

Wärmequellen für grosse Wärmepumpen

09.04.2024



Suche nach Wärmequellen

09.04.2024



- **Umgebungswärme**
- **Abwärme**
- **Erneuerbare Wärme**
Geothermie, Solarthermie, etc
- **Kombinationen inkl. saisonaler Speicher**

Umgebungswärme / Luft



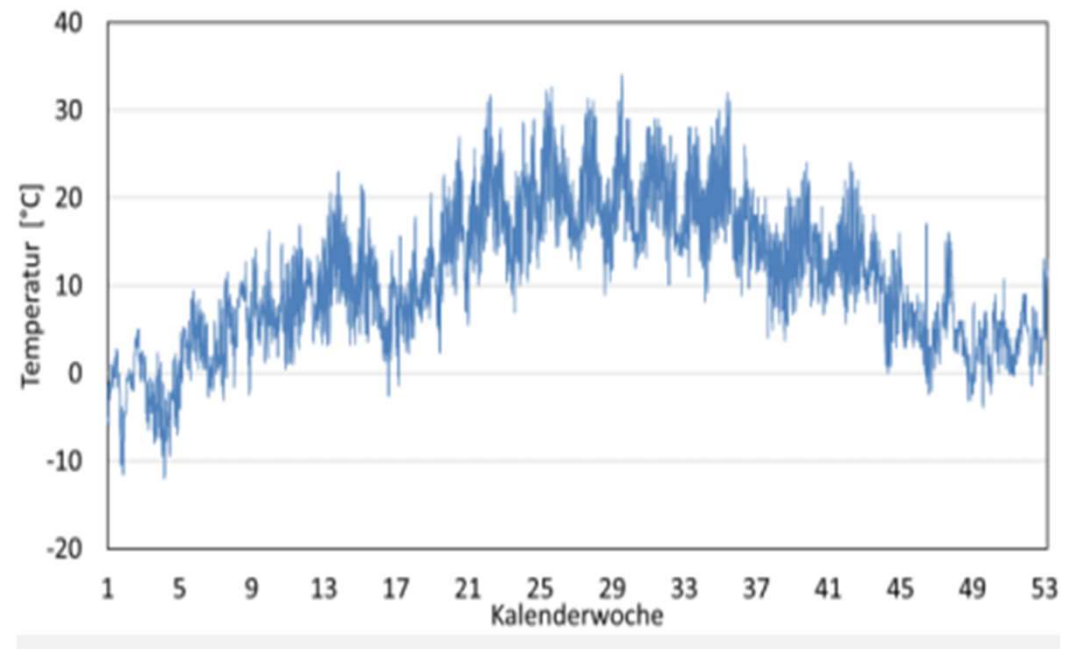
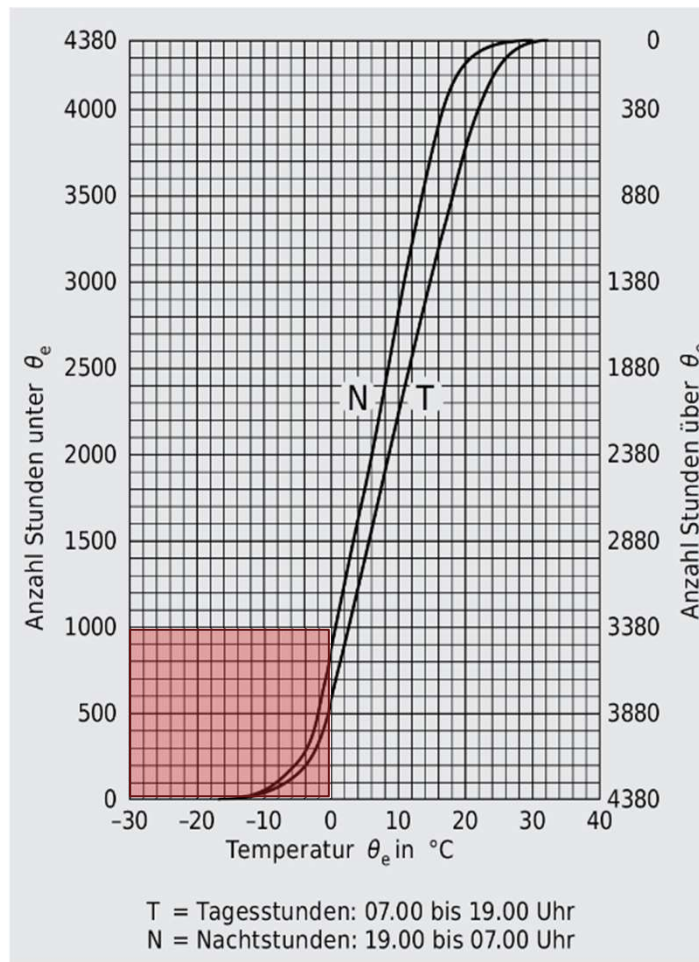
- Was im „Kleinen“ geht, geht auch im „Grossen“



Umgebungswärme / Luft



- Luft, Abluft (Prozessabluft, u.a. Rechenzentren): -10 / +35 °C





Herausforderungen Luft als Wärmequelle für Gross-WP

- **Sehr grosse Luftmengen**
- **ausgekühlte Luft in Verbindung mit der lokalen Lage problematisch (Kaltluftseen, Vereisung)
Planung erfordert eventuell Windkanalversuche und 3-D-Modelle**
- **Ganzjahresbetrieb nur im Niedertemperaturanwendung oder Rücklaufanhebung**
- **Verdampferkreis mit Frostschutz notwendig**
- **Sehr volatile Bedingungen bei Aussenluftbetrieb**

Umgebungswärme / Wasser



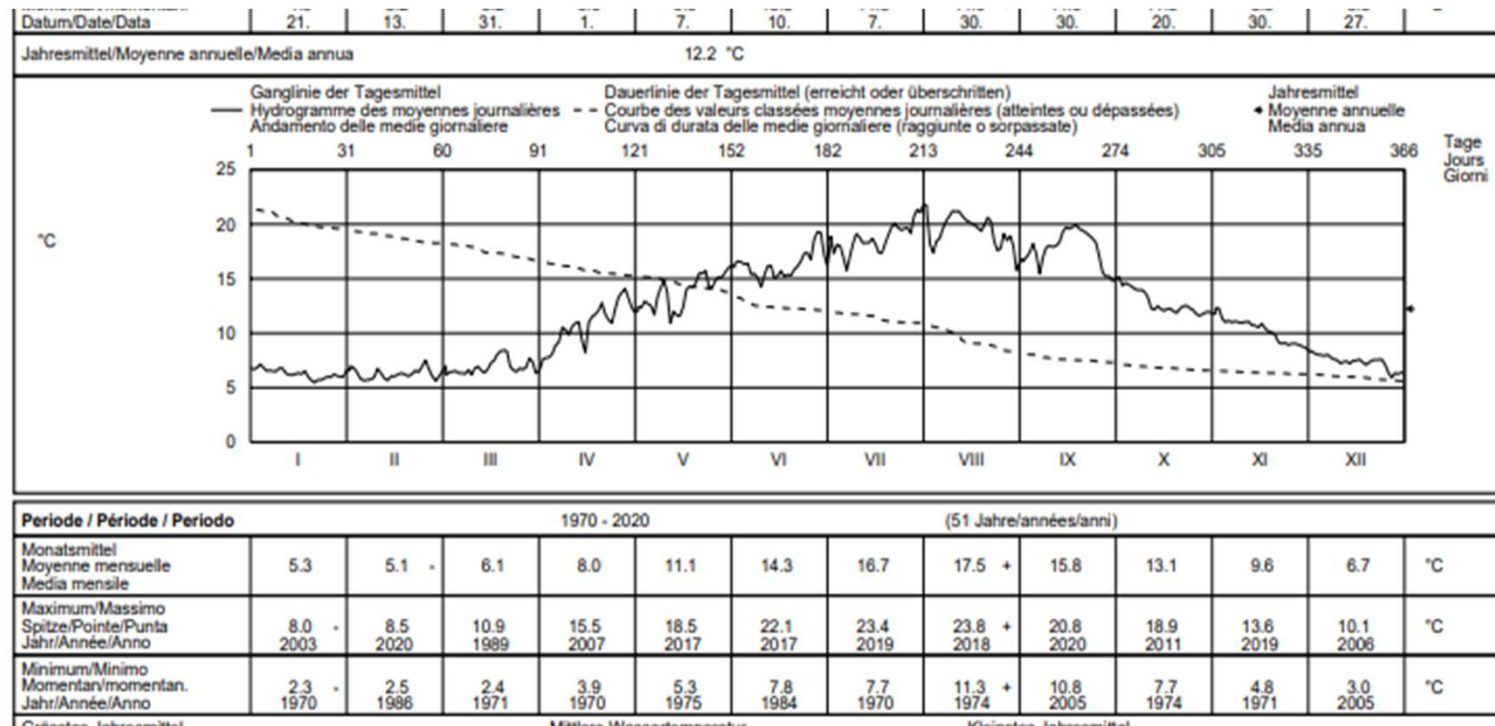
- Seewasser, Flusswasser



Umgebungswärme / Wasser



- Seewasser, Flusswasser +4 / +25 °C



Temperatur Aare, Bern 2020





Herausforderungen

- **Gewässerbiologie der Wärmequelle**
Vermeidung von biologischem Bewuchs (Muscheln, etc.)
 - hohe Strömungsgeschwindigkeiten
 - Pumpenergie

- **Auflagen zur Begrenzung der max. Auskühlung (z.B. 3K)**
 - große Wassermengen → große Rohrdimensionen

- **Reinigungseinrichtungen zur Entfernung von biologischem Bewuchs und sonstigen Störstoffen**
 - Rechen, Filter, Kugelreinigungssystem, Molch, etc.

- **Wahl von Kältemitteln mit geringem Umweltgefährdungspotential**
 - Bevorzugung von CO₂ → kein NH₃



Herausforderungen

- **CO₂ benötigt sehr hohe Drücke im Kältemittelkreis**
→ **Kosten von CO₂ – WP**

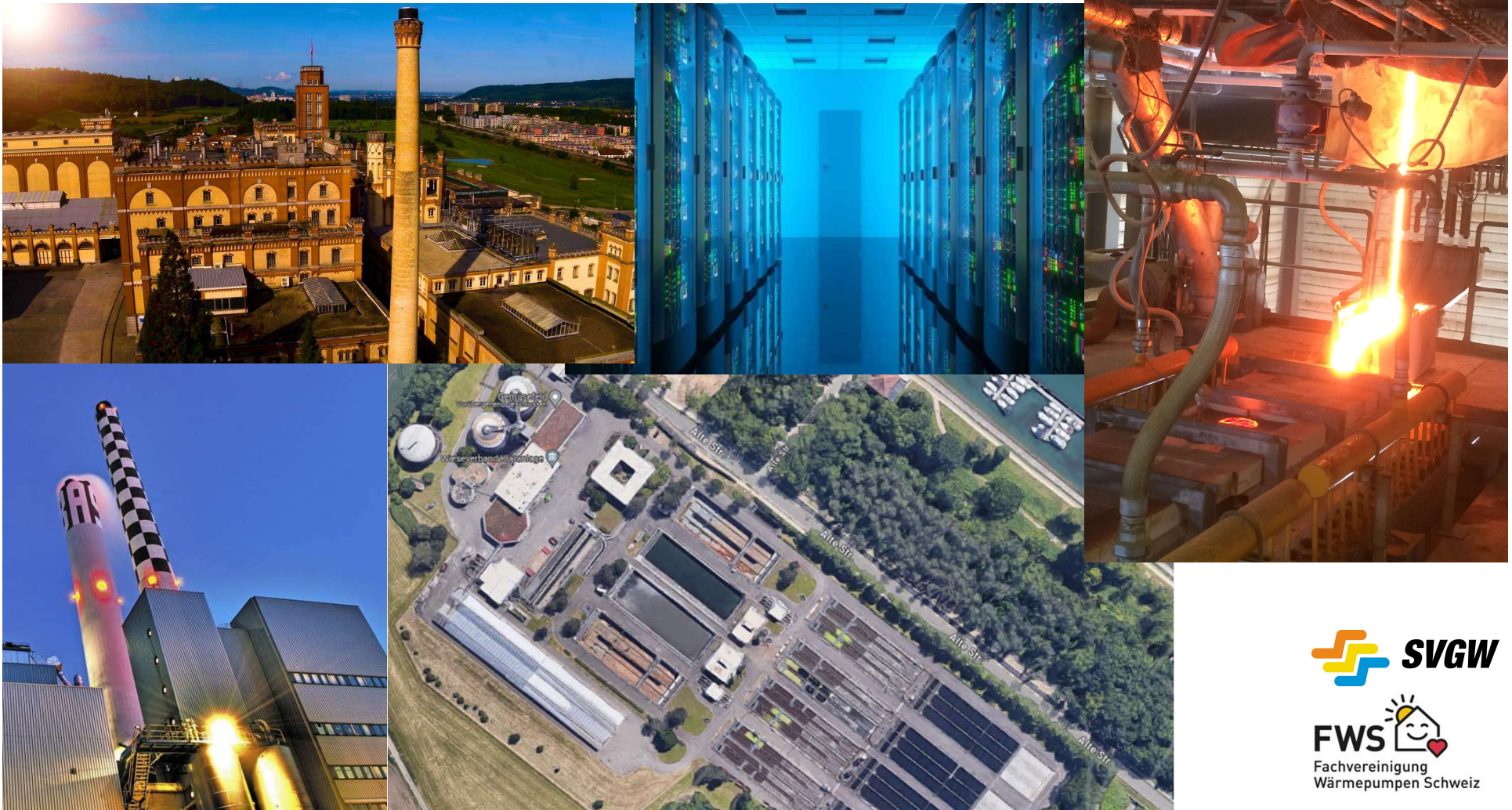
- **CO₂ benötigt tiefe FW-Rücklauftemperaturen (< 50 °C)**
niedrige FW-RL Temperatur hat höheren Einfluss auf hohe COP als niedrige FW-
VL-Temperatur
→ bei bestehenden (alten) FW-Netzen mit grossem Aufwand verbunden

- **Zwischenkreislauf (mit Frostschutz)**
 - **bei Standardkältemittel (NH₃)**
 - **wegen Vereisungsgefahr der WT**
 - **dadurch sehr kleine Temperaturdifferenz**
 - **sehr grosse Dimensionen**

Abwärme



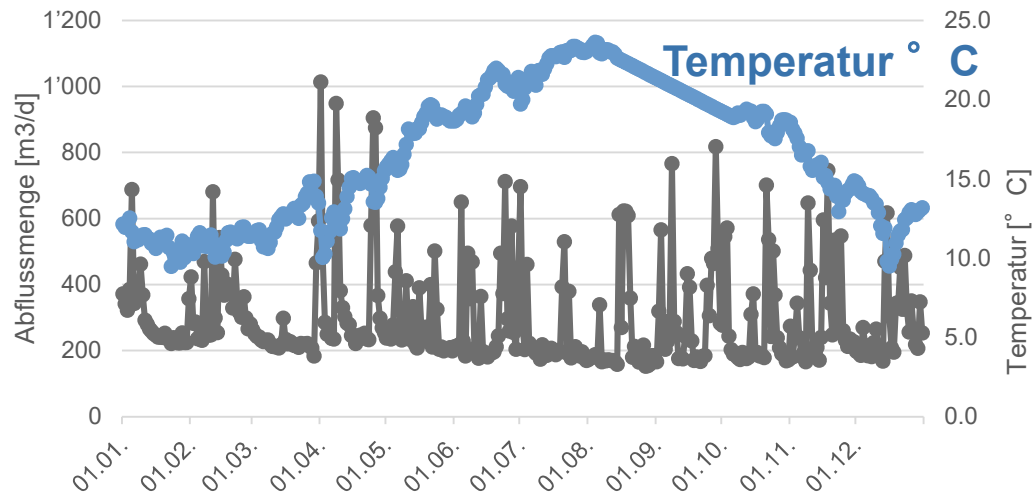
- ARA - Abwärme, Industrielle Abwärme (Nieder – / Hochtemperatur)



Abwärme



ARA, Industrielle Abwärme (Nieder - / Hochtemperatur)



ARA Abflussmenge und Temperatur (+10 / 23 °C)



Industrie / KVA

Je nach Anwendung

20 °C (z.B. Kühlprozesse)

21 bis 90 °C (Prozessabwärme)



Rechenzentrum, Stromproduktion

Luftkühlung: 30 °C +/- 5K

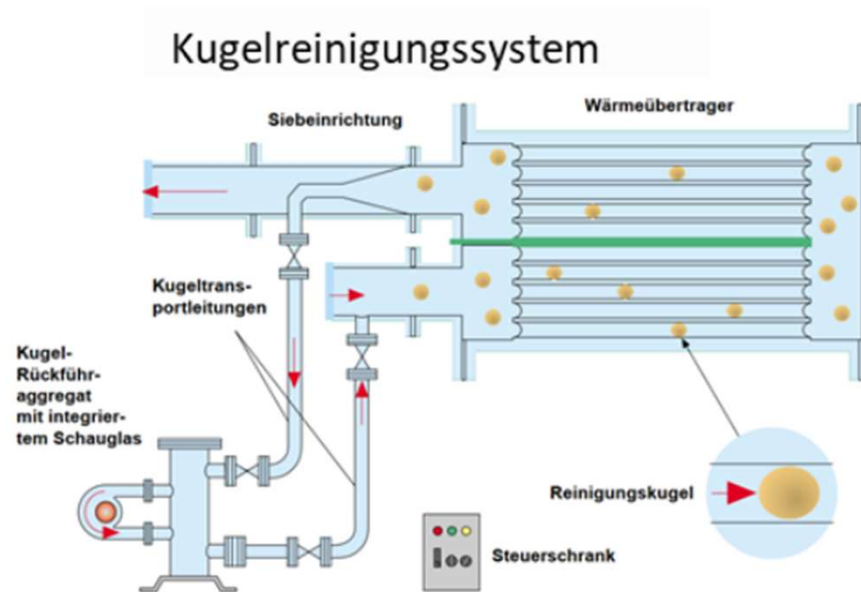
Wasserkühlung: 40 - 60 °C



Filter und Reinigungssysteme



Anwendungen bei „belasteten“ Wärmequellen



Kugelreinigungssystem

- **Verdampfer WP**



Abwasser-WT „im Gerinne“ mit Reinigungssystem

Filter und Reinigungssysteme



Jet-Filter

Kerzen -Filter





Herausforderungen bei Abwärmequellen für Gross-WP

- **Verfügbarkeit der Wärmequelle**
Was passiert bei Produktions-Stillstand (Ferien,)
- **Vertragsdauer, Verlässlichkeit, Abhängigkeit**
Wie lange ist die Abwärme garantiert verfügbar
(Stilllegung, Produktions-Verlagerung,....)
- **Vorrang von Produktionsprozess**
Was passiert wenn neue Verfahren die Abwärme
reduzieren?



Herausforderungen bei ARA-Abwärme

- **Schutz des Reinwassers vor Kältemiteleintrag**
 - ✓ **Direkte Einbindung mit doppelwandigem Wärmetauscher**
 - ✓ **Indirekte Einbindung (Zwischenkreis Wasser-Wasser)**

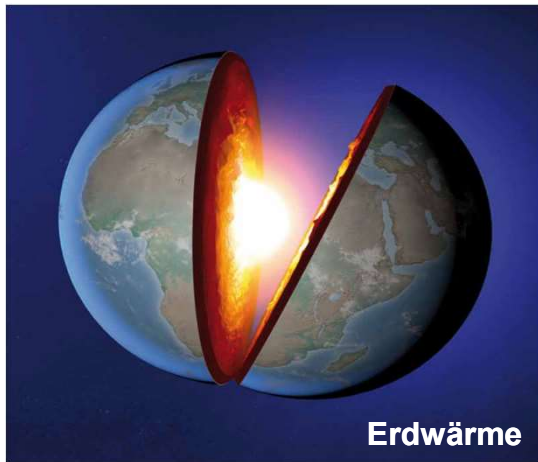
- **schwankendes Wasserangebot**
 - **Errichtung von Pufferbecken**

- **Verschmutzung der technischen Anlage durch biologische Ablagerung**
 - **Filter, Kugelreinigungssystem, Molch, etc**

Geothermie / Erdwärme (untief)



- **Offene Systeme**
Erdwärme + Grundwasser + Wärmepumpen
- **Geschlossene Systeme**
Erdwärme + Erdwärmesonden + Wärmepumpen



Geothermie / Erdwärme (untief)



- Erdwärmesonden, Grundwasser, Tiefengrundwasser, Speicher



Geothermie / Erdwärme (untief)

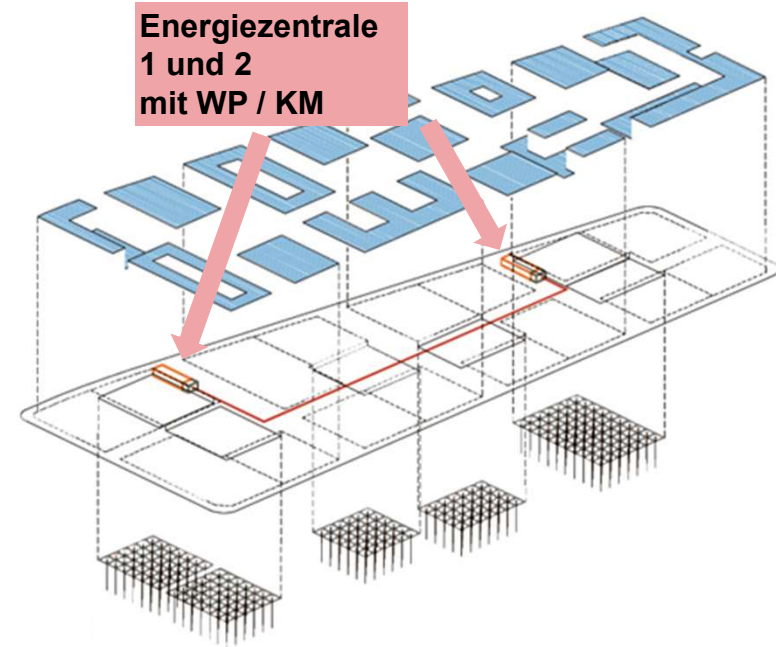
- Erdwärmesonden, Grundwasser,
- Tiefengrundwasser, Speicher

Grundwassernutzung mit / ohne Speicher 5 bis 21 °C

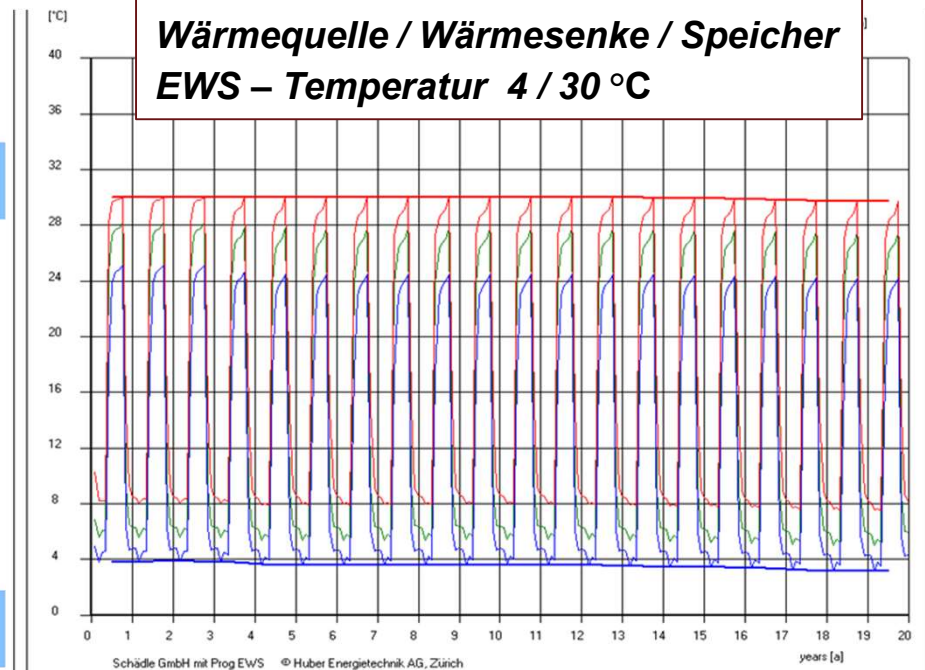
Winter



Sommer



**Erdwärmesonden
Wärmequelle / Wärmesenke / Speicher
EWS – Temperatur 4 / 30 °C**



Geothermie / Erdwärme (untief)



Grundwasser 12 bis 16 °C
Tiefengrundwasser 20 bis 35 °C
Steht konstant zur Verfügung





Herausforderungen **Erdwärmesonden**

- **Grosser Flächenbedarf für Erdsondenfelder**
- **Lange Bauzeiten für Erdsonden oft vor Beginn der Bautätigkeiten für das Projekt**
- **Dimensionierung so, dass möglichst kein Frostschutz notwendig ist ($> +4\text{ °C}$)**
- **Als „reine Wärmequelle“ wegen geringer Wärmedichte nicht gut für Grossanlagen geeignet – Nutzung als Wärmequelle **und** Wärmesenke (Wärme- und Kältenutzung und saisonaler Speicher) sehr gut geeignet.**

Geothermie / Erdwärme (untief)



Herausforderungen

Grundwasser / Tiefengrundwasser

- Standortbezogen
abhängig vom Grundwasser / Tiefengrundwasserpotential
- Begrenzung der max. Auskühlung (z.B. 3K)
→ große Wassermengen → große Rohrdimensionen
- Reinigungseinrichtungen zur Entfernung von Feststoffen durch
→ Filter, etc.
- In der Regel Zwischenkreis (Wasser-Wasser) notwendig
- Lange Projektierungszeit (Probebohrung, Test) vor Beginn der
Bautätigkeiten für das Projekt
- Als Wärmequelle und Wärmesenke (Wärme- und Kältenutzung
und saisonaler Speicher) je nach Geologie sehr gut geeignet.

Geothermie / Erdwärme (Tief)



- Hydrothermal, saisonaler Speicher (ATES)

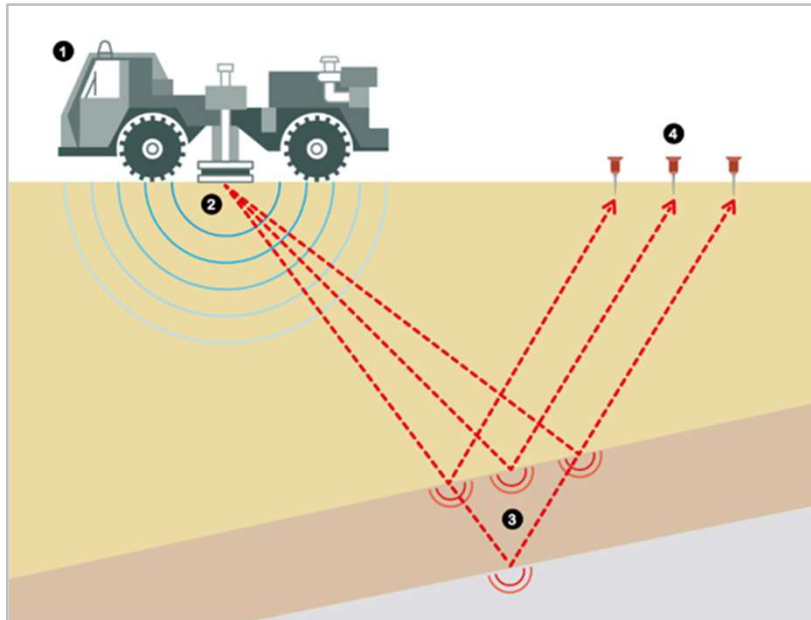


Geothermie / Erdwärme (Tief)



Grundlagen

- Kenntnisse über den Untergrund



Geophysische Messungen



Explorationsbohrungen



Möglichkeiten

Geothermie **30 bis 90 °C**
(je nach Tiefe)
Steht konstant zur Verfügung

Wichtig:

- **Wärmepumpe zur Unterkühlung der Geothermie**
- **Doppelnutzung der Wärmequelle**

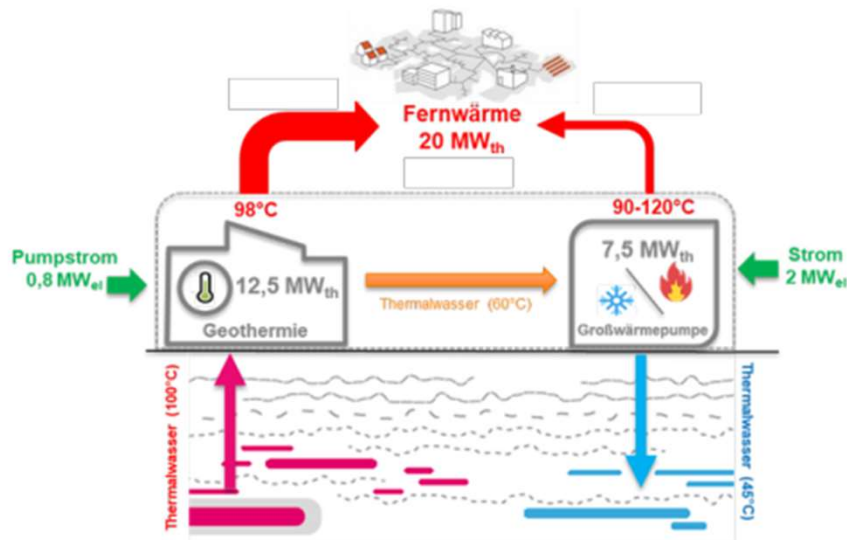


Geothermie / Erdwärme (Tief)

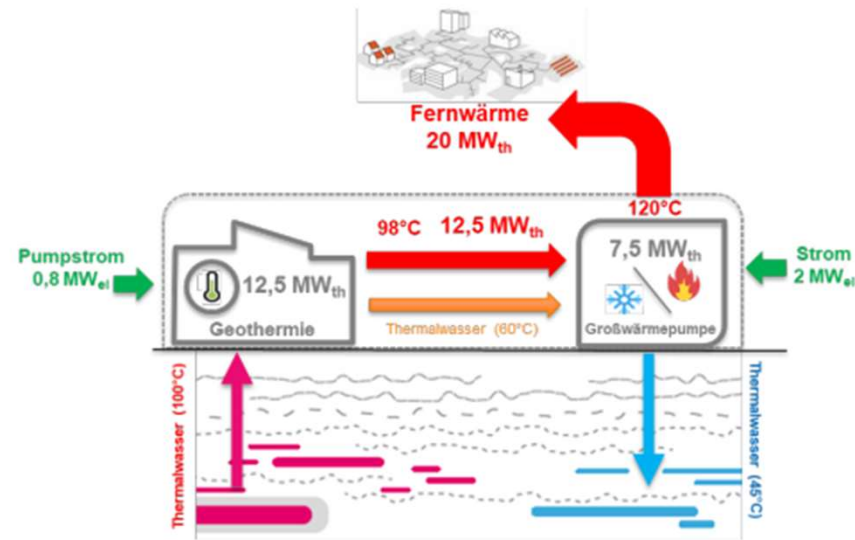


Geothermie – Einbindung mit Wärmepumpe (Beispiel Wien)

Parallelbetrieb von Geothermie und Wärmepumpe zur Erhöhung der Einspeiseleistung



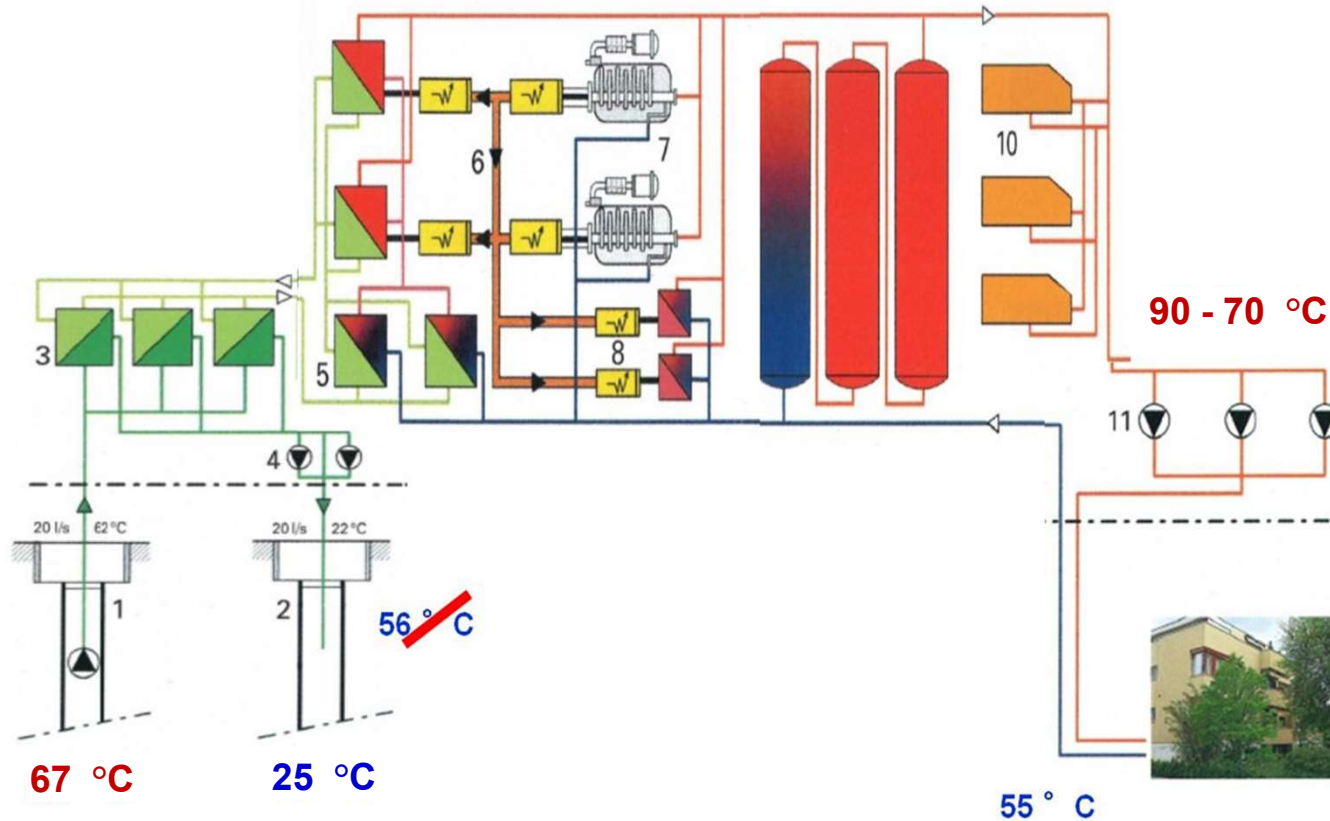
Serieller Betrieb von Geothermie und Wärmepumpe zur Erhöhung der Einspeiseleistung + Nachheizung der Geothermie



Geothermie / Erdwärme (Tief)



Geothermie – Unterkühlung mit Wärmepumpe (Beispiel Riehen)





Herausforderungen Geothermienutzung

- Standortbezogen abhängig von Geologie
- Lange Vorerkundung und Entwicklung
- Grosse Unsicherheiten und Risiken (Fündigkeit) zu Projektbeginn
- Projektabwicklung komplex
- Materialwahl wegen Korrosion und Scaling schwierig
→ Filter, Inhibitoren, etc.



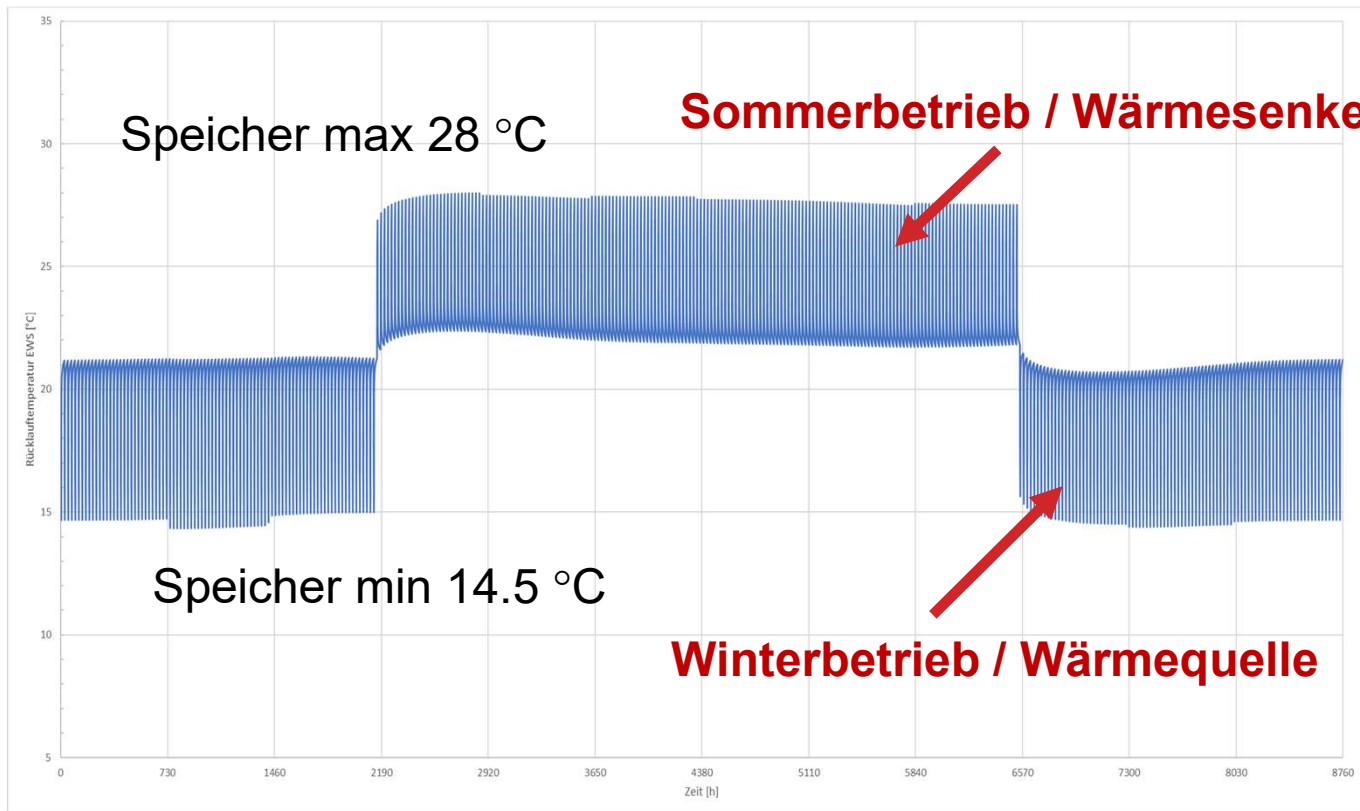
Chancen Geothermienutzung

- **Hohe Quellentemperatur, oft auch direkt zur Rücklaufanhebung nutzbar**
- **Sehr hoher COP**
- **Gute Verfügbarkeit**
- **Als saisonaler Speicher nutzbar**

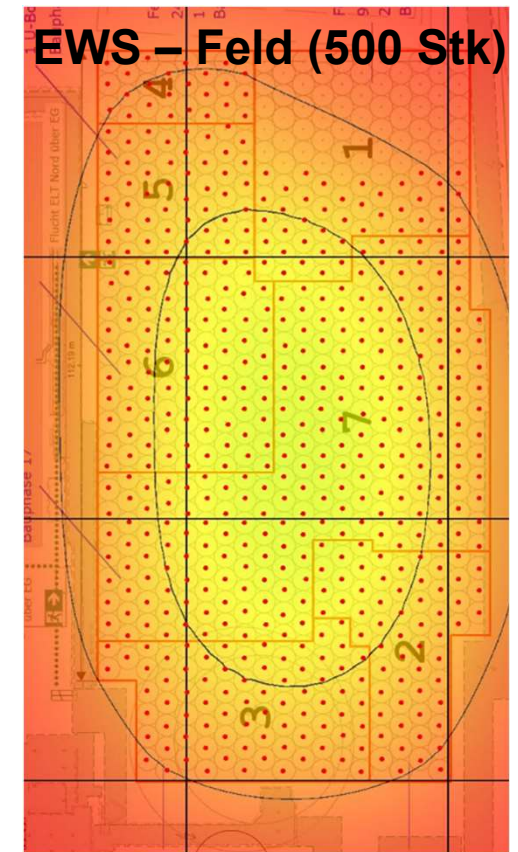
Saisonale Speicher und Kombinationen



EWS-Speicher Wärme - und Kältenutzung (Simulation)



Entzugsleistung ca 5 MW

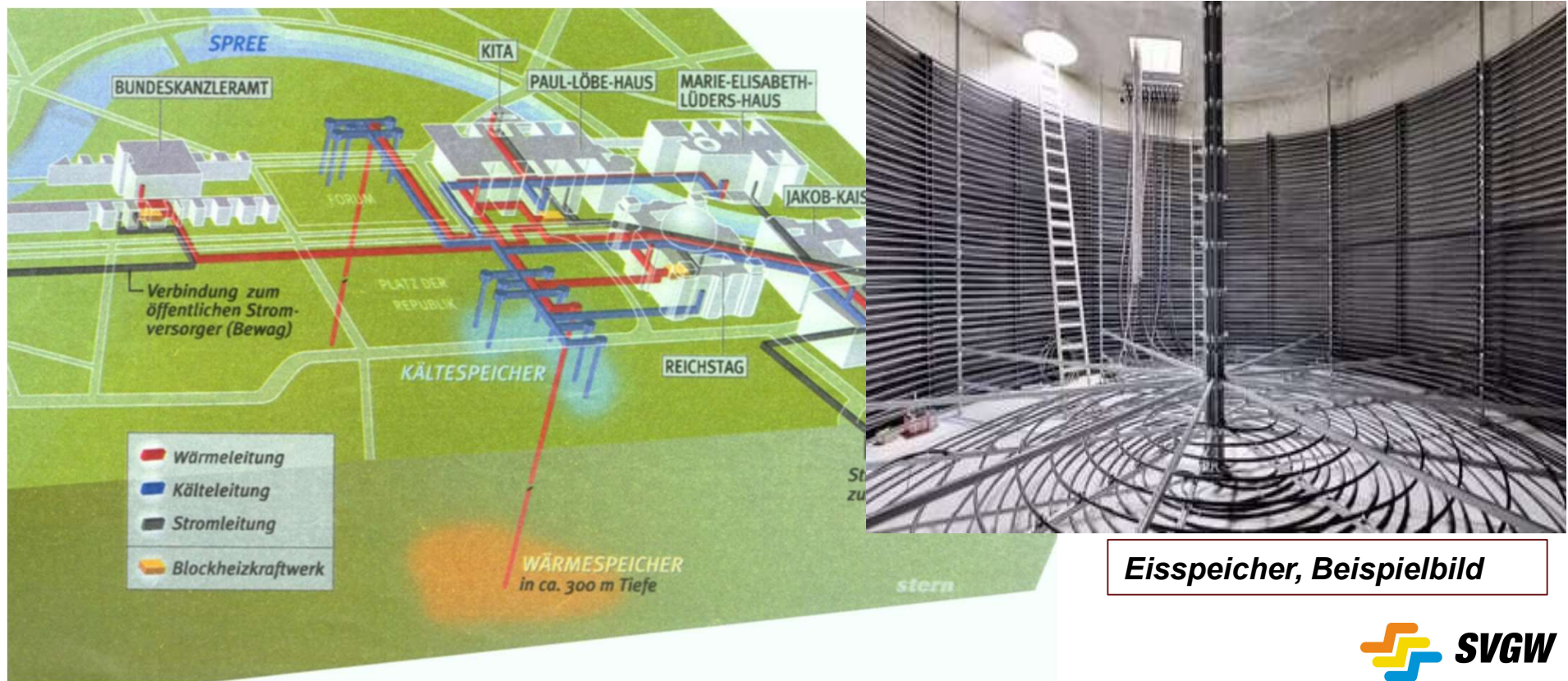


Saisonale Speicher und Kombinationen



Kombinationen und saisonale Speicher

- Solar (PV, Thermal), Eisspeicher, Hydrothermal, ATES

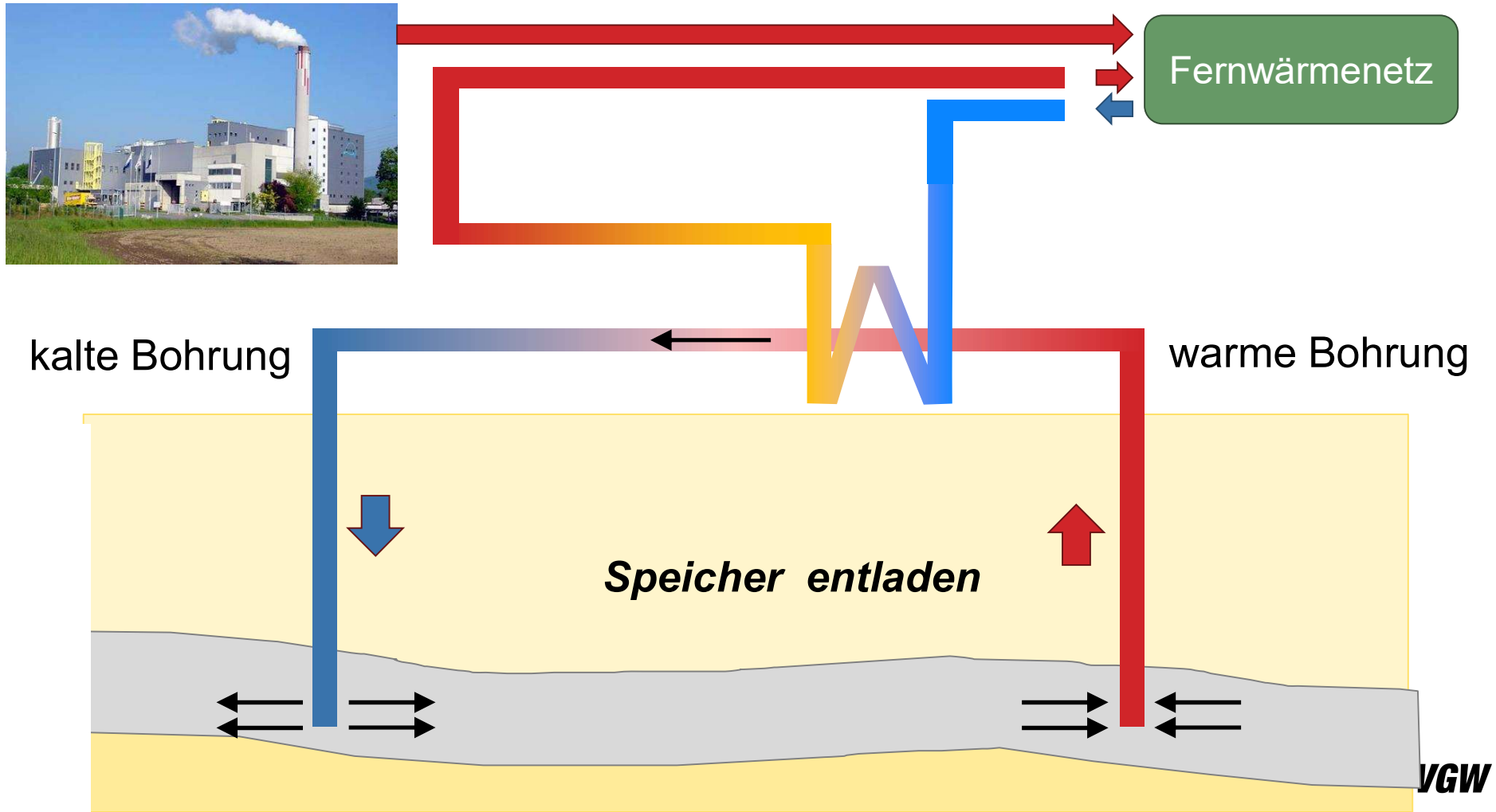


Eisspeicher, Beispielbild

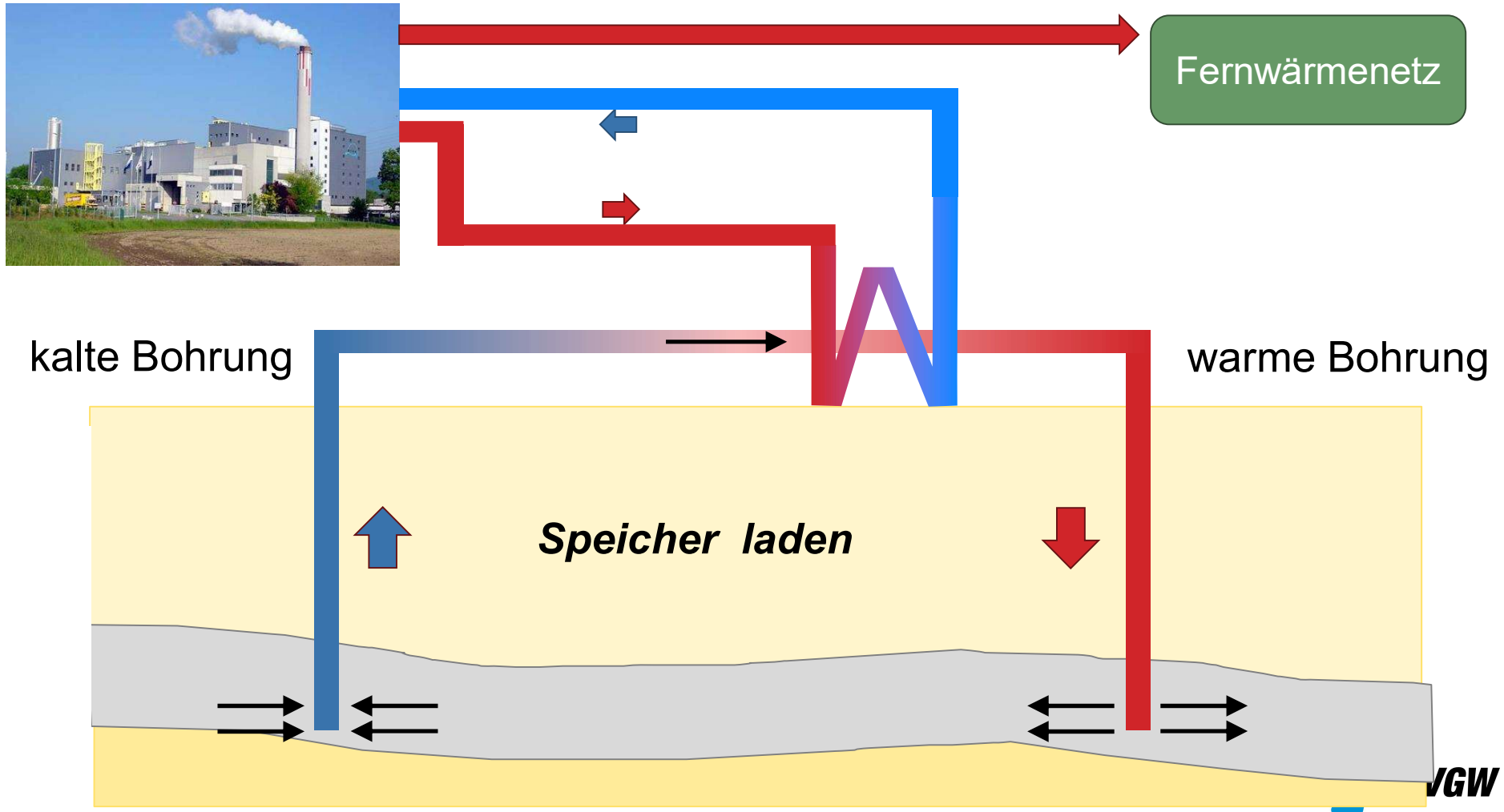
Berliner Spreebogen – Tiefenspeicher (ATES) mit Wärmepumpe



Saisonale Speicher und Kombinationen



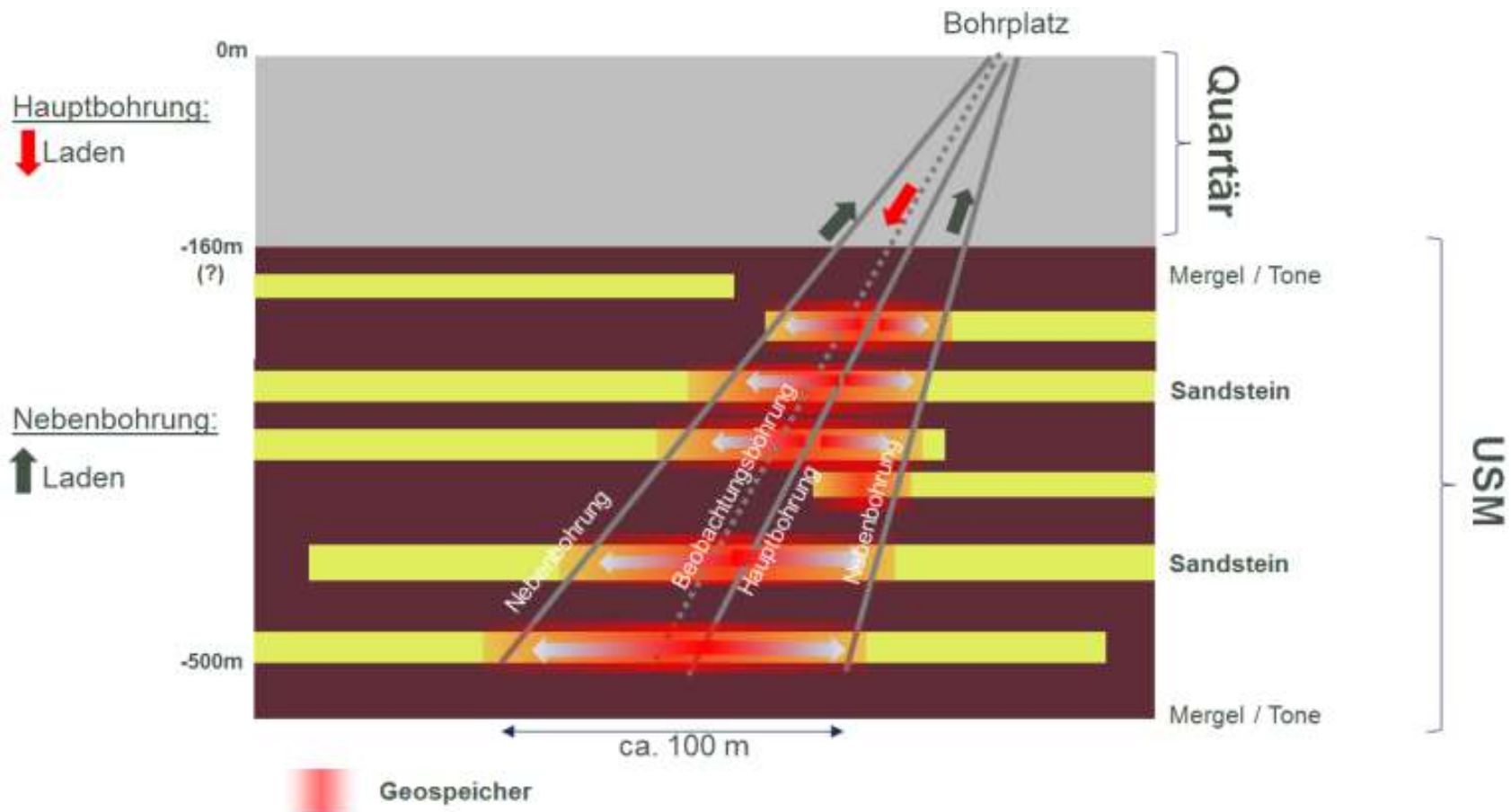
Saisonale Speicher und Kombinationen



Saisonale Speicher und Kombinationen



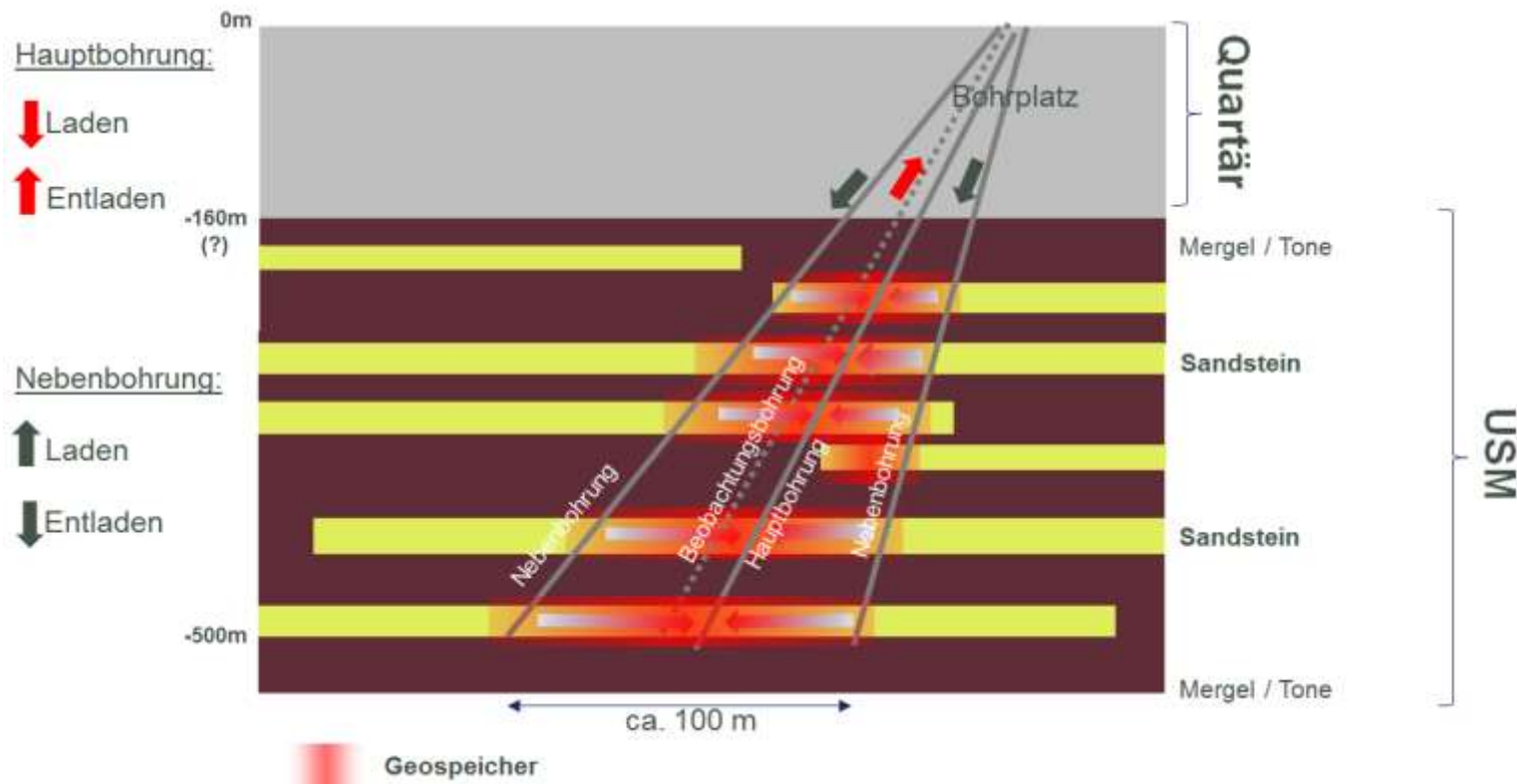
Funktionsprinzip Geospeicher Laden



Saisonale Speicher und Kombinationen



Funktionsprinzip Geospeicher Entladen



Saisonale Speicher und Kombinationen



Herausforderungen Speicher und Kombinationen

- Standortbezogen abhängig von Geologie
- Sehr Komplexes Projekt
- Bisher wenig erprobt daher grosse Unsicherheiten und Risiken
- Je nach Ladetemperatur können auch hohe Entladetemperaturen genutzt werden

Qualifizierung und Bewertung Wärmequellen



Wärmequelle	Verfügbarkeit	Temperatur	Zwischenkreis	Volatilität	Risiken
Umweltwärme					
Luft	++	--	++	++	+
Wasser	+	+	++	++	+
Abwärme					
ARA	+	+	++	+	+
Industrie	-	++	++	--	-
Rechenzentrum	-	+	++	++	+
Erdwärme					
untief	+	+	+	++	+
tief	+	++	+	++	--
Speicher	+	++	+	+ / -	-

Welche Wärmequelle passt zu meinem System?



- Was sind die idealen Quellen-Temperaturen?
Was sind die minimalen Quellen-Temperaturen?
- Wie stabil / zuverlässig ist die Wärmequelle, auch über einen langen Zeitraum?
- Wie volatil (schwankend) ist die Wärmequelle?
kurzfristig / saisonal
- Welche Risiken sind bei der Erschliessung und beim Betrieb zu berücksichtigen?
- Welche Kosten (capex und opex) sind zu erwarten?
- Ist eine „Doppelnutzung“ (Speicherung / Wärme-Kälte / Direktnutzung – Rücklaufanhebung) möglich?

Wärmequellen für grosse Wärmepumpen

09.04.2024



Der Eine wartet, dass die Zeit sich wandelt,
der Andere packt sie kräftig an und handelt.

Dante Alighieri (1265-1321) it. Dichter