

Dr. Ulrich Jörin, GEOTEST AG

Grundwasserkreislauf als Energiespeicher

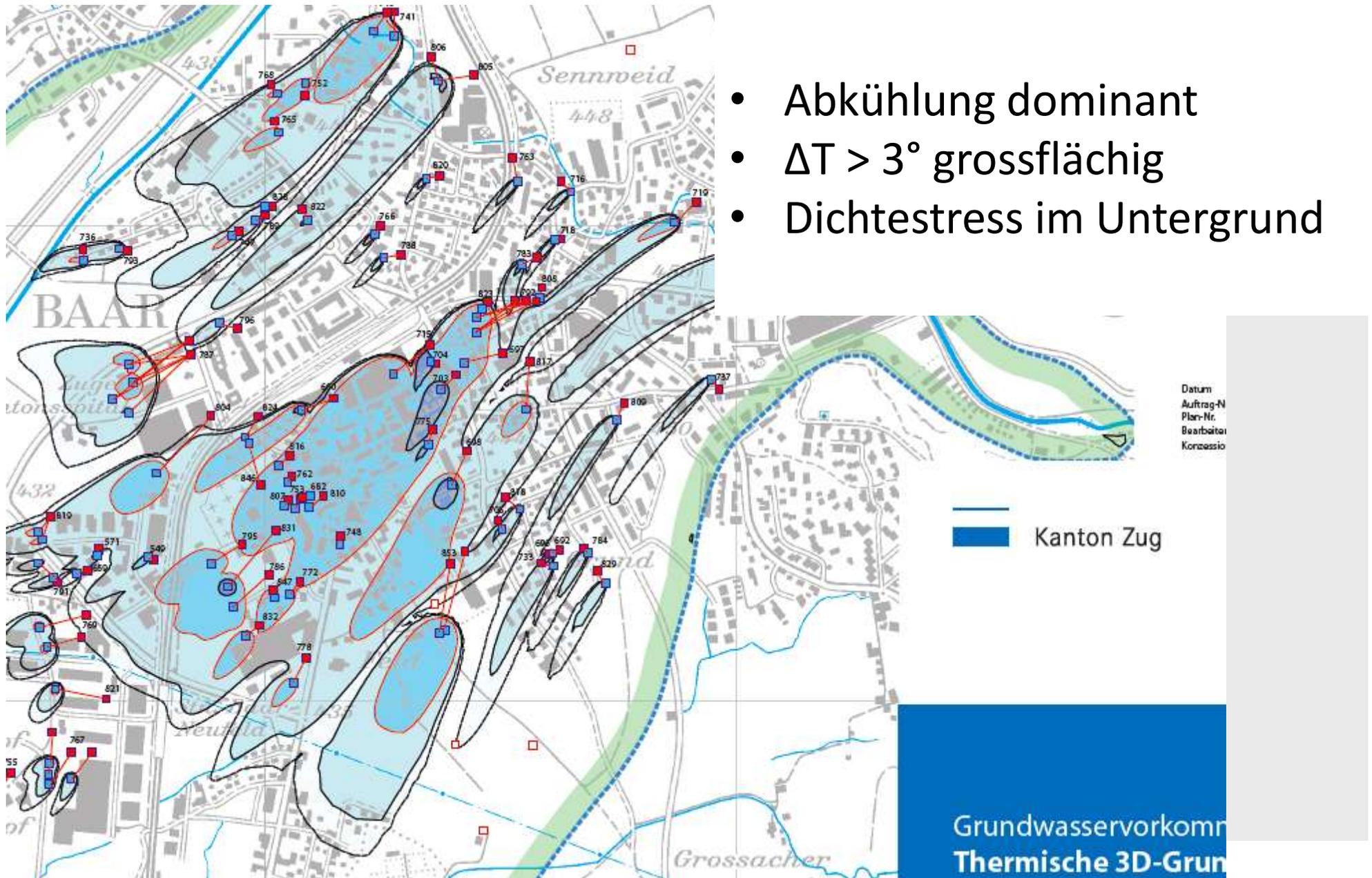
Inhalt

Inhalt

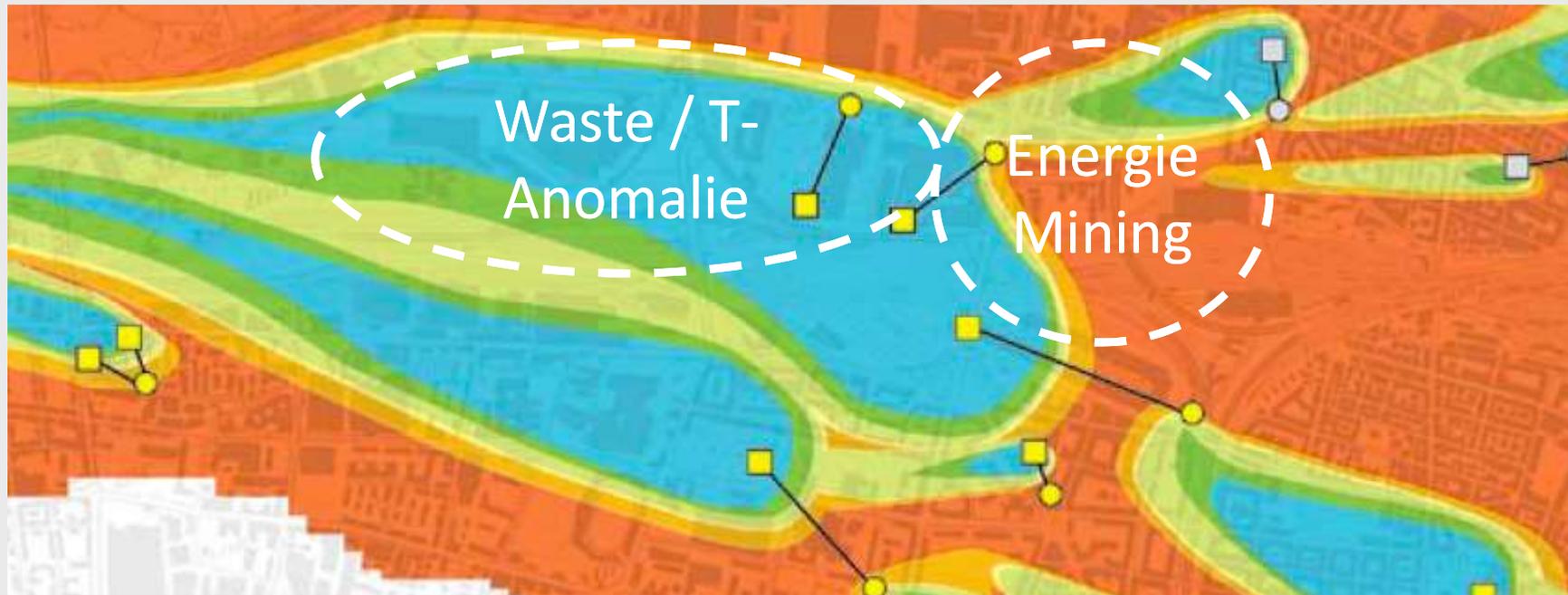
1. Ausgangslage
2. Rezirkulationsanlagen
3. Zyklus: Vorgehen und Resultate
4. Folgerungen
5. Vorteile von Rezirkulationsanlagen
6. Fazit

Ausgangslage

- Abkühlung dominant
- $\Delta T > 3^\circ$ grossflächig
- Dichtestress im Untergrund



Ausgangslage



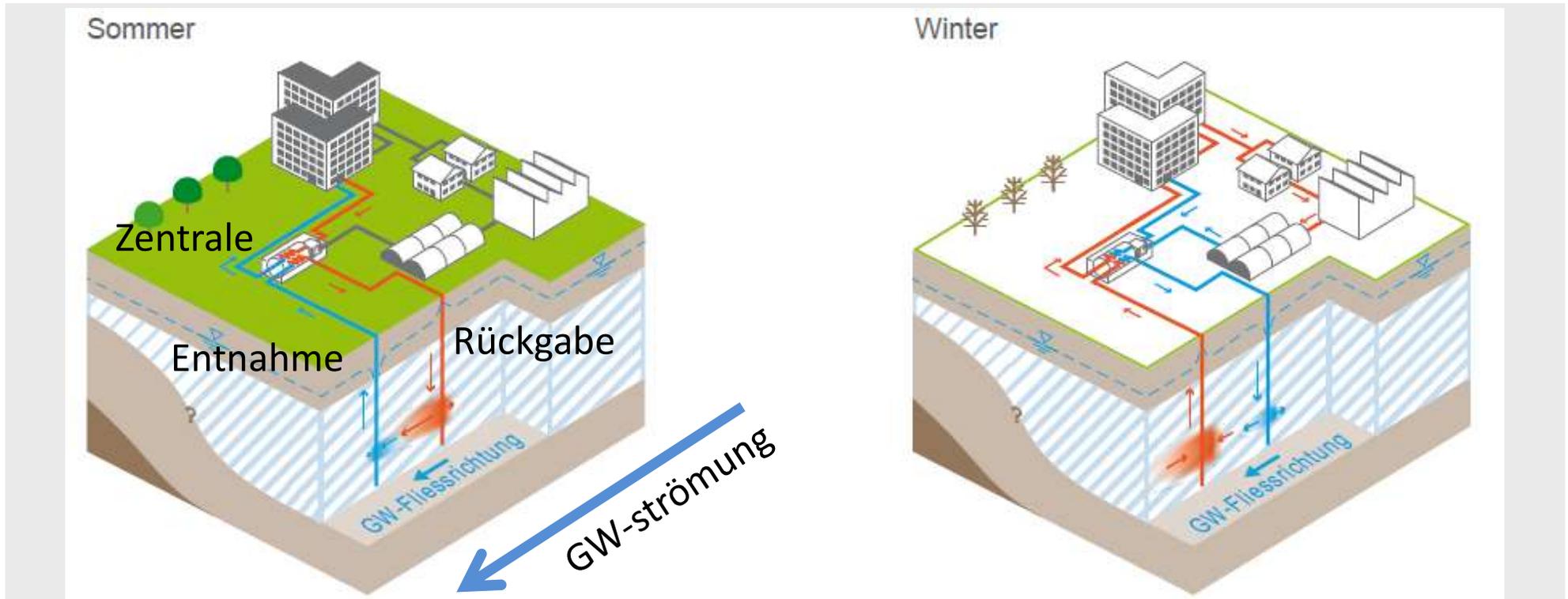
- GW-nutzung heute mit Abstromfahnen führt zu Temperatur-Anomalie-Belastung („Altlast“)
- Nicht nachhaltig
= Waste / Abraumhalde von E-Mining
= Abbaukonzept & Konzession wie im 19 Jh.

Quelle: AWEL Kt. ZH

Ausgangslage: heutige Situation



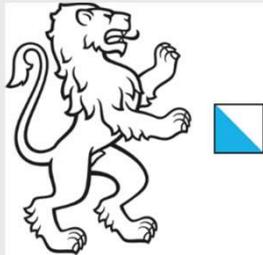
Prinzip von Rezirkulationsanlagen



Das Grundwasser rezirkuliert von der obstromigen Rückgabe zur Entnahme. Die Strömung wird mit Pumpen so gesteuert, dass saisonal gekühltes/erwärmtes Wasser gefördert wird. In diesem Kreislauf ist eine saisonale Energiespeicherung im Aquifer möglich.

Pilotprojekt «Zyklus»

Projektteam «Zyklus»



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Mit Unterstützung von



GEOTEST

Pilotstudie «Zyklus»

Projektteam Zyklus führt Pilotstudie zu Rezirkulationsanlagen durch (2020 – 2022).

Das Projekt Zyklus hatte zum Ziel:

- Abklären, ob Rezirkulationsanlagen in Aquiferen der Schweiz / Zürich möglich sind
- Welche Aquifere besonders geeignet sind
- Charakterisierung der Strömung / Steuerung
- Folgerungen für die Planung und Bewilligung von Anlagen

Publikation «saisonale Wärmespeicherung im Grundwasser» → BFE:

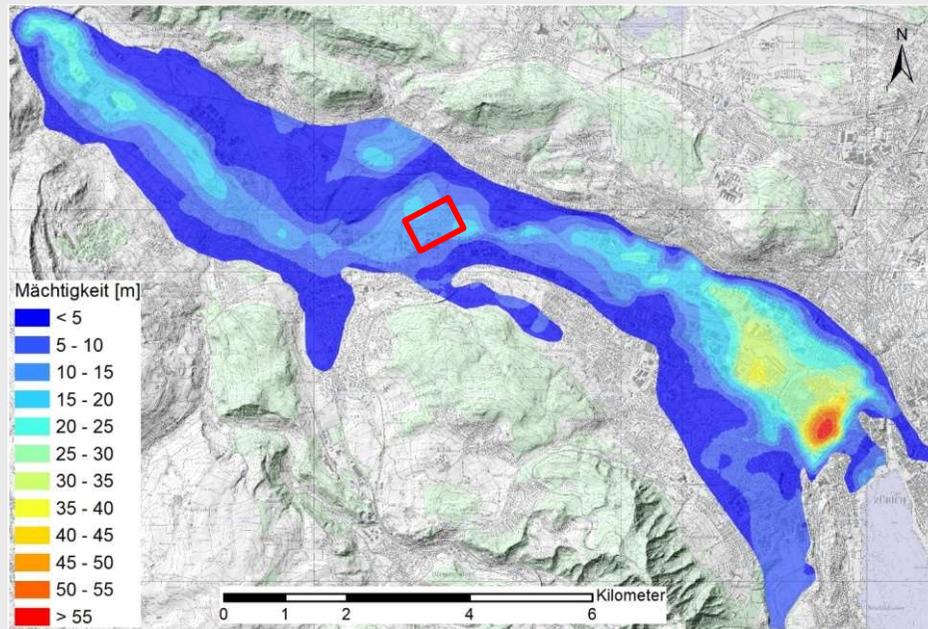
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/energieeffizienz/waermespeicherung.html>

Zyklus: Gebäude-Typen

Für Modellierung werden 3 Gebäude-Typen definiert:

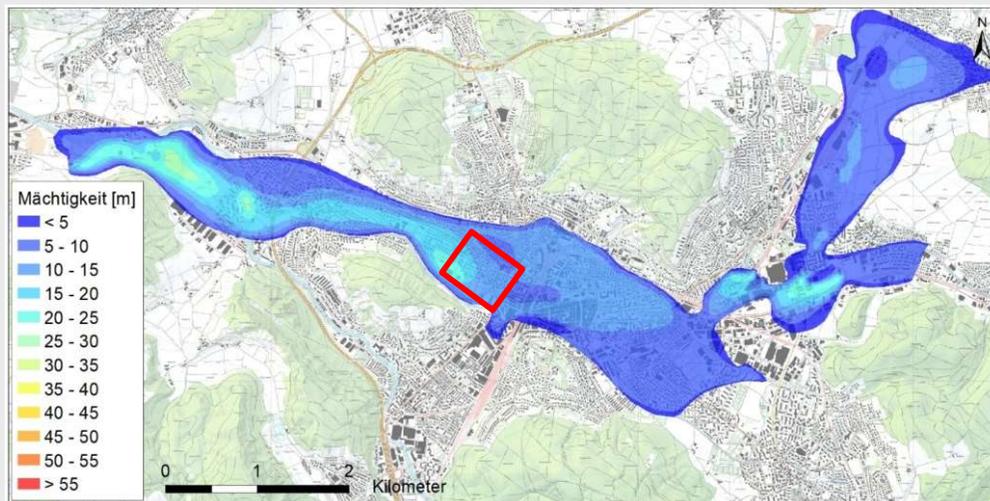
Typ	klein	mittel	gross
Heizleistung kW	60	250	750
Wärme aus GW MWh	125	400	1'200
Stromverbrauch MWh	42	116	349
Kältebedarf MWh	14	175	528
Ausgleich Wärme MWh	111	225	670

Zyklus: Test einer Rezirkulationsanlage in AWEL-Modellen



Schlieren

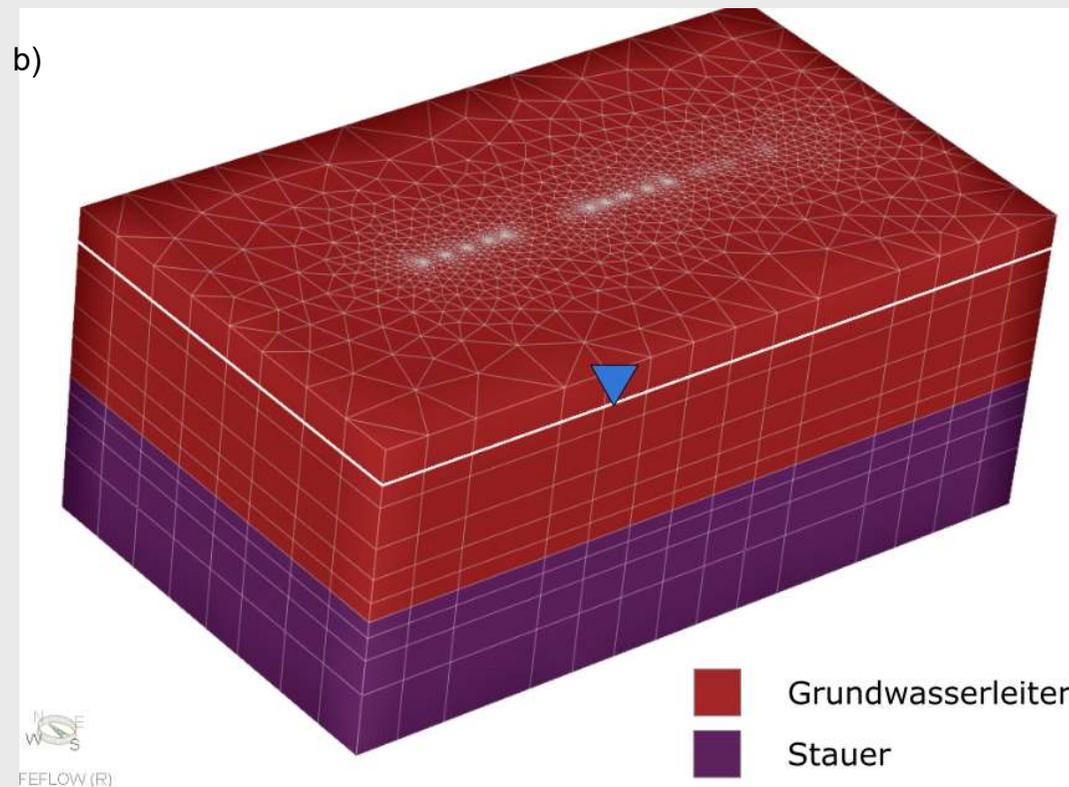
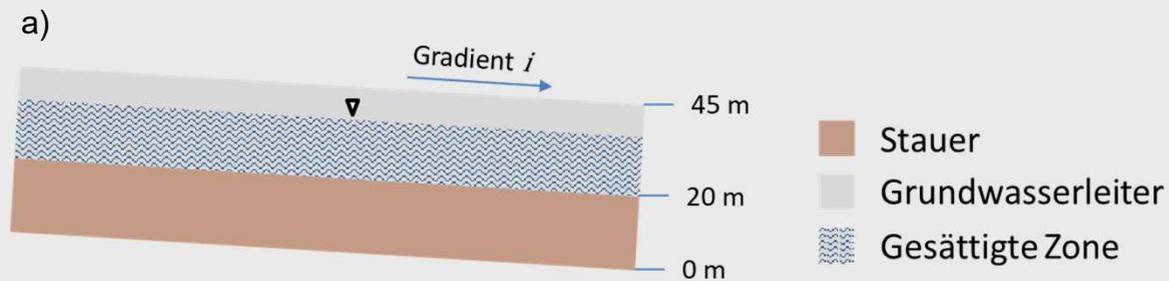
- Mächtigkeit: 11 m
- Flurabstand 2.5 m
- Durchlässigkeit: 4×10^{-3} m/s
- Gradient: 0.0018



Winterthur

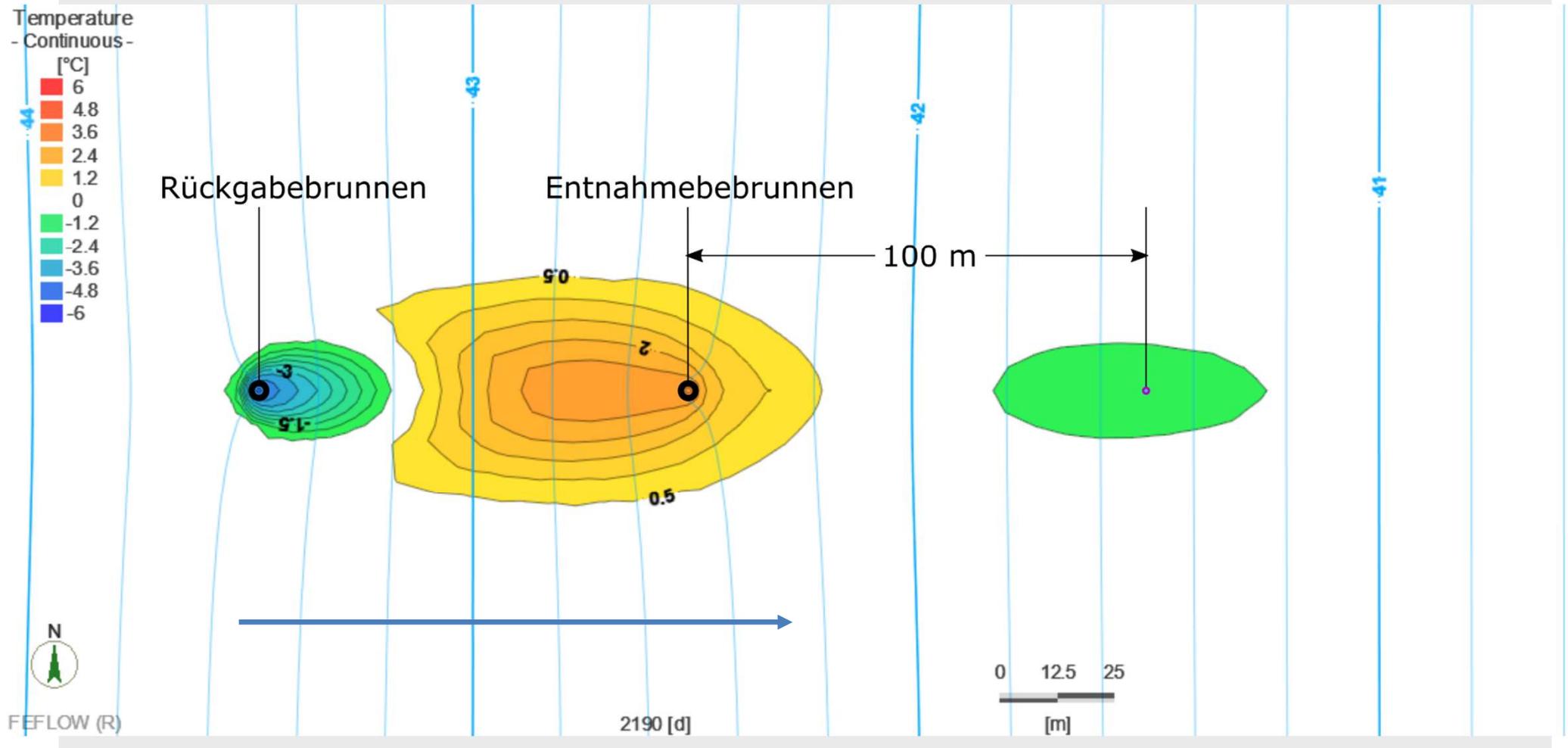
- Mächtigkeit: 12 m
- Flurabstand 15 m
- Durchlässigkeit: 1×10^{-2} m/s
- Gradient: 0.0015

Zyklus: Synthetisches Modell für Parameter-Variation



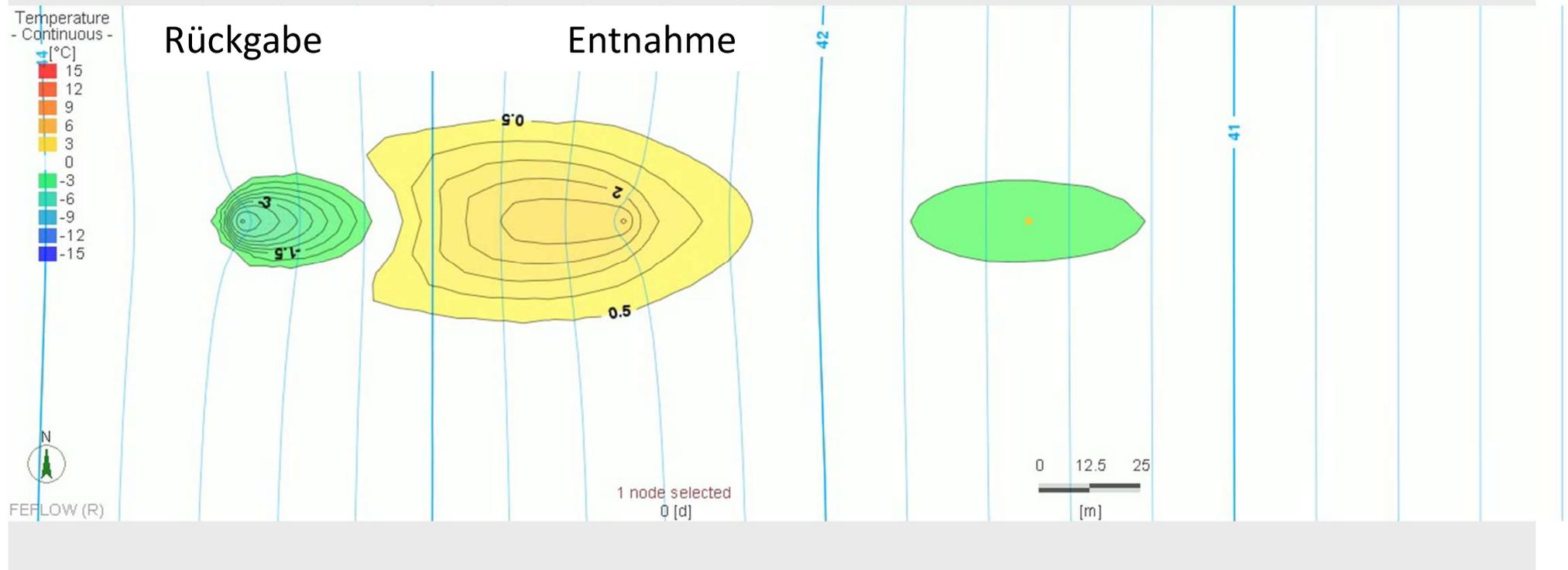
Resultate

Modellierung: Input = Energiebilanz, Aquifertyp, dT der Anlage = 8 k fix
Output: T-Rückgabe, T-Verteilung im Aquifer



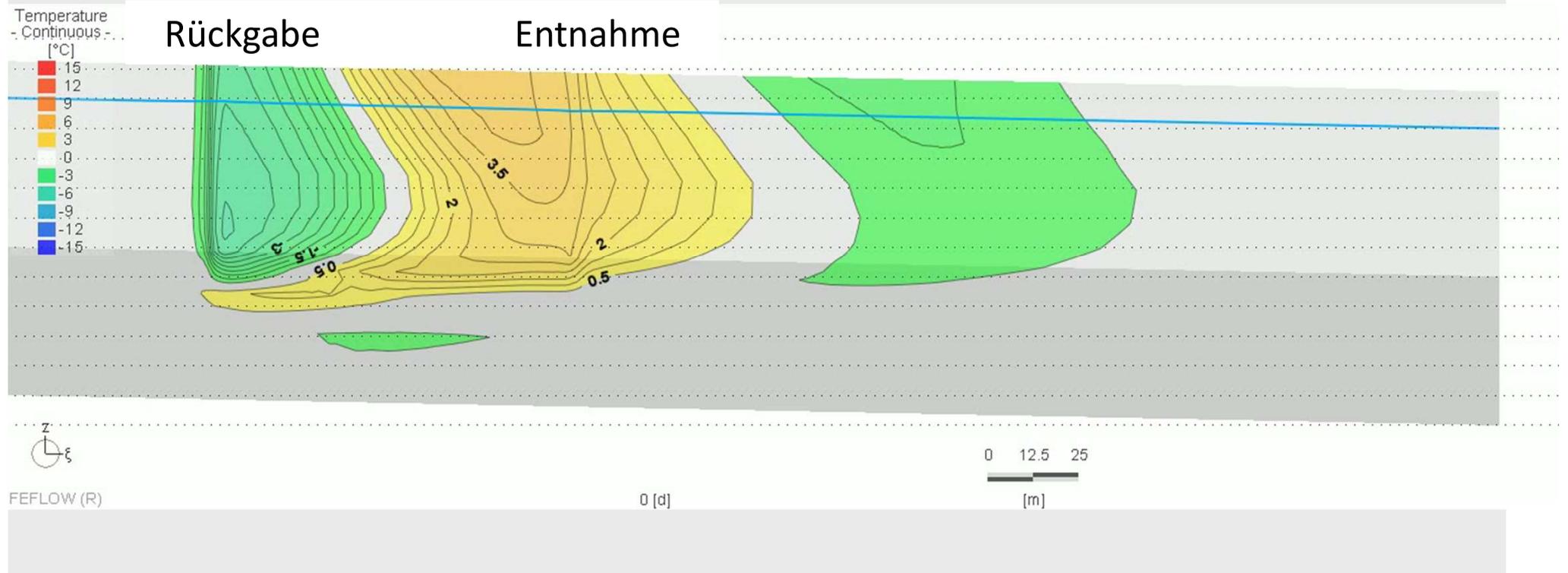
Resultate

Simulation Nr. 212, Horizontalschnitt:
Temperaturverteilung als dT der Aquifer-Temperatur.
Ebene = Mitte Aquifer, Abstand Brunnen = 95 m, M= 20 m.
Gebäude-Typ = 2 (250 kW)



Resultate

Simulation Nr. 212 im Längsschnitt:
Temperaturverteilung als dT der Aquifer-Temperatur.
Ebene = Mitte Aquifer, Abstand Brunnen = 95 m, M= 20 m.
Gebäude-Typ = 2 (250 kW)



Folgerungen

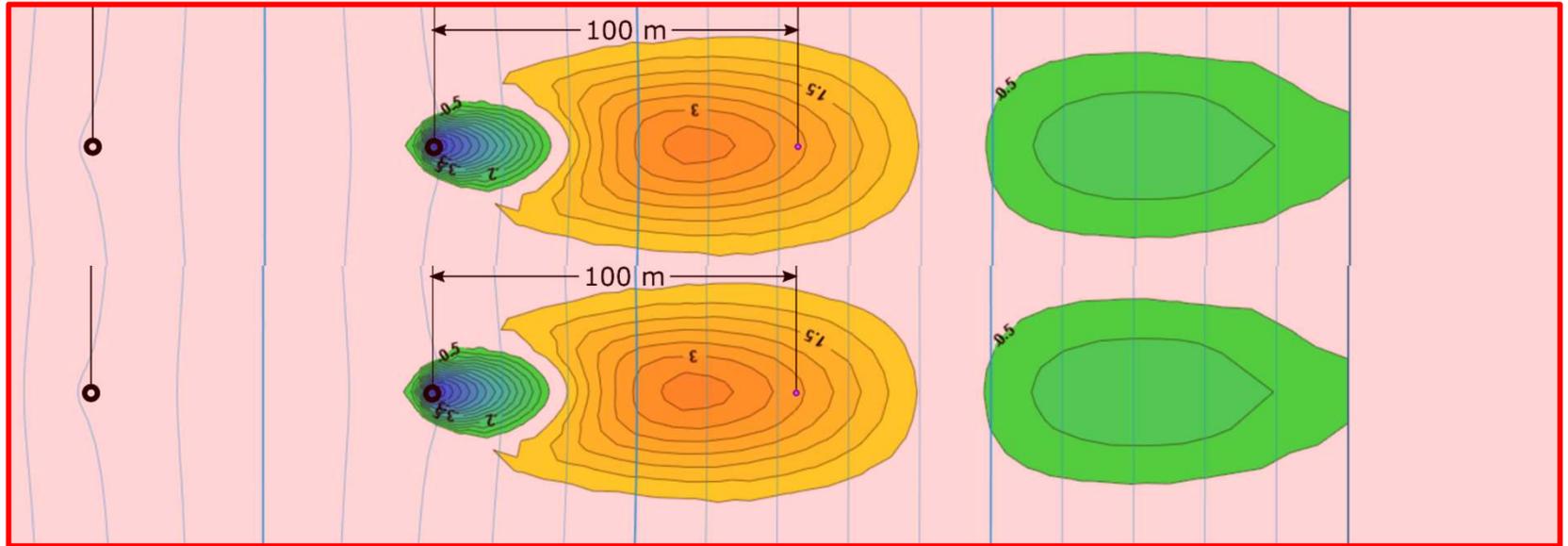
Hydrogeologische Folgerungen für Schweiz:

- Es gibt stabile Rezirkulationsströmung zwischen 70 und 200 m Brunnenabstand auch bei «schneller GW-Strömung»
- Der Abstand hängt vom Aquifer und Anlagengrösse ab
- In den hoch-durchlässigen Aquiferen im Mittelland ist oft ein Abstand >100 m erforderlich, was zur Zeit gem. Gewässerschutzverordnung nicht bewilligbar ist.
- In weniger durchlässigen Aquiferen sind Anlagen sehr interessant, da sie sonst nicht genutzte Gebiete erschliessen können.
- Bei günstiger Anordnung ist die Entnahmetemperatur um 3-4 K optimiert und die Abstromfahne stark reduziert (-80%)
- Limite der Prognosegenauigkeit: Dispersion, Porosität, Richtung

Zyklus Vorteile

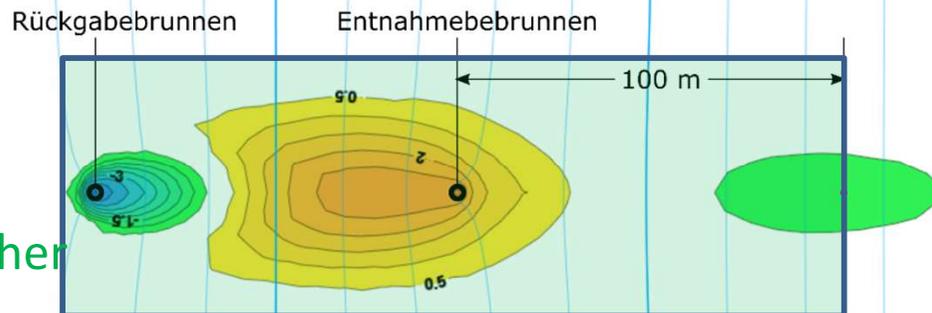
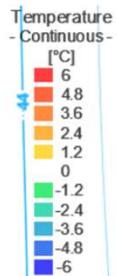
Vergleich von konventioneller Nutzung zu Rezirkulation mit Wärmespeicherung (300 kW)

Konv. Anlage:
 $dT=8$ unzulässig
→ benötigt 2x2
Brunnen mit
 $dT=4K$, knapp
zulässig



Flächenbedarf:
150 x 500 m

Rezirkulation
Mit Wärmespeicher

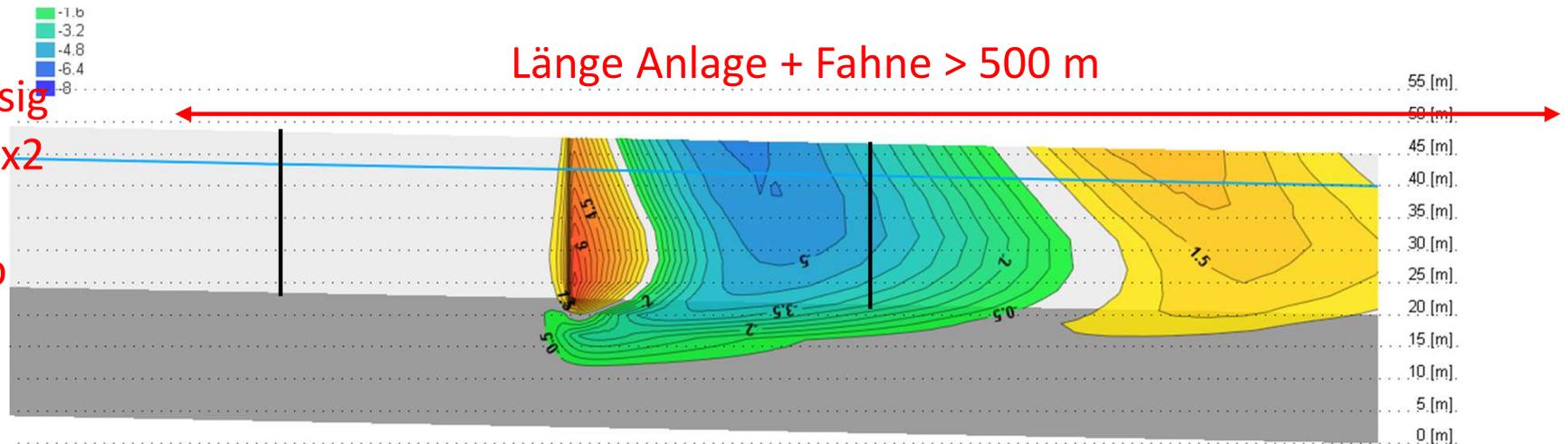


Flächenbedarf:
70 x 200 m

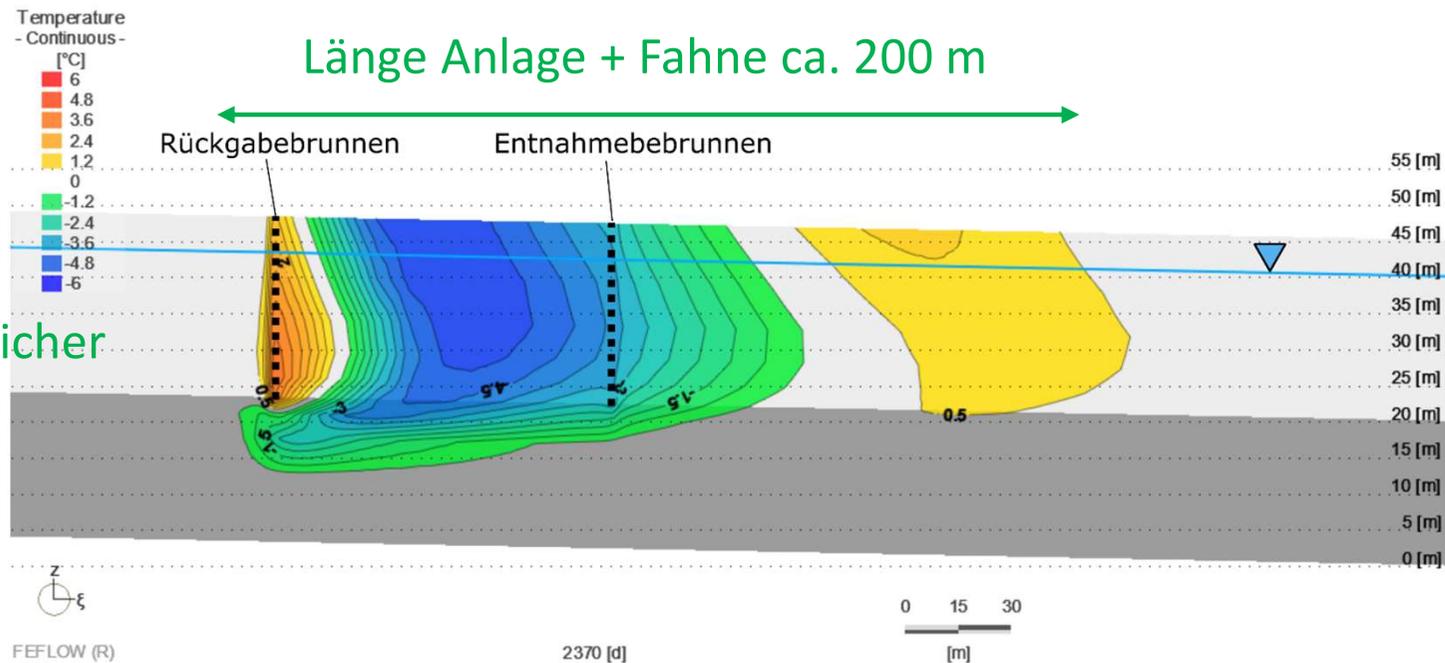
Zyklus Vorteile

Vergleich von konventioneller Nutzung zu Rezirkulation mit Wärmespeicherung (300 kW)

Konv. Anlage:
 $dT=8$ unzulässig
 → benötigt 2x2
 Brunnen mit
 $dT=4K$, knapp
 zulässig



Rezirkulation
 Mit Wärmespeicher



Rezirkulationsanlagen: Vorteile & Einsparpotentiale

Anlage mit 250 kW und 400'000 kWh/a mit Heizen und Kühlen: Vergleich Rezirkulation zu konventioneller Anlage (Basis Erfahrungswerte):

	Rezirkulation	Konv.
- Platzbedarf (m ²): → Reduktion	ca. 14'000 -80%	ca. 70'000
- Strombedarf kWh pa: → Stromverbrauch	110'000 - 50%	220'000
- CO ₂ Emission to/a → Emissionen	18 - 50% (im Vgl. fossil = -85%)	36

Ziele Stadt Zürich

Die Stadt Zürich zeigt Ziele im „Planungsbericht Energieversorgung“ mit Szenarien auf *. Annahme im 2050 rund 2'900 – 3'300 GWh Energiebedarf, davon 4% Grundwasser:

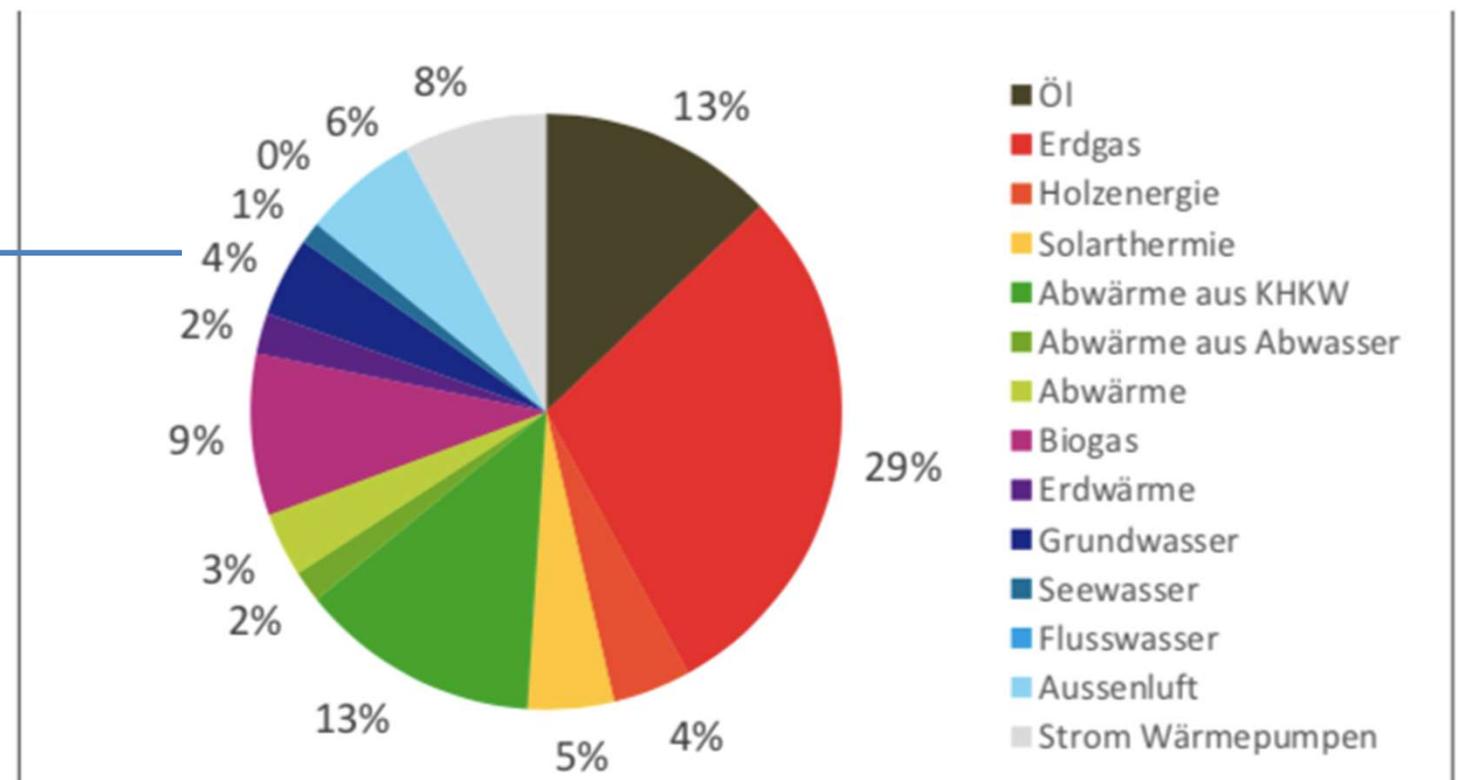
4% aus GW
= 120 – 140
GWh/a

Quelle:

www.stadt-zuerich.ch

Stand 2017 bzw. 2020

Abb. 16 Energieträger-Mix der Wärmeversorgung 2050: Referenz-Szenario



Ziele Stadt Zürich

Was bedeuten 130 GWh Energie aus Grundwasser für Heizen von Gebäuden?

→ **Konventionelle** Anlage im Limmattal (300 kW, 500 MWh/J) heizen als Referenzgrösse: 260 neue Anlagen nötig

→ Das Ziel ist mit konventionellen Anlagen nicht erreichbar, da zu wenig freie Aquiferfläche vorhanden ist.

→ In Stadt Zürich sind geeignete Gebiete „gesperrt“

→ Zwang zum Gebiets-Koordinationsverfahren →
Planungsunsicherheit

Rezirkulationsanlagen und saisonale Wärmespeicherung leisten relevante Beiträge zur dichteren und nachhaltigeren Nutzung des Grundwassers

Lagebeurteilung:

- Klima: jetzt $T+2^{\circ}\text{C}$, nimmt noch zu bis $+4-6^{\circ}\text{C}$
 - Bedarf an Heizen \searrow und Kühlen
 - Umbau Stromversorgung: Versorgungssicherheit + Verfügbarkeit nehmen ab \rightarrow lokale Kooperation und Autonomie sind Erfolgsfaktoren
 - PV-Anlagen als Stromproduzent: Schwankungen \rightarrow Saisonale Speicherung für lokale Autonomie und Kosteneffizienz nötig/entscheidend
 - Klimaziele: wenig erreicht, unrealistisch? Politischer Handlungsbedarf gross
 - Fachkräftemangel: Umbau von Grossanlagen ist wirksamer für Erreichen von Klimazielen
- \rightarrow Zeitnot bei Massnahmen = wirksame rasch realisieren**

Lagebeurteilung:

Zyklus:

- Klima: jetzt $T+2^{\circ}\text{C}$, nimmt noch zu bis $+4-6^{\circ}\text{C}$
 - Bedarf an Heizen \searrow und Kühlen +
 - Umbau Stromversorgung: Versorgungssicherheit + Verfügbarkeit nehmen ab \rightarrow lokale Kooperation und Autonomie sind Erfolgsfaktoren +
 - PV-Anlagen als Stromproduzent: Schwankungen \rightarrow Saisonale Speicherung für lokale Autonomie und Kosteneffizienz nötig/entscheidend +
 - Klimaziele: wenig erreicht, unrealistisch? Politischer Handlungsbedarf gross !
 - Fachkräftemangel: Umbau von Grossanlagen ist wirksamer für Erreichen von Klimazielen ++
- \rightarrow Zeitnot bei Massnahmen = wirksame rasch realisieren -**

Fazit

- In Zürich verbreitet günstige Voraussetzungen
- Anlagen von 50 kW bis > 700 kW sind realisierbar
- Bisher ungenutzte Gebiete sind auch erschliessbar (besonders wo k-Wert klein)
- Grossanlagen (>300 kW) bedingen z.T. Brunnenabstand von > 100 m = heute nicht zulässig
- Potential von Grossanlagen ist gross, bedingt aber Modifikation der 3K-Regel

Fazit: Nutzen wir, was bereits heute möglich ist!

Sofort Entscheide für Erfolg in Zukunft fällen!

■
Danke...

... für die Diskussionen
... für das Engagement
... dem Team Zyklus