

**Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie SGH  
Jahrestagung 16.6.2023**

***V-Zug  
Brauchwassernutzung zu thermischen Zwecken***

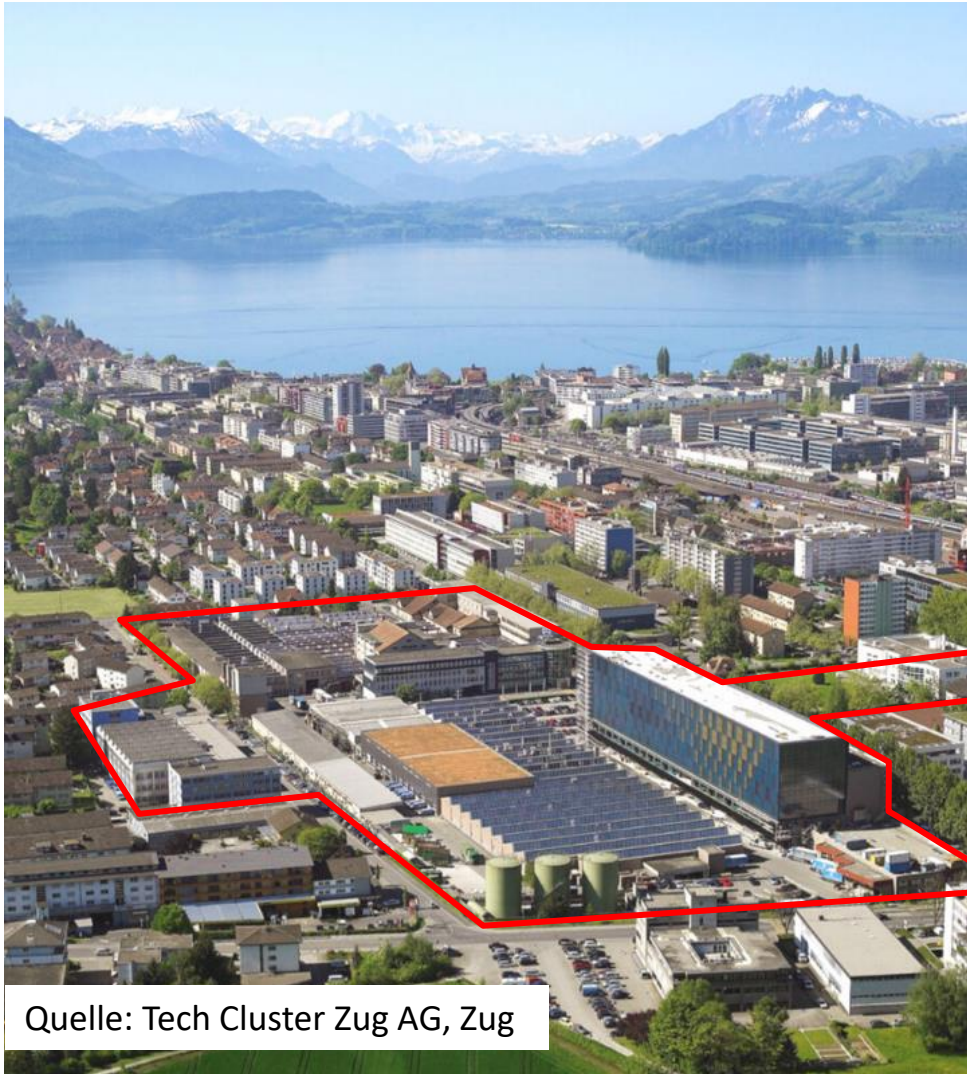
H. Pfister, MSc Geologe UniBAS  
[h.pfister@jaeckli.ch](mailto:h.pfister@jaeckli.ch)

Jäckli Geologie AG, Zürich, Baden, Cham, Goldau, Winterthur

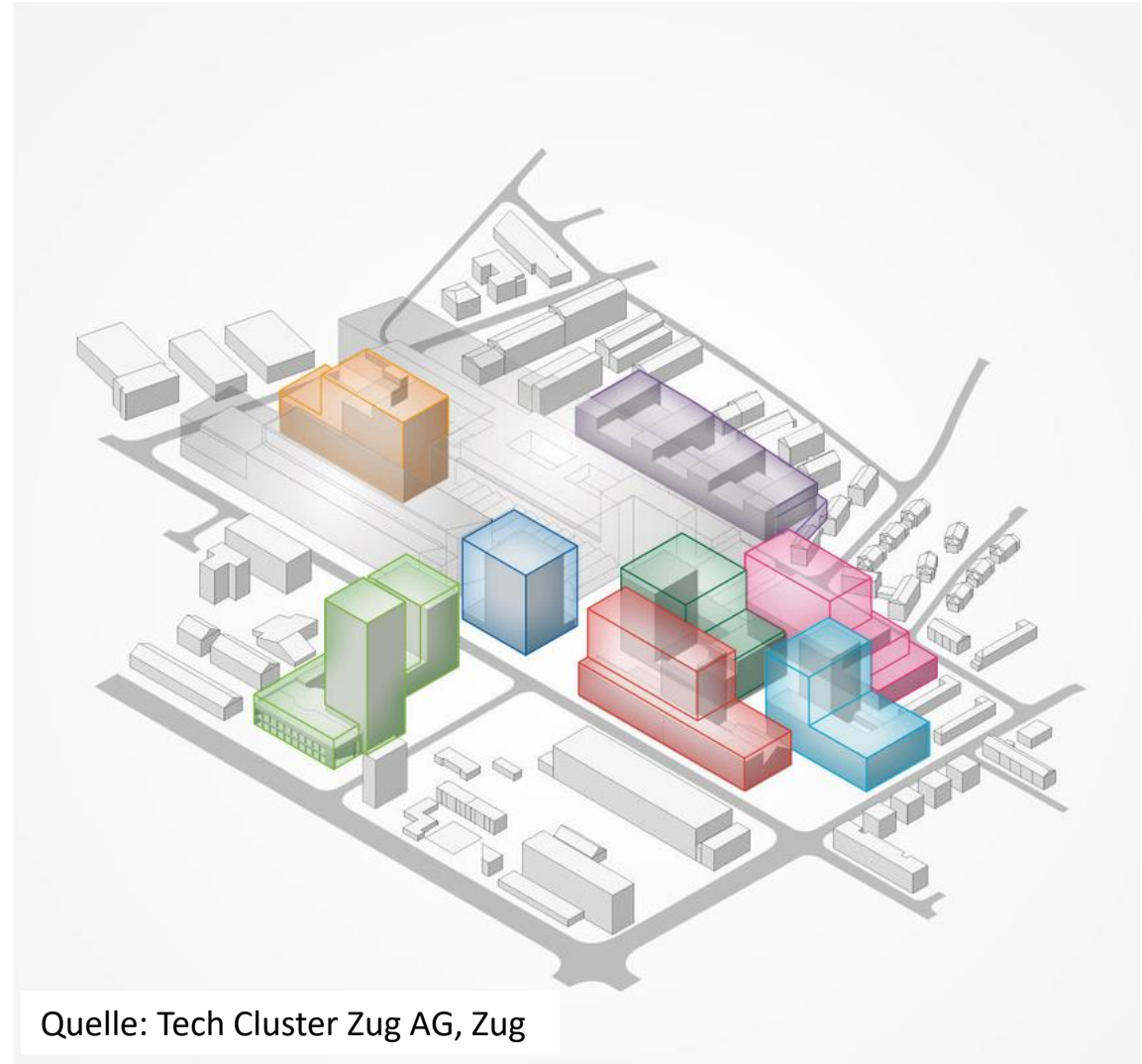
## Inhalt

- Kurzvorstellung Projekt
  - Tech Cluster Zug (TCZ)
  - Multi Energy Hub (MEH)
- Tiefengrundwasser des Baarer Beckens
  - Geologische Übersicht
  - Steinhauserwald-Inwil-Komplex
  - Tiefengrundwasser
- Brunnendoublette des MEH
  - Impressionen Brunnenbau
  - Betrieb als Saisonwärmespeicher

## Tech Cluster Zug (TCZ)



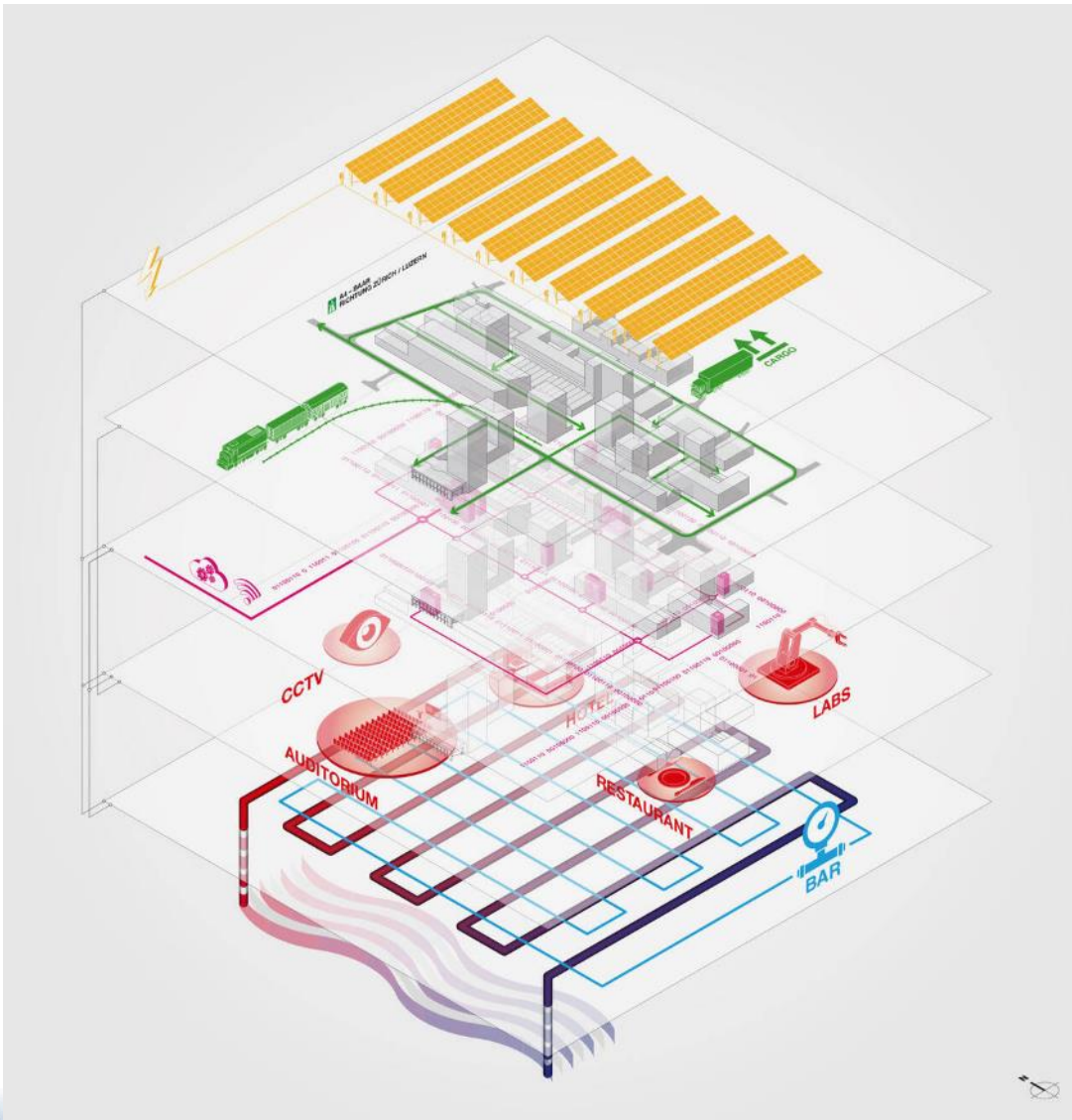
Quelle: Tech Cluster Zug AG, Zug



Quelle: Tech Cluster Zug AG, Zug

- Transformation des V-Zug-Industriearials (Produktion der bekannten Haushaltgeräte) in Zug bis 2044
- Industrieproduktion wird verdichtet, bleibt auf dem Areal und damit in der Stadt
- Ansiedelung von Industrie, Dienstleistung, Bildung und Wohnen auf den frei werdenden Flächen
- Bebauungsplan Gesamtareal (80'000 m<sup>2</sup>) 2018 genehmigt.

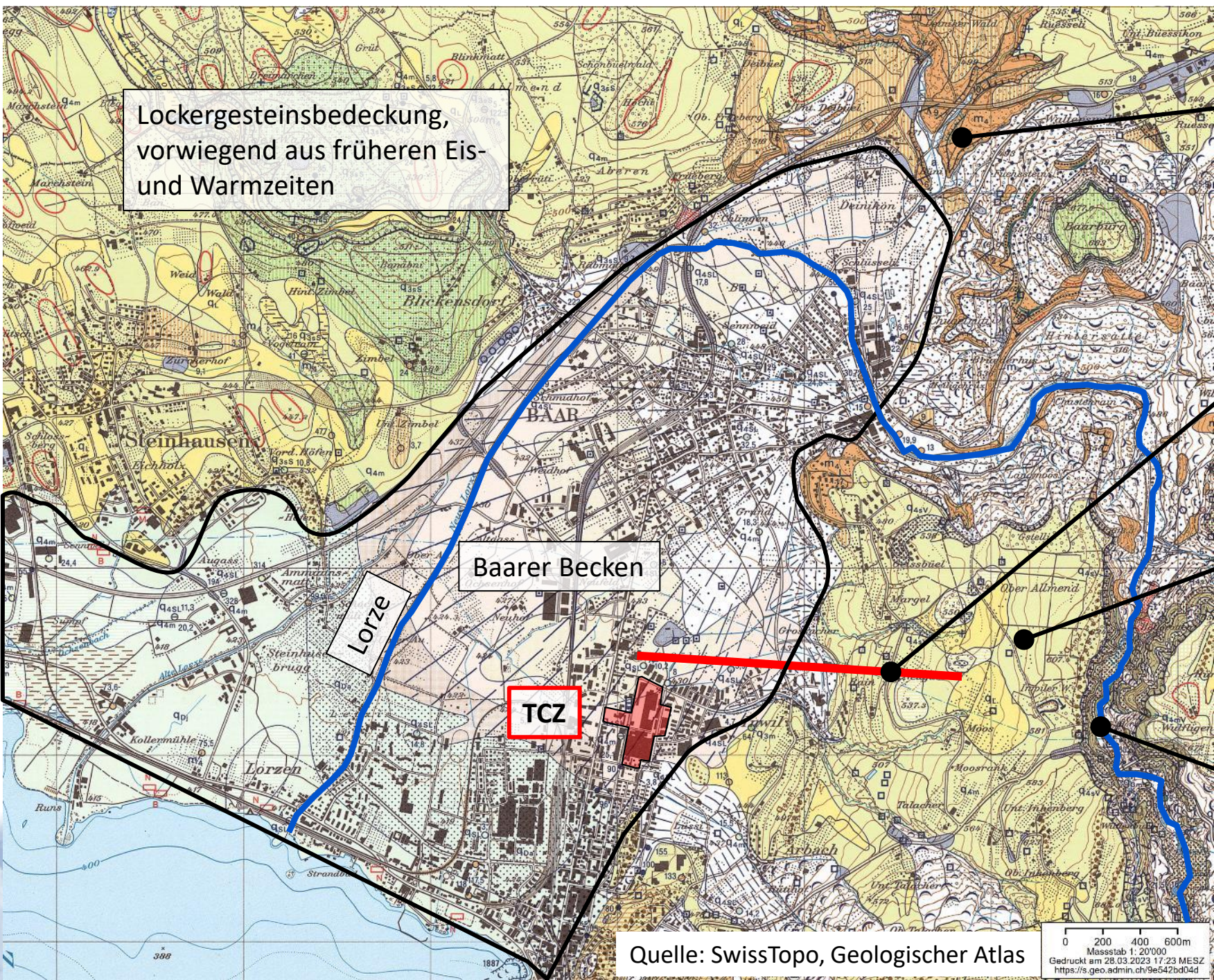
## Multi Energy Hub (MEH)



Quelle: Tech Cluster Zug AG, Zug

- Arealversorgung mit Wärme, Kälte, Strom, Kommunikation, Elektromobilität
- Bewirtschaftung von arealinterner (PV-Anlagen, Industrieabwärme, thermische Grundwassernutzung) und arealexterner Energie (Seewasser-Wärme, Stromnetz)
- Betrieb durch ein Joint-Venture der V-Zug und der städtischen Werke (WWZ, Zug)
- Energiezentrale auf dem Areal des Tech Clusters Zug 2022 erstellt
- Potential für Versorgung ausserhalb des Areals
- Potential Grundwasserwärme nicht ausreichend. Aber Grundwasser ermöglicht Saisonwärmespeicherung.

Überblick Geologie: Das Baarer Becken



Lockergesteinsbedeckung, vorwiegend aus früheren Eis- und Warmzeiten

Molassefels mit geringmächtiger Bedeckung

Spur Geologisches Profil (folgende Folie)

Mächtige Lockergesteinsbedeckung, vorwiegend aus früheren Eis- und Warmzeiten

Lorzentobel, eingetieft in Lockergesteinen

Baarer Becken

Lorze

TCZ

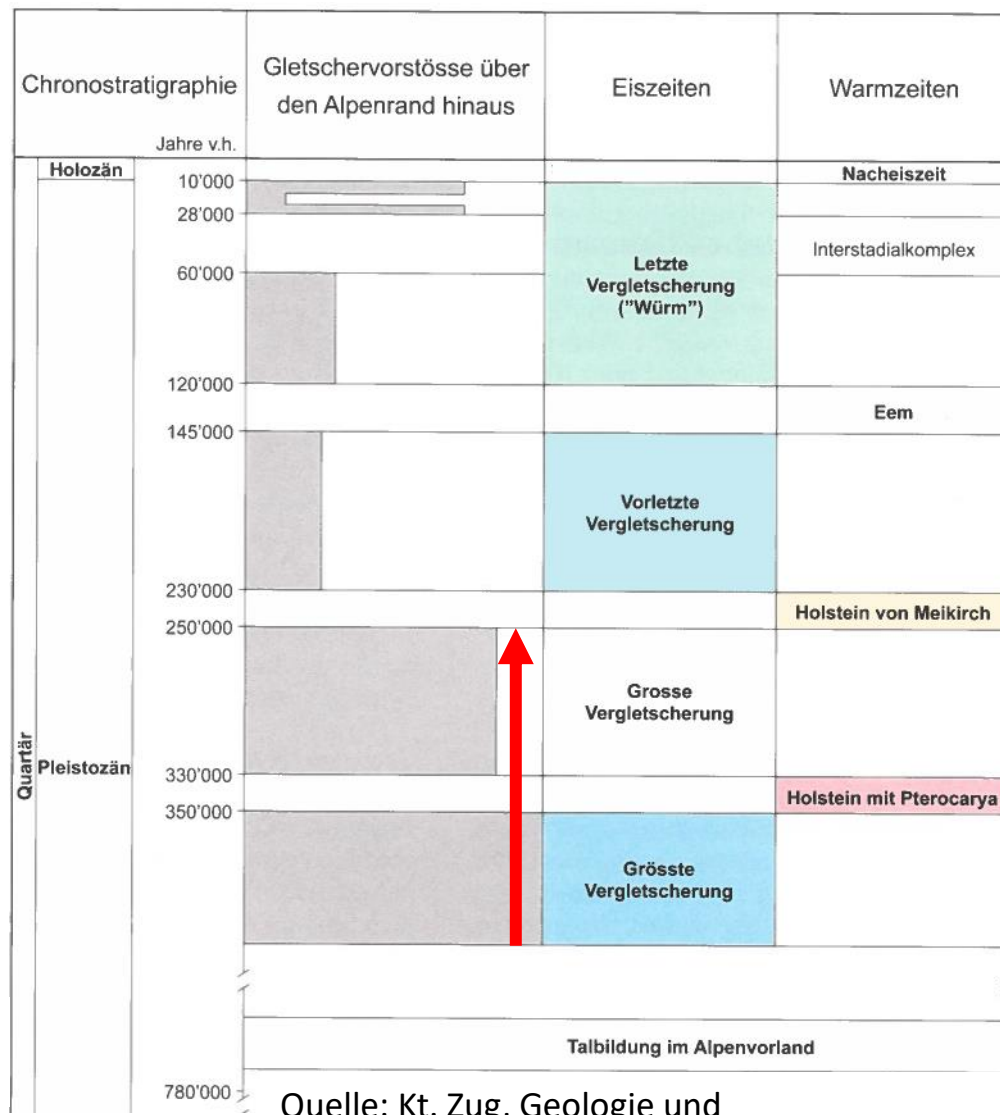
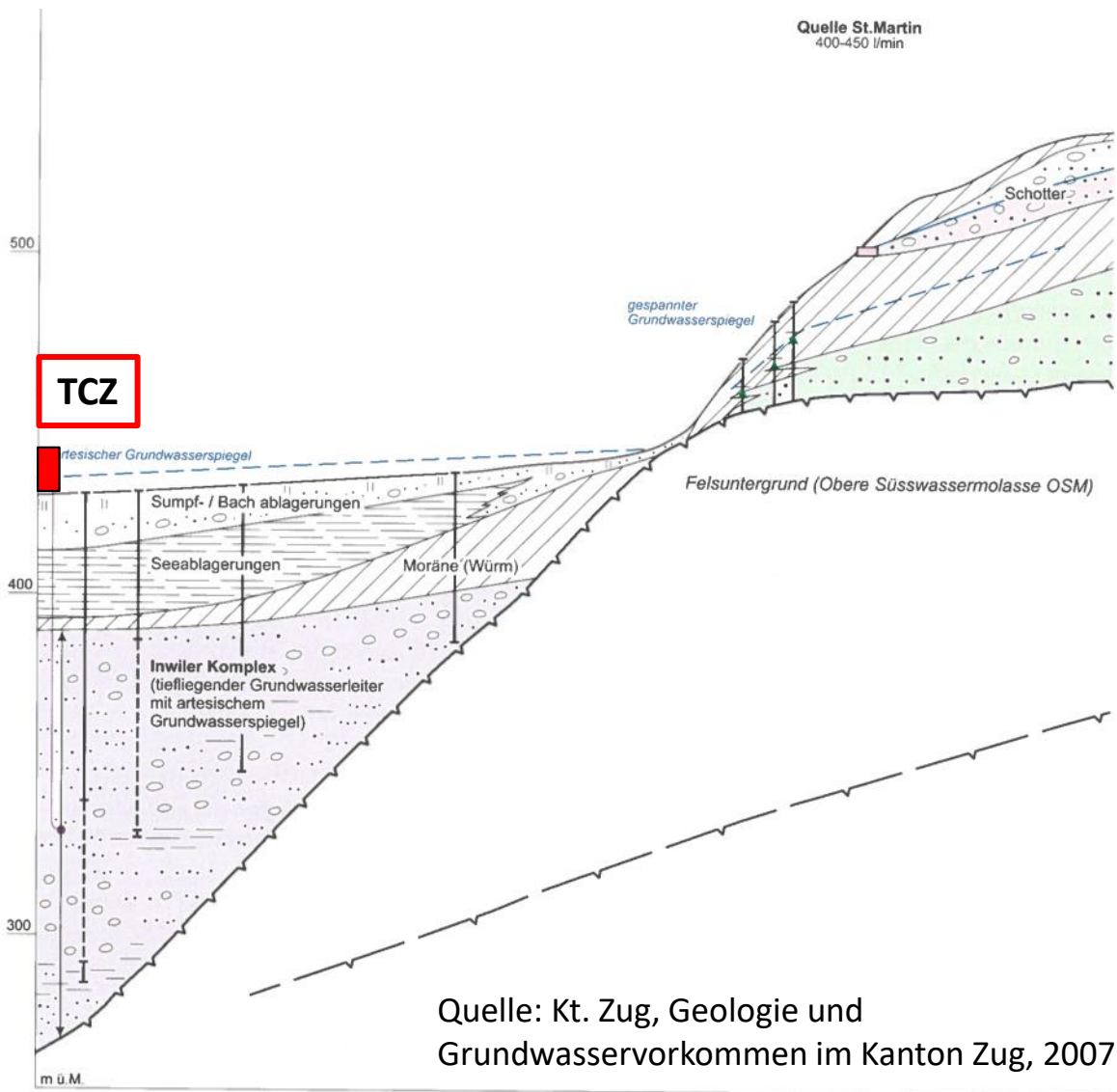


Quelle: SwissTopo, Geologischer Atlas

0 200 400 600m  
 Massstab 1:20'000  
 Gedruckt am 28.03.2023 17:23 MESZ  
<https://s.geo.admin.ch/9e542bd04d>

# V-Zug, Brauchwassernutzung zu thermischen Zwecken

## Überblick Geologie: Das Baarer Becken

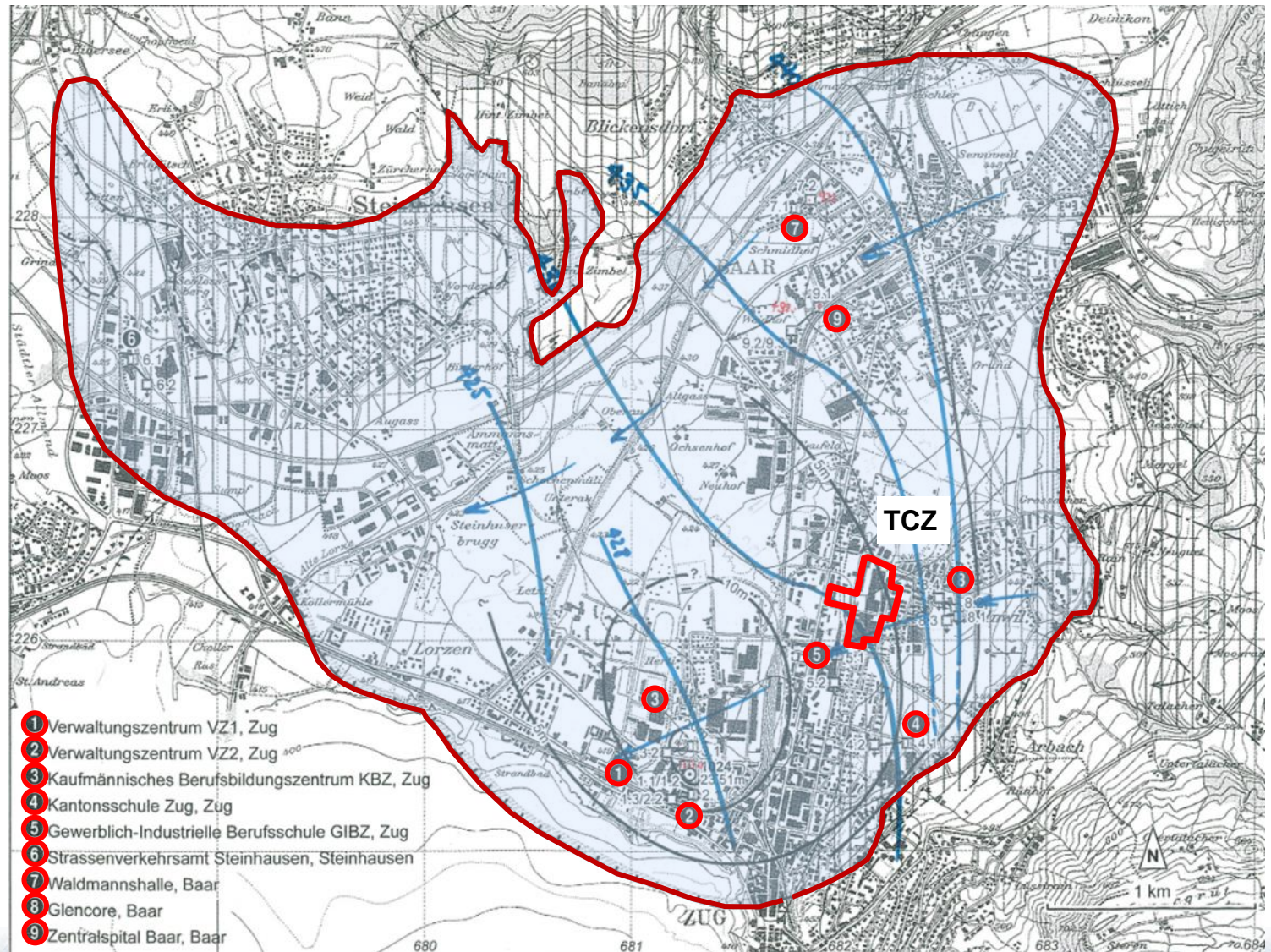


Die Lockergesteine können im Gebiet des TCZ in 2 Haupteinheiten unterteilt werden:

- Bis ca. 50 m u.T.: Würmeiszeitliche Moränen und Seeablagerungen, überlagert von jungen Fluss-, Delta- und Verlandungsablagerungen.
- Unterhalb von ca. 50 m u.T.: Ältere See- und Flussablagerungen (sog. Inwiler Komplex oder Steinhauserwald-Inwil-Komplex)

## Tiefengrundwasser des Baarer Beckens

- Zirkuliert in einer Tiefe zwischen 60 und 150 m unter Gelände.
  - Brunnentiefe bis ca. 150 m
- Grundwasserleiter: Steinhauserwald-Inwil-Komplex
- Nur geringer Wasserdurchfluss
  - Ermöglicht Bewirtschaftung als saisonaler Wärmespeicher
- In der Talebene gebietsweise artesisch gespannt
  - Brunnenbau aufwendig
- Ausgangstemperatur: ca. 15°C
- Grundwasser sauerstofffrei, eisen- und manganreich
- Für Trinkwassernutzung nicht geeignet



Quelle: Kt. Zug, Geologie und Grundwasservorkommen im Kanton Zug, 2007 (bearbeitet)

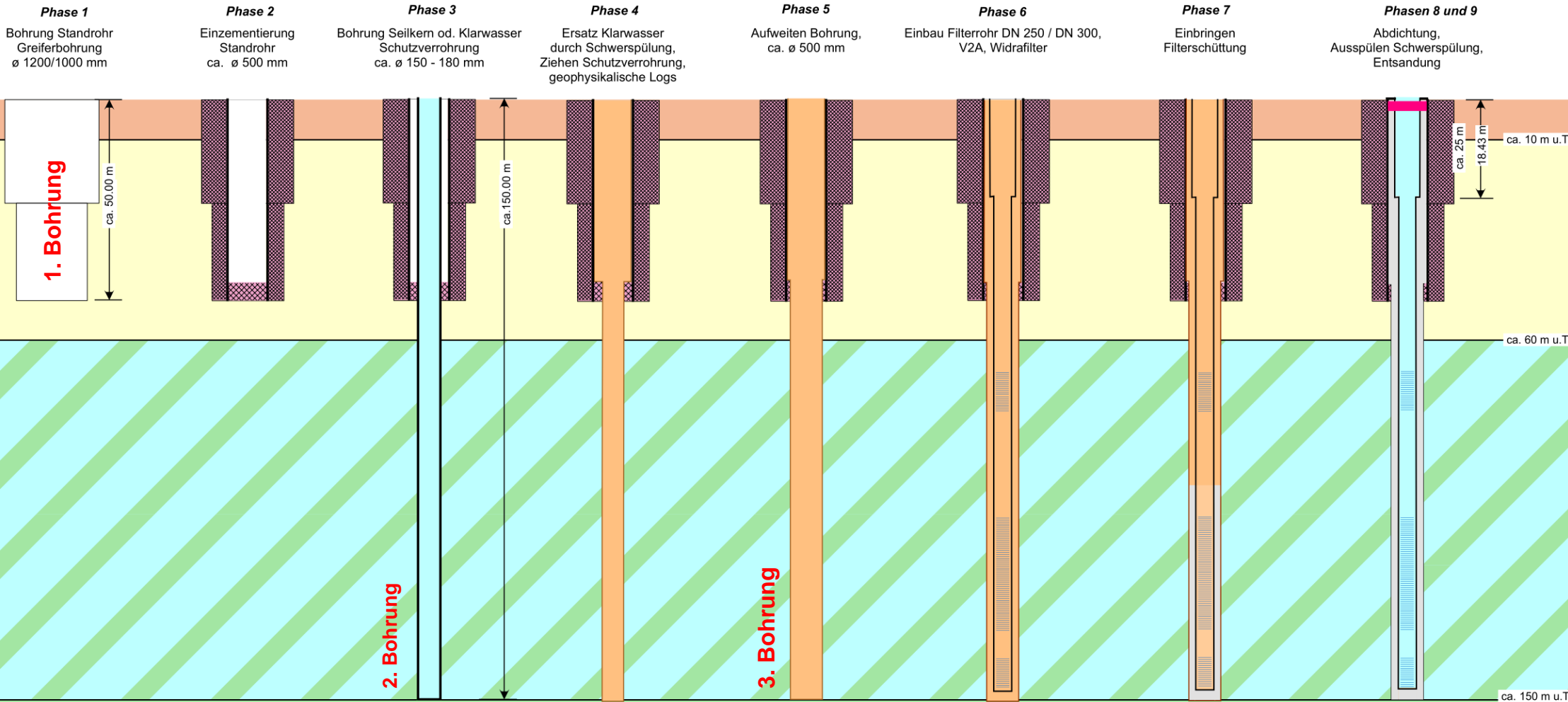
## Brunnendoublette des MEH

- 1 Brunnendoublette, bestehend aus 2 Brunnen
- Bidirektionaler Betrieb
  - Kühlbetrieb: Förderrichtung 1 (B 1: Förderung; B 2: Rückversickerung)
  - Heizbetrieb: Förderrichtung 2 (B 1: Rückversickerung; B 2: Förderung)
- B1: Kalter Brunnen
- B2: Warmer Brunnen
- Untergrund und Grundwasser = Saisonaler Wärmespeicher



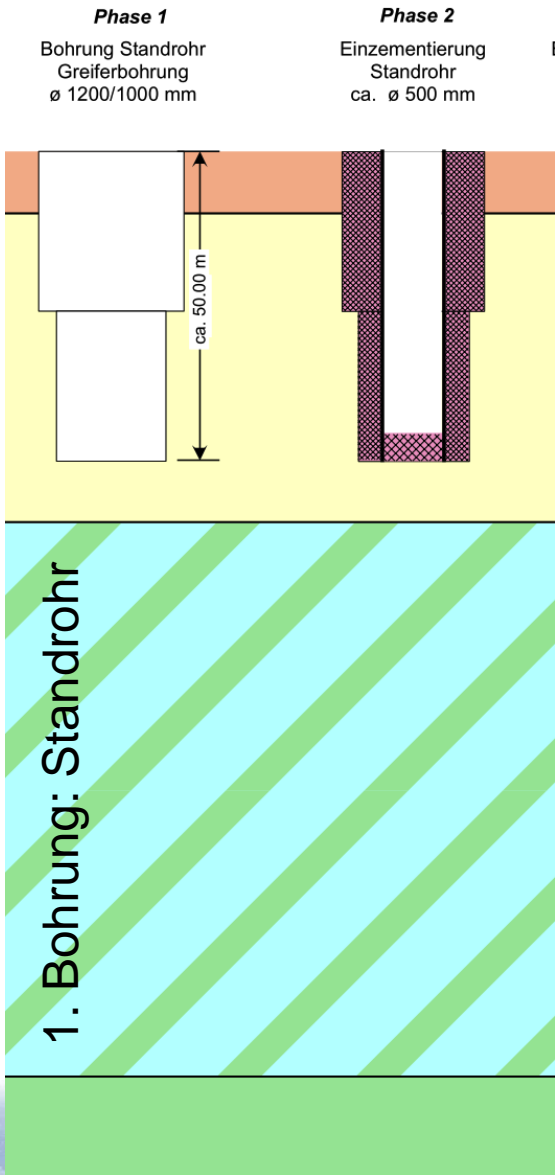


## Brunnenbau

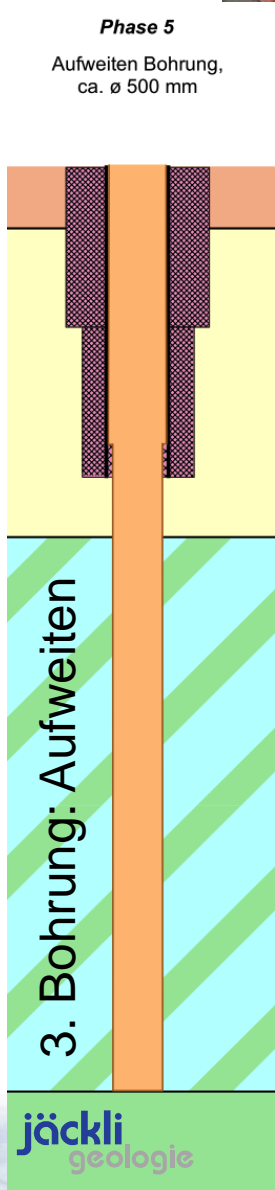


**Bohrkonzept: Ablauf Bohrarbeiten und Brunnenbau**

## Brunnenbau



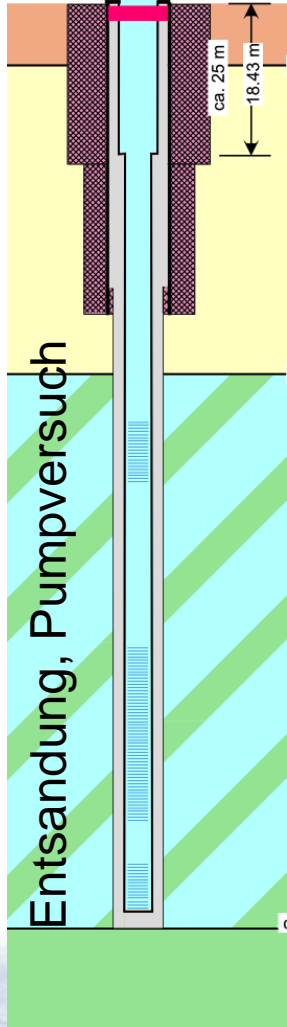
## Brunnenbau



## Brunnenbau

Phasen 8 und 9

Abdichtung,  
Ausspülen Schwerspülung,  
Entsandung



Klarspülung,  
Entsandung Brunnen



Pumpversuch:  
**Das Wasser fließt!**  
Brunnenkapazität: ca. 1'300 l/min

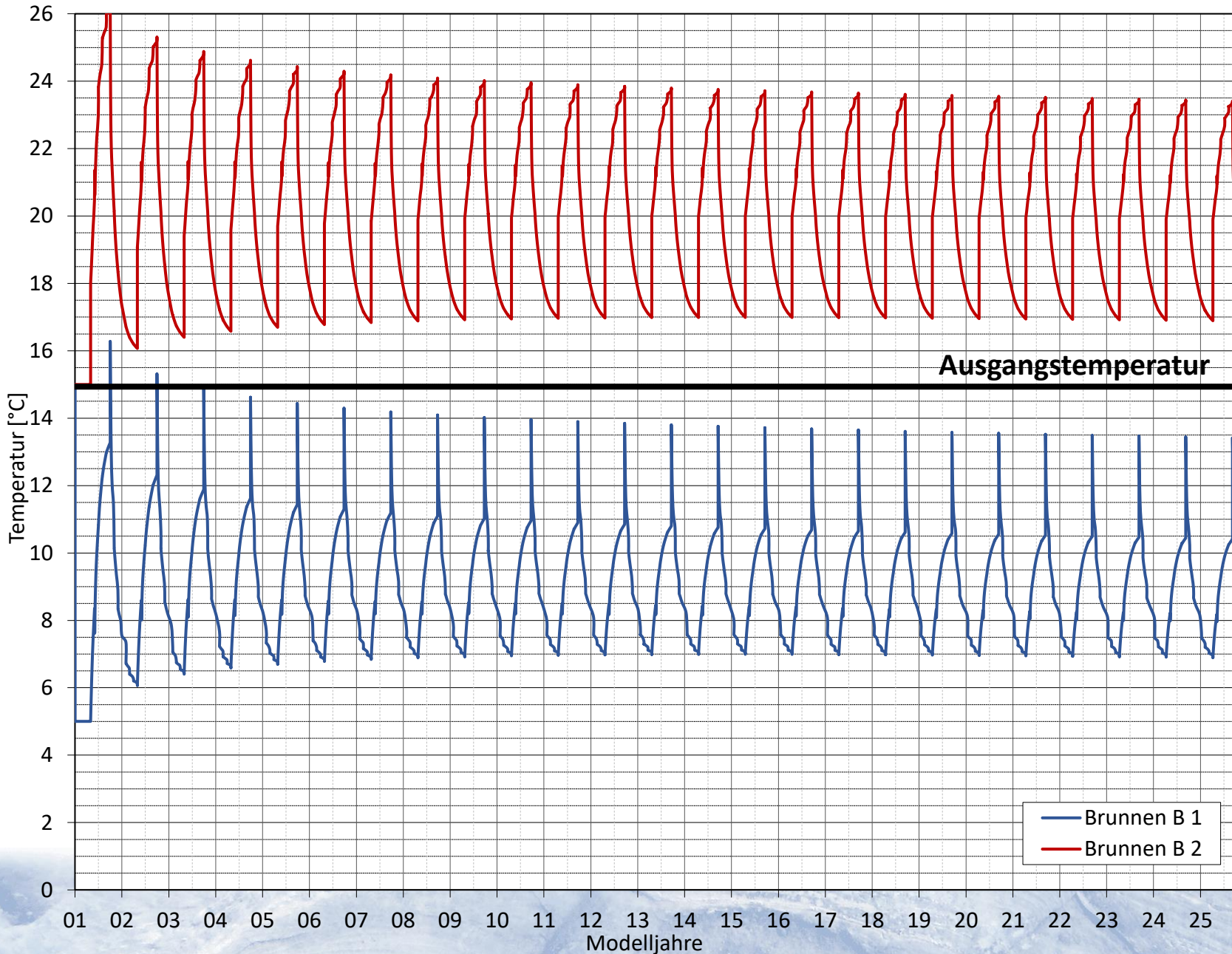


## Brunnendoublette des MEH

- 1 Brunnendoublette, bestehend aus 2 Brunnen
- Bidirektionaler Betrieb
  - Kühlbetrieb: Förderrichtung 1 (B 1: Förderung; B 2: Rückversickerung)
  - Heizbetrieb: Förderrichtung 2 (B 1: Rückversickerung; B 2: Förderung)
- B1: Kalter Brunnen
- B2: Warmer Brunnen
- Untergrund und Grundwasser = Saisonaler Wärmespeicher
- **Inbetriebnahme Herbst 2023**



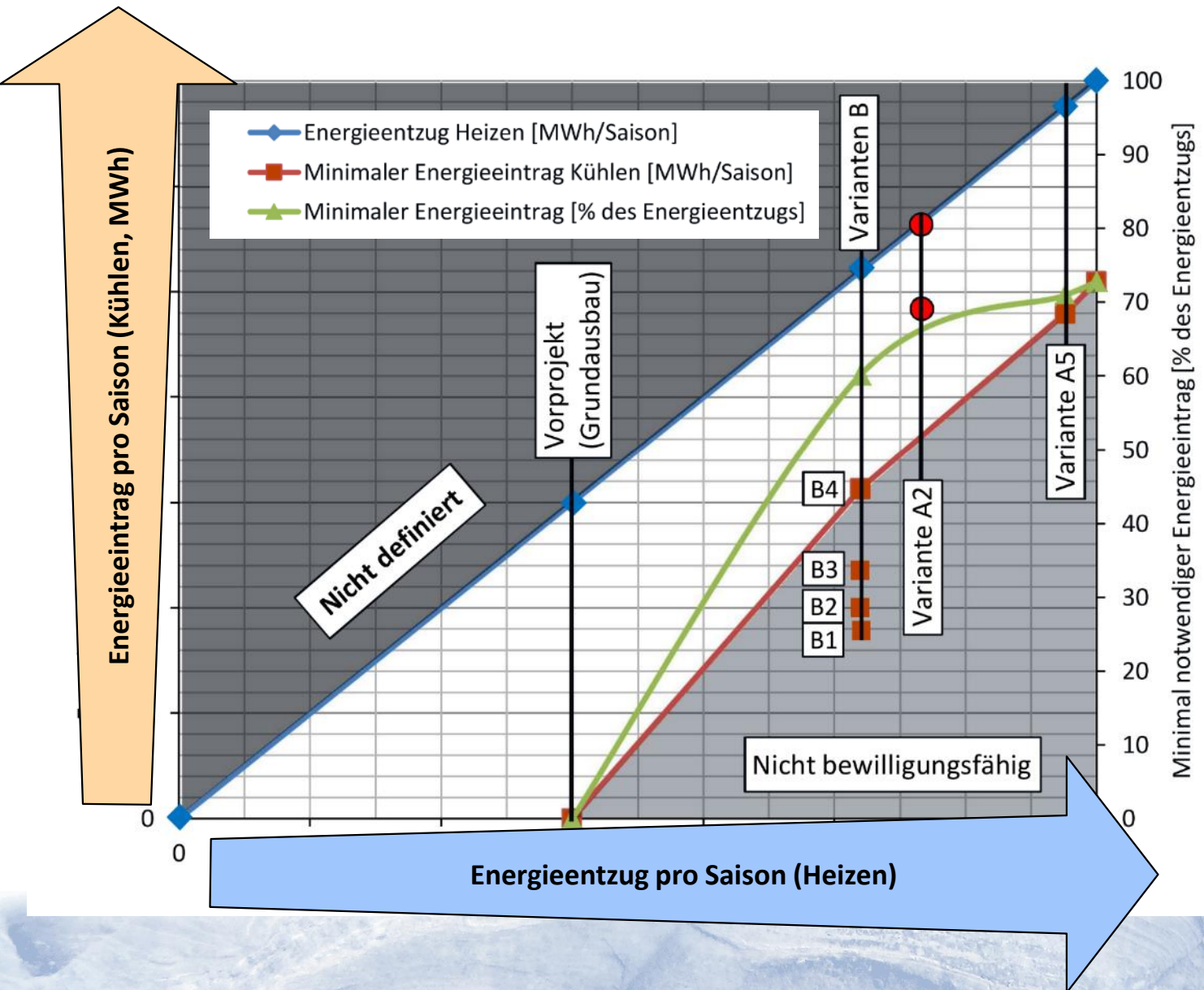
## Saisonwärmespeicherung; Grundwassertemperatur



### Lastprofil Variante A 2

- dT:  
Heizfall: – 10 K  
Kühlfall: + 13 K
- Prognose mit numerischem Grundwassermodell
- ➔ Quellentemperatur Heizfall ab dem 10. Betriebsjahr (warmer Brunnen): ca. 17 bis 21°C
- ➔ Quellentemperatur Kühlfall ab dem 10. Betriebsjahr (kalter Brunnen): ca. 7 bis 12°C
- ➔ Kein therm. Kurzschluss
- ➔ Leistungsbegrenzend ist die prognostizierte Temperaturveränderung in 100 m Abstand zu den Brunnen (max. +/- 3 K)

## Saisonwärmespeicherung; Wärmeentzug vs. -eintrag; max. Unausgeglichenheit Jahresbilanz



- Mit zunehmendem Abwärmeeintrag nimmt das jährliche Potential zum Entzug von Wärme zu.
- Es kann nicht alle Abwärme zurückgewonnen werden. Die Speicherverluste betragen ca. 20 bis 35 %
- Auch mit einer ausgeglichenen Saisonbilanz ist das Potential beschränkt
- **Leistungsbegrenzend ist gemäss Modell die prognostizierte Temperaturveränderung in 100 m Abstand zu den Brunnen (max. +/- 3 K), nicht ein thermischer Kurzschluss zwischen den Brunnen.**
- Die Überwachung der Anlage wird zeigen, wie gut die Speichereigenschaften des Grundwassersystems im Modell abgebildet sind.

### Saisonwärmespeicherung; Herausforderungen

- **Hydraulisch komplexeres System**
  - Hydrogeologisch bedingte Anforderungen an Bau und Betrieb für Anlagenplaner «Neuland».
  - Höhere Kosten für Pumpen, Schieber, Steuerung, etc.
- Eine besondere Herausforderung ist der **Teillastbetrieb**. Für die Speicherbewirtschaftung muss die Abkühlung / Erwärmung ( $dT$ ) gross sein. Wärmetauscher brauchen aber Mindest-Volumenstrom (Vereisungsgefahr).
- **Anlagenüberwachung /-steuerung** ebenfalls komplexer. Der Betrieb muss auf die tatsächlichen Eigenschaften des Wärmespeichers (Aquifer) angepasst werden können.
- Die **Aquifereigenschaften** spielen eine noch grössere Rolle, als bei einer «einfachen» Anlage und sind vor Inbetriebnahme nur ansatzweise bekannt.  
Im vorliegenden Fall einer mehrvalenten Energieerzeugung aber keine Frage der Betriebssicherheit, sondern lediglich der Wirtschaftlichkeit der Brunnendoublette.
- **Beeinflussung von benachbarten Anlagen** im Fall der MEH-Doublette voraussichtlich unkritisch.



**Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

H. Pfister, MSc Geologe UniBAS

[h.pfister@jaeckli.ch](mailto:h.pfister@jaeckli.ch)

079 213 48 44