al 2014



Seeökologie: Zusammenfassung

Beispiel Bodensee (1 GW)

- $\Delta T < 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Länge Sommerstagnation: Änderung < 5 Tage
- Einfluss auf Dichteschichtung: wenige %
- Einfluss auf Tiefenmischung Winter: wenige m
- Klima-Erwärmung >> 1 GW

Fink et al 2014

Hindernisse Instabile Ufer / Hänge

Beispiel 4Wsee

Erdbeben

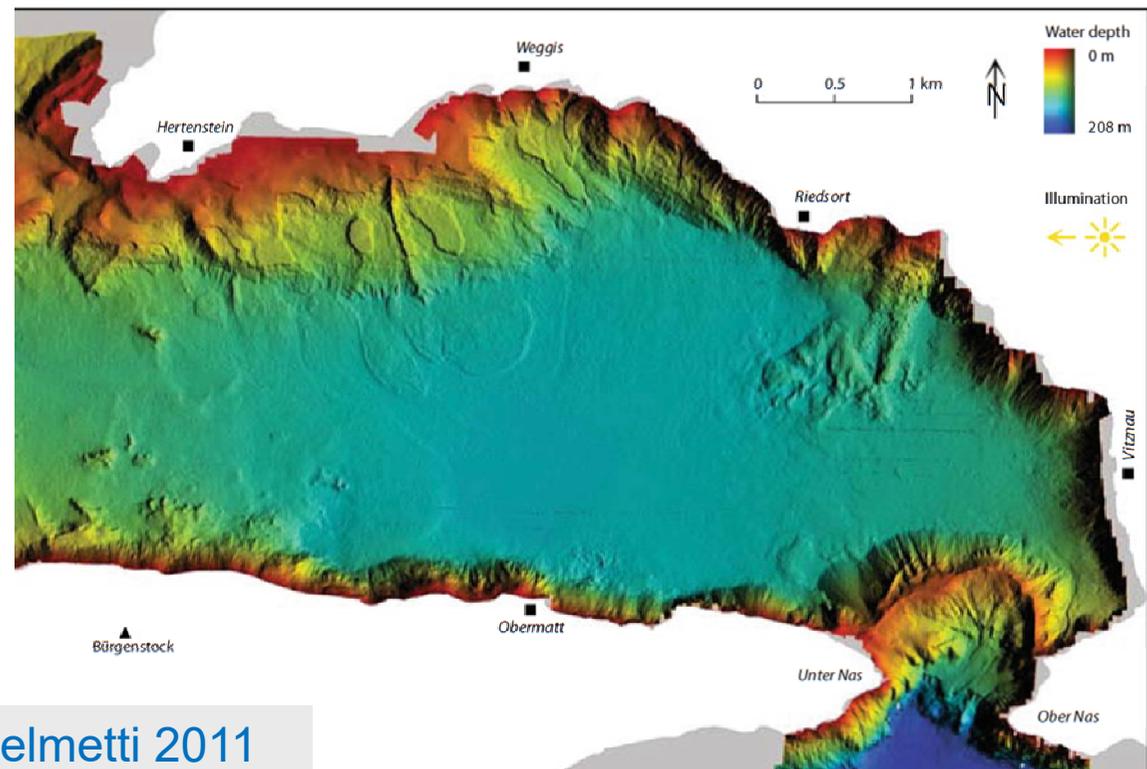
(Vitznau 1601)

Murgang

(Weggis 1795)

Delta-Kollaps

(Brunnen 1687)



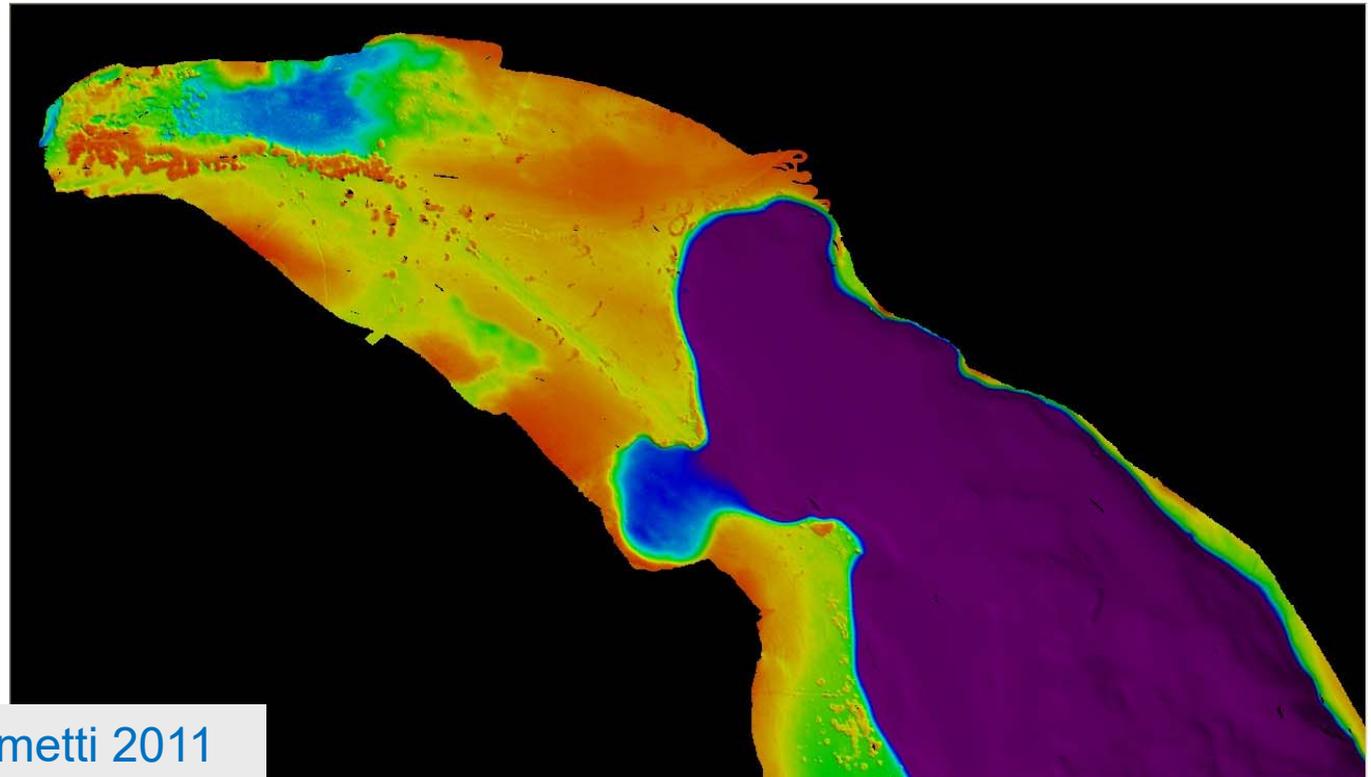
Hilbe Anselmetti 2011

Hindernisse flache Becken

Beispiel 4Wsee

ungeeignet für
Kühlung (Sommer)

mässig geeignet für
Heizung (Winter)



Hilbe Anselmetti 2011

Hindernisse harte Winter

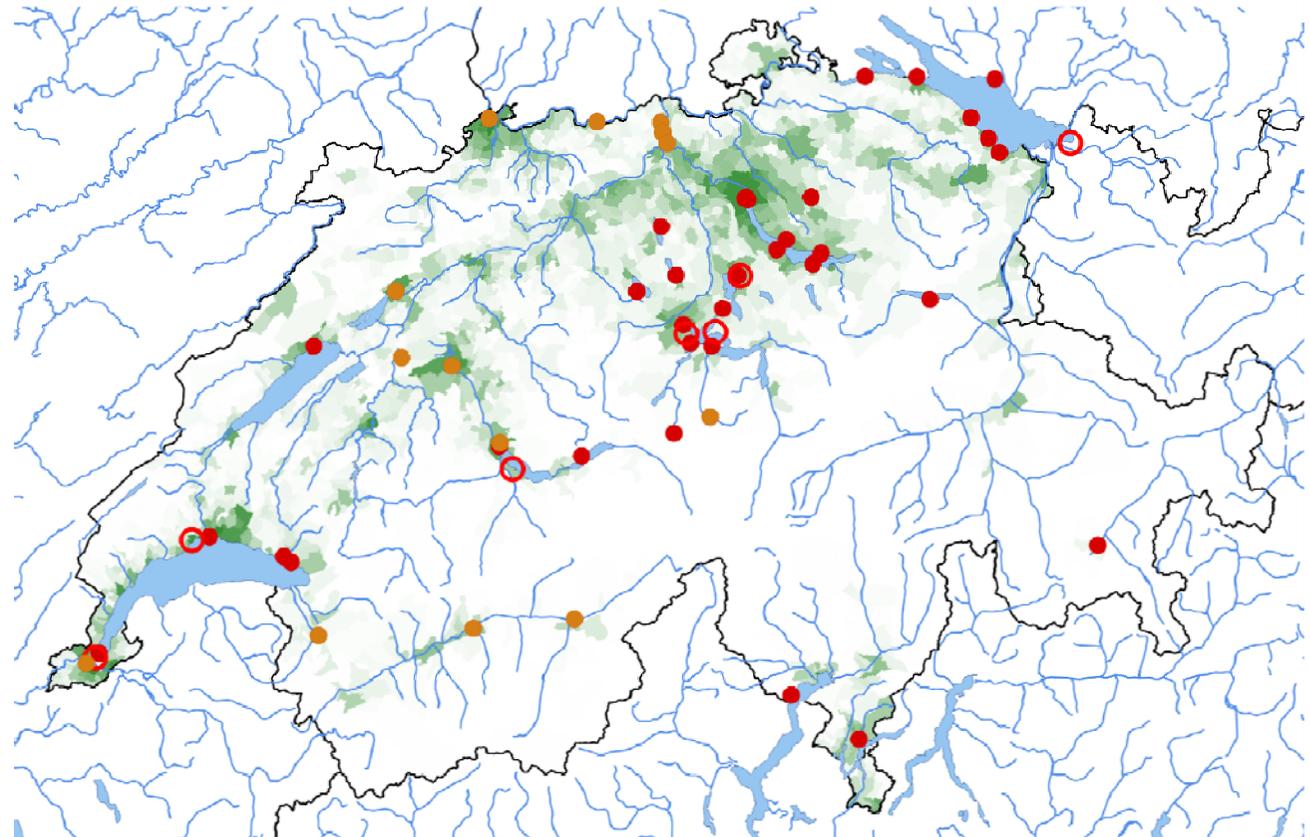


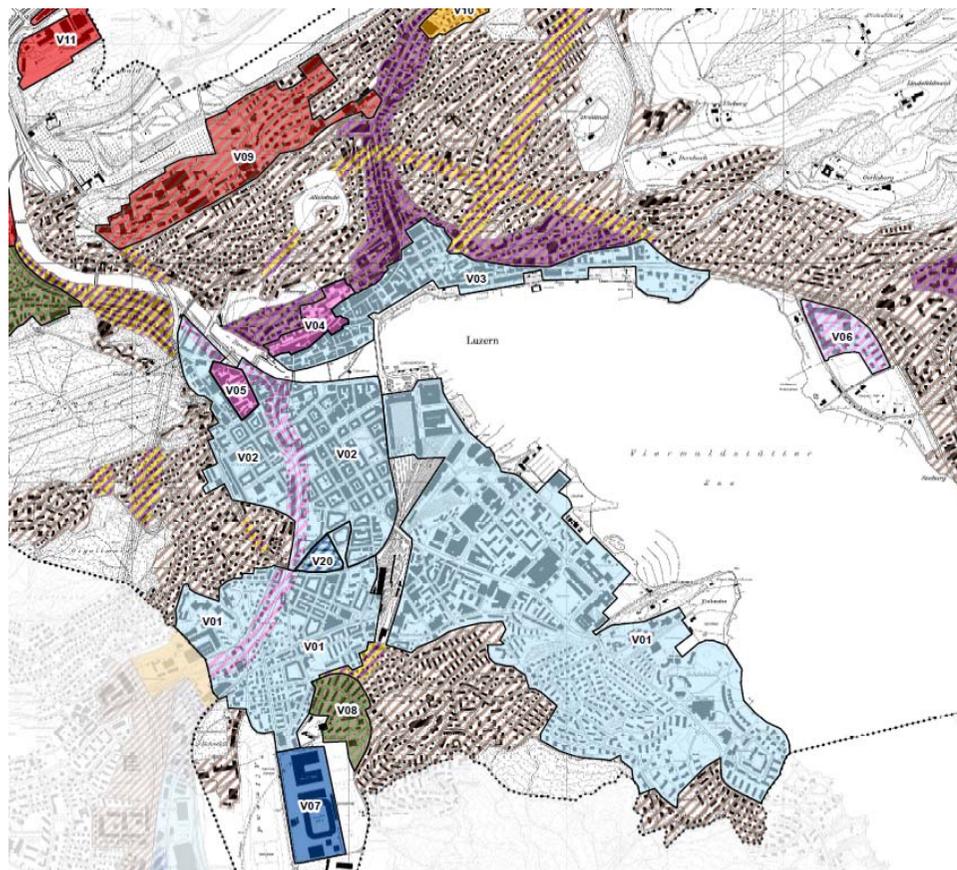
Hindernisse - Zusammenfassung

- Tiefe Temperaturen (Entnahmetiefe, Backup-Heizung)
- Zu hohe Flusstemperaturen
- Temperaturschwankungen (Herbst)
- Inkrustationen / Ablagerungen (Filter)
- Instabile Ufer
- Untiefe / abgeschlossene Seitenbecken
- Lange / zu viele Leitungen
- Höhenunterschiede
- Nährstoffe (meso- / eutrophe Seen)

Entwicklung Schweiz

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





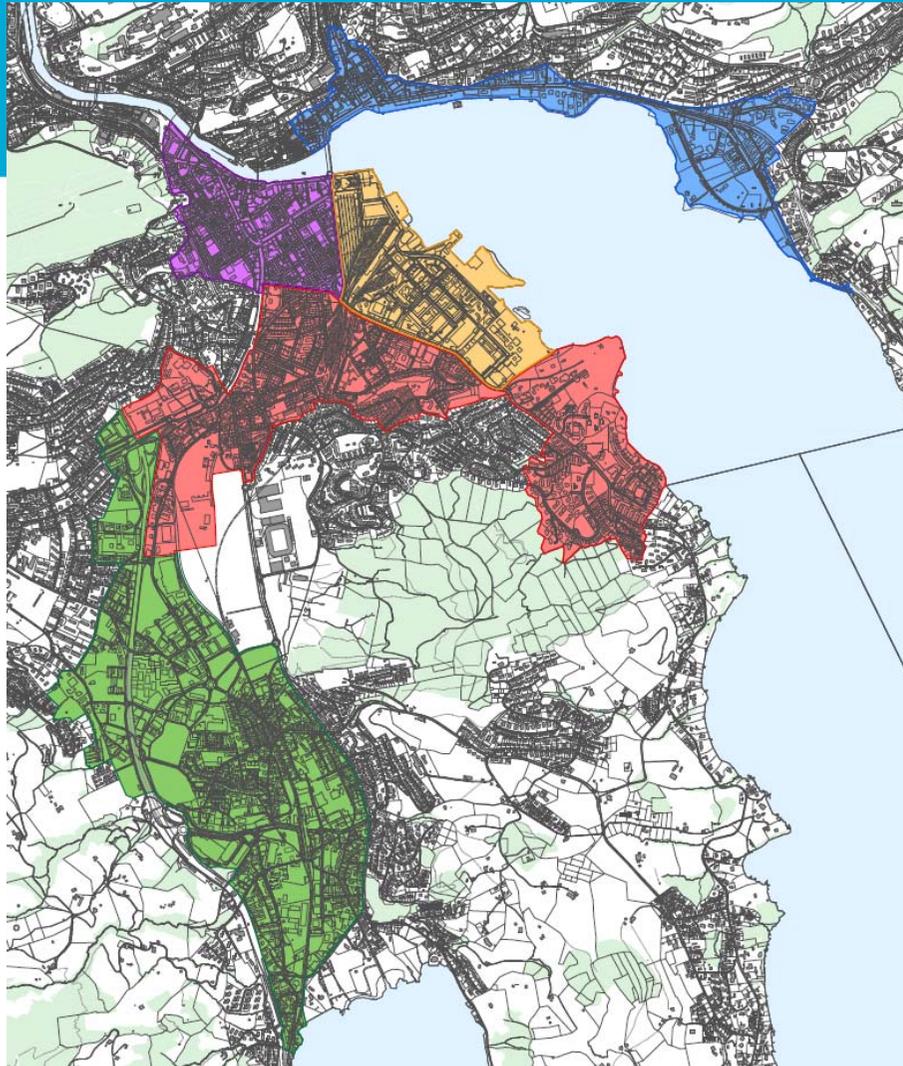
Energieplanung Luzern

□ Energieträger Seewasser

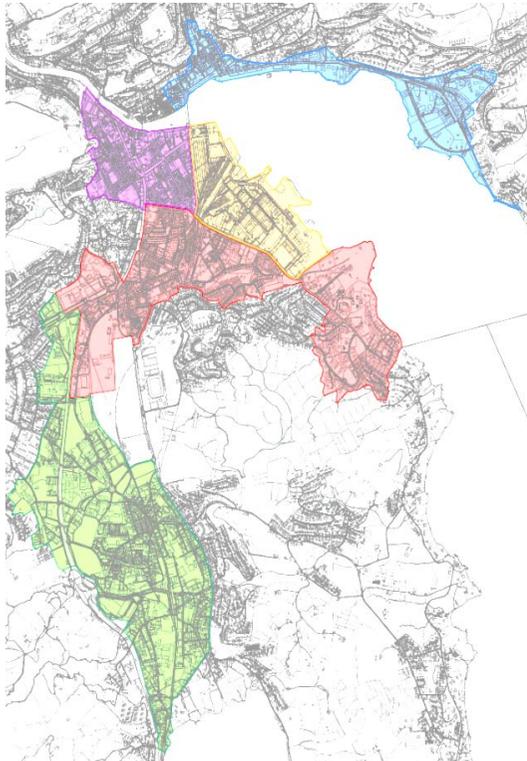
Seewasserprojekte ewl

5 Perimeter:

-  Rechtes Seeufer
-  Zentrum
-  Tribschen
-  Kleinstadt
-  Luzern Süd



Seewasserprojekte ewl



**Vorprojekt
heute**



**Baubeginn
2018**

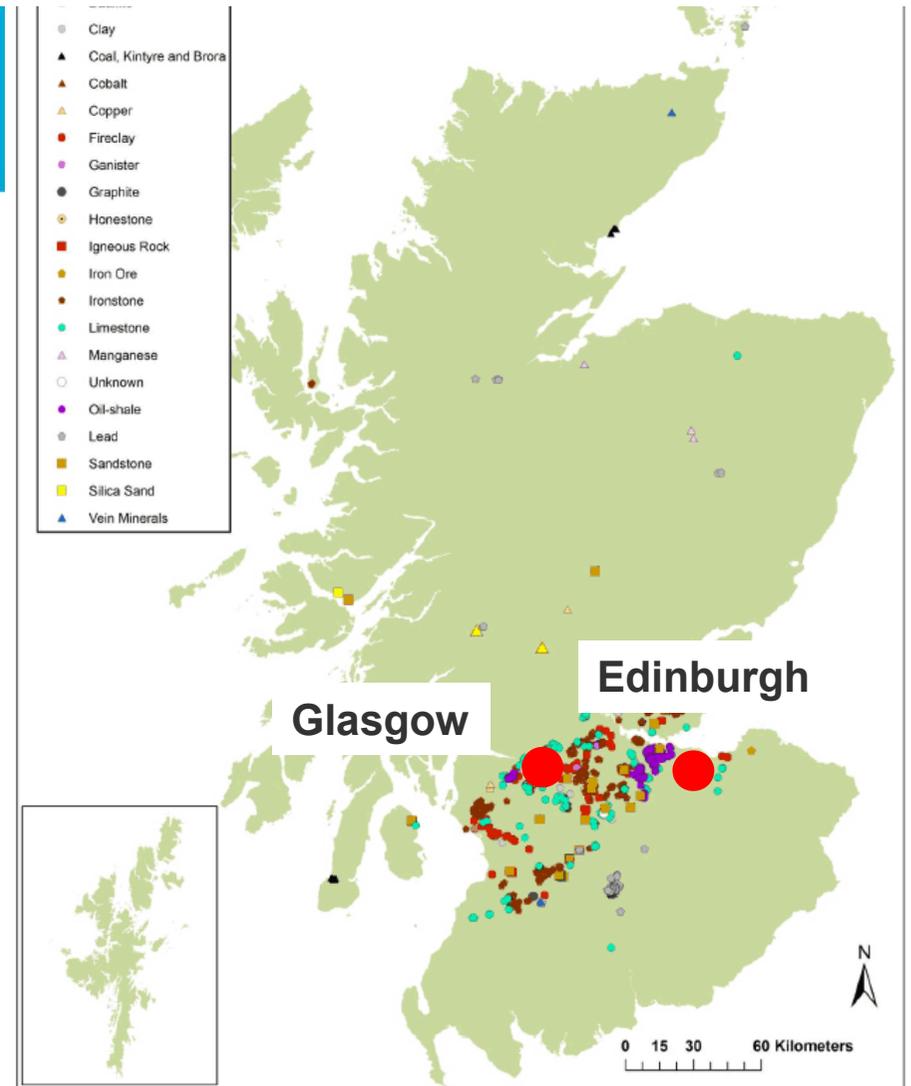
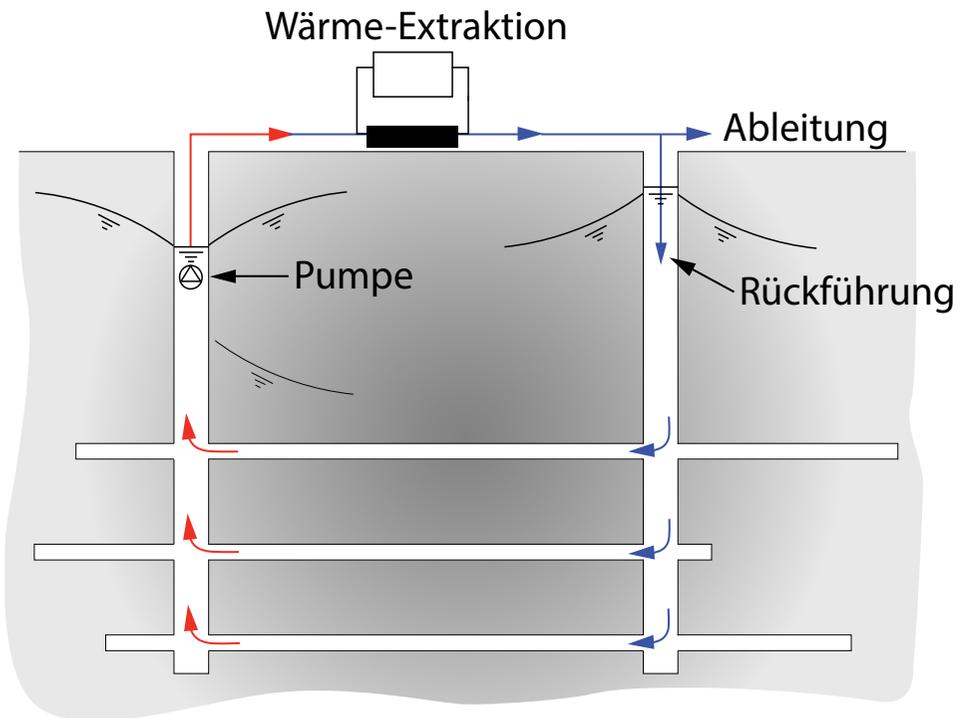


**Lebensdauer
2070**

- 5 Teilprojekte
- 4 Seewasserfassungen
- Heizung: 100 GWh/Jahr, Kühlung: 23 GWh/Jahr
- Wassergebrauch: ca. 4x Trinkwasser
- Investition: > 100 Mio Fr.

Blick ins Ausland

Stillgelegte Minen in Schottland



Zusammenfassung

- Das Wärme-Potential in Seen >> als Bedarf
- Kleine und flache Seen jedoch ungeeignet
- Wärmeentzug wirkt gegen Klima-Erwärmung
- Seeabflüsse eignen sich besonders für Kühlung
- Kombination von Kühlen und Heizen ist wirtschaftlicher
- Verbunde reduzieren Leitungen

**Dankeschön
für Ihr Interesse**



Genève Lac Nations