

BAUER Resources GmbH



Simulation und Auslegung von geothermischen Anlagen im Spezialtiefbau

Dr. Bernd Wenzel, Holger Kaiser

09.01.2024



Mission

Dienstleistungen, Maschinen und Produkte für Boden und Grundwasser



Spezialtiefbau

Weltweiter Anbieter von Spezialtiefbauleistungen



Maschinen

Hersteller von Spezialtiefbau-Maschinen



Resources

Produkte und Dienstleistungen für die Wasser-, Mining- und Umweltindustrie,

Erdwärme- und Umweltwärmeanlagen für Großprojekte

Bohrungen

- Erdwärmesonden
Großanlagen

Geothermie-Spezialtiefbau

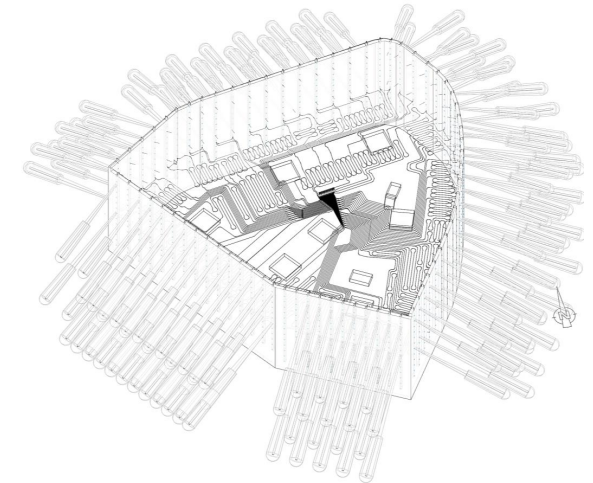
- Geothermisch aktivierte
Gründungspfähle
- Geothermisch aktivierte
Baugruben (-wände /-böden)

Horizontale Anbindung

- Grabenarbeiten
- Rohrleitungsbau
- Soleverteilermontage
- Befüllung, Spülung, Entlüftung
- Druckprüfung

Planung / Dokumentation

- Dimensionierung
- Simulationen
- Ausführungsplanung
- 3-D Darstellung BIM
- Messtechnik zum Monitoring

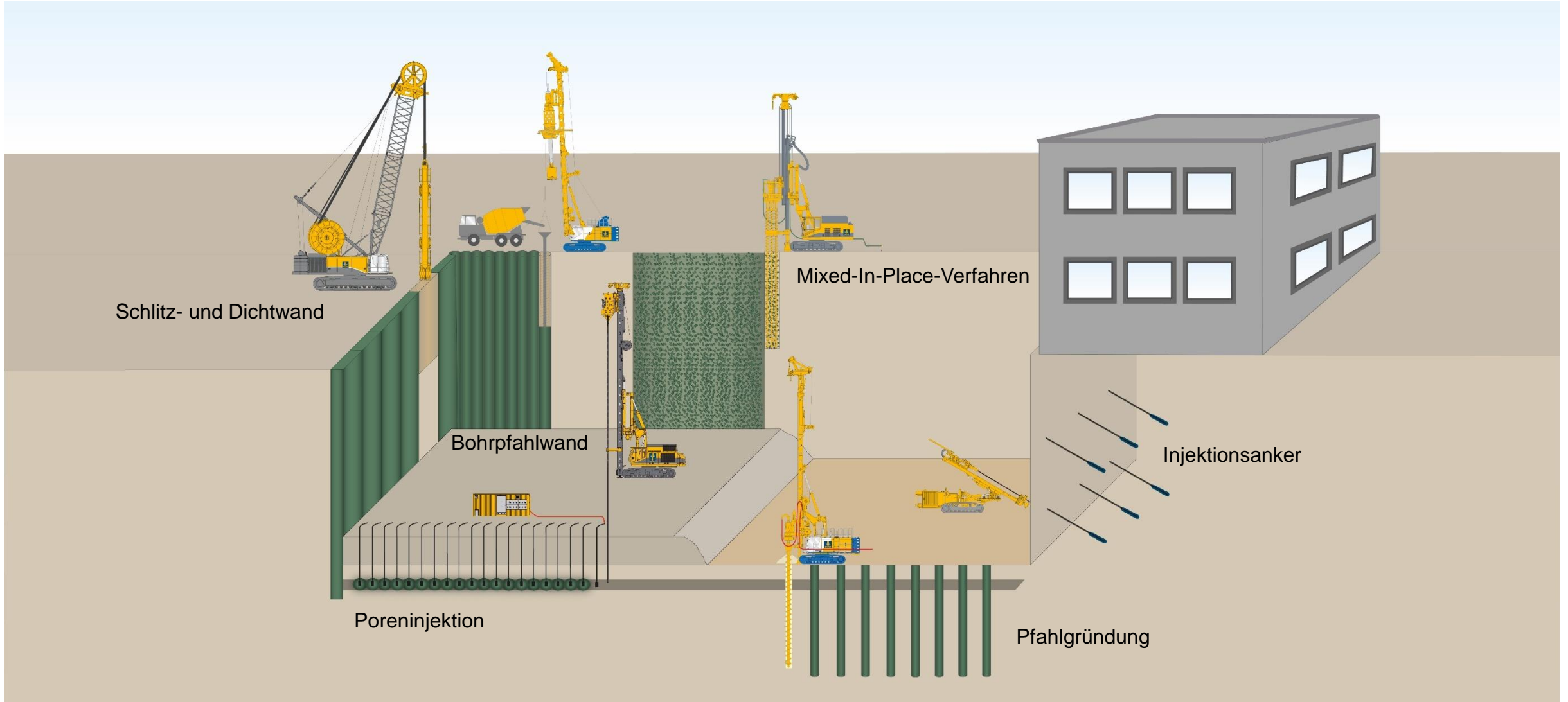


2

Geothermie im Spezialtiefbau



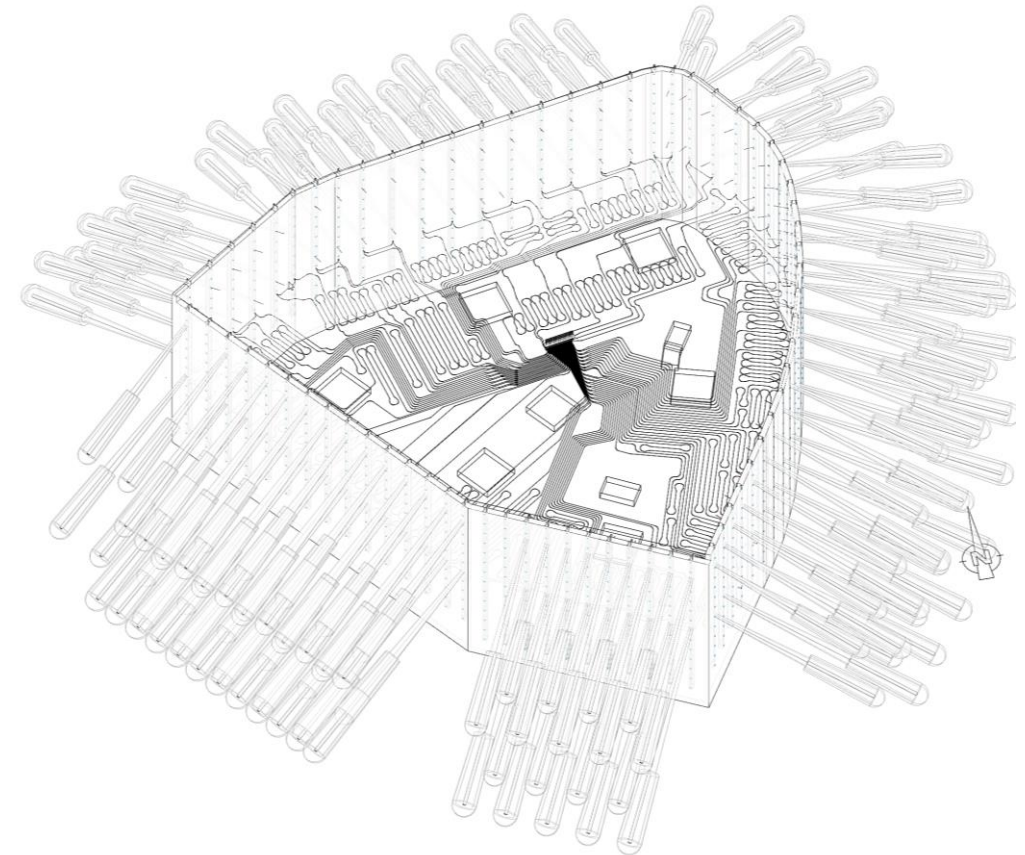
Was ist Spezialtiefbau?



BAUER Energiepfähle

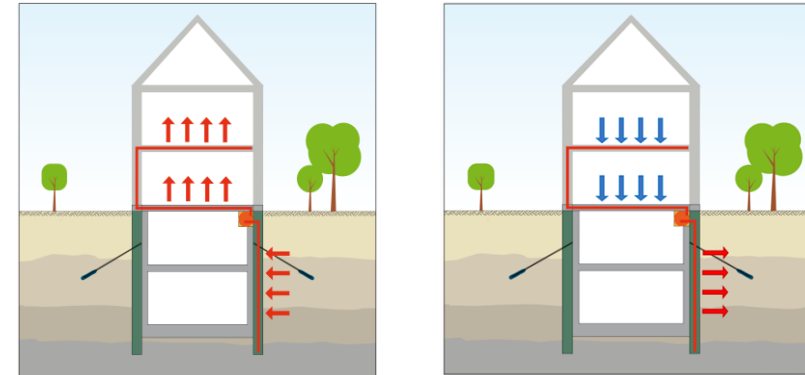


BAUER Energiewand

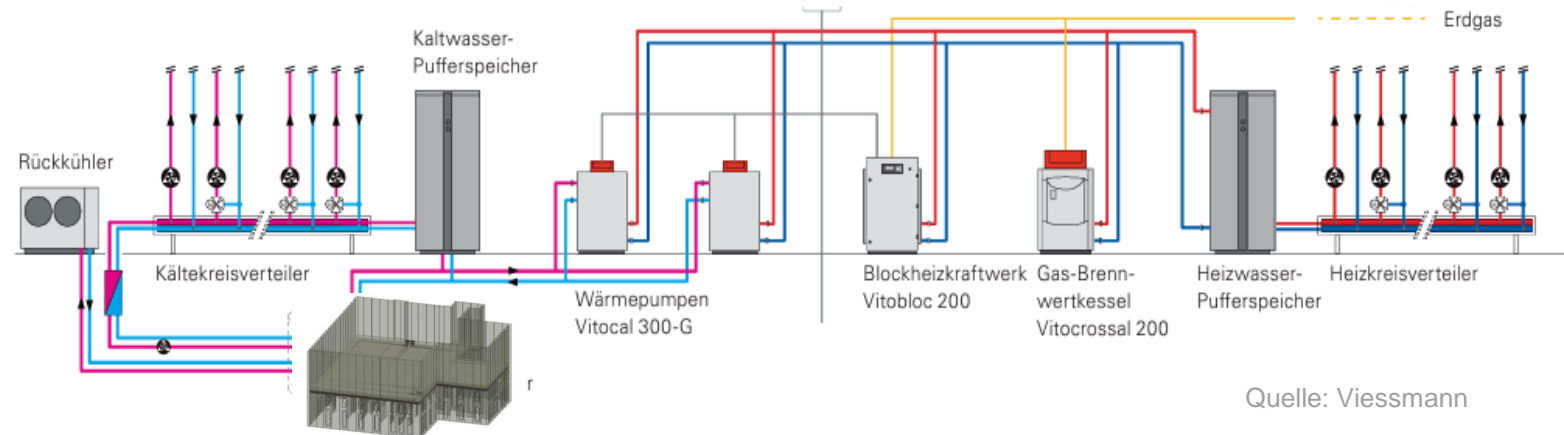


Vorteile - Geothermie im Spezialtiefbau

- **Kostenattraktive Erdwärmeanlage**
durch Doppelnutzung von statisch ohnehin notwendigen Gründungselementen
- **Erfüllung von GEG-Vorgaben**
auch bei beengten innerstädtischen Verhältnissen
- **Heizen und Kühlen** im Wechselbetrieb hohe Effizienz

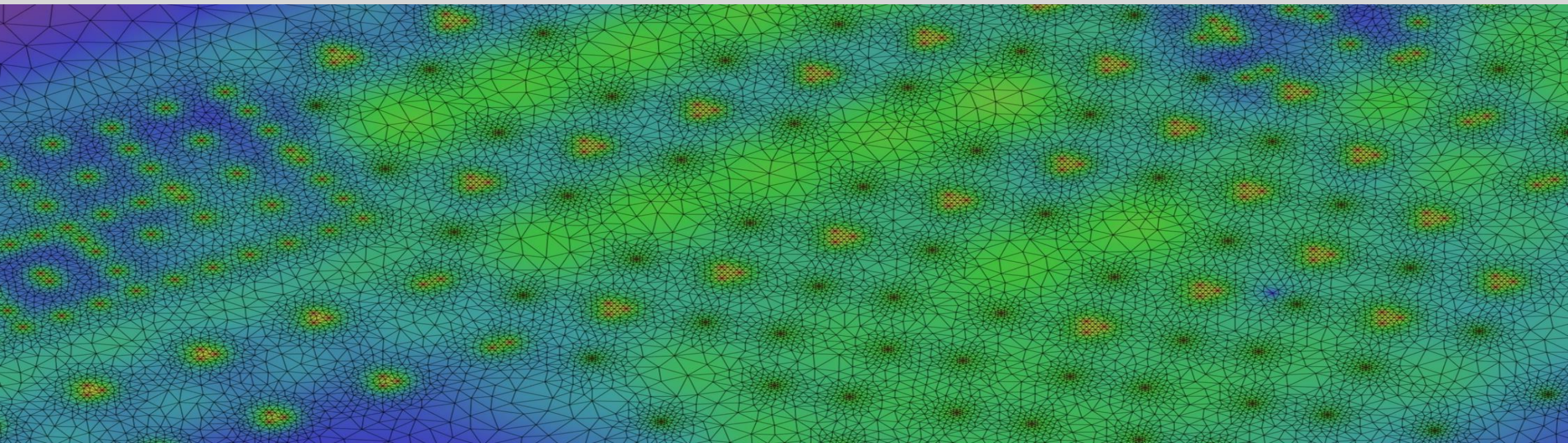


- **Optimal als Teilkomponente**
multivalenter Wärmequellensysteme
+ Luft, + Solar/Luft (PVT), + Abwärme /-kälte...

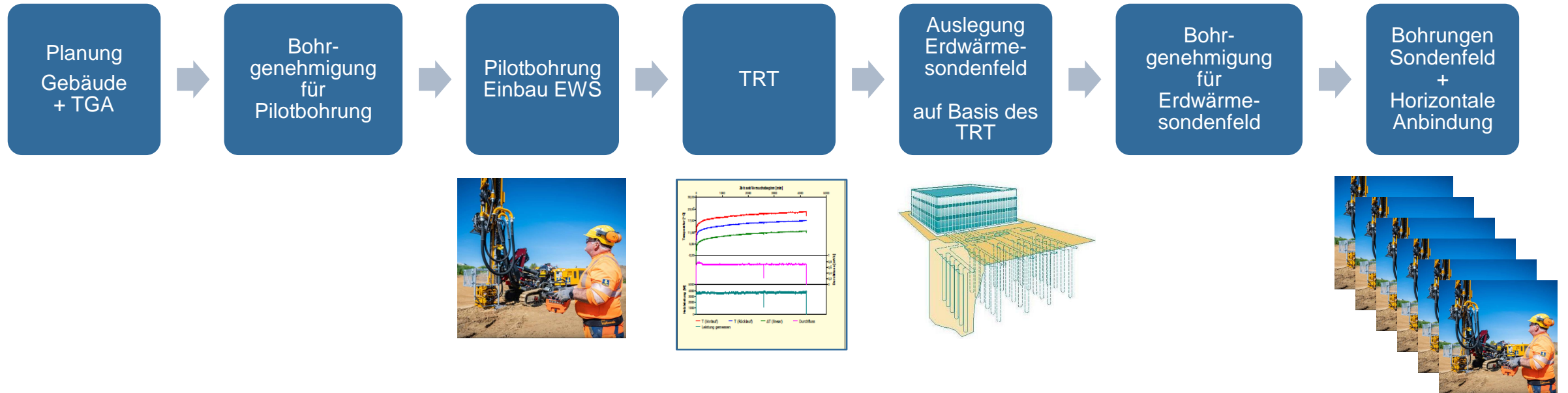


3

Planung und Auslegung geothermischer Anlagen im Spezialtiefbau

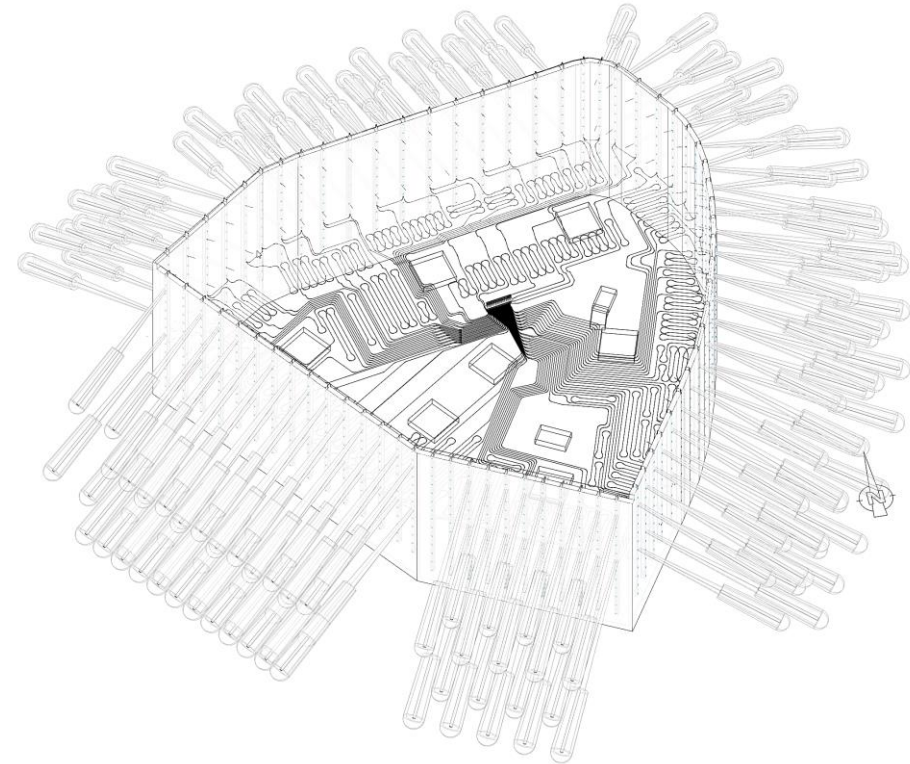


Projekttablauf – Erdwärmesondenfeld (>30 kW)

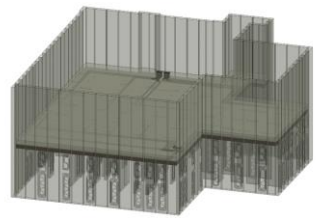
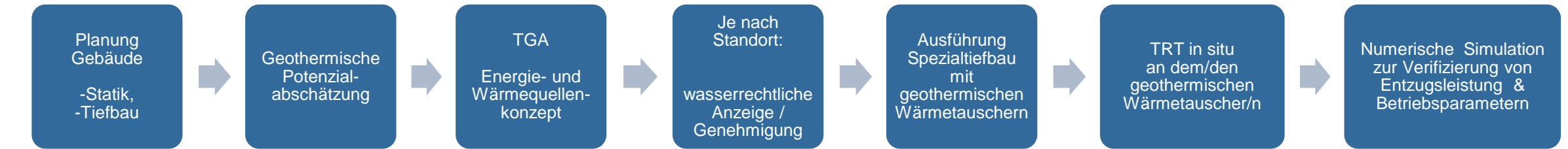


Auslegung - Geothermie im Spezialtiefbau

- **Individuell geformte** Erdwärmetauscher (Baugrubenwände, -böden, Gründungspfähle)
- **Dimensionierung des Wärmetauschers vorgegeben** durch bauliche Gegebenheiten und Statik
- **TRT erst nach Fertigstellung** des Tiefbauwerks, zur Verifizierung des nutzbaren Energiepotenzials
- **Frostfreier Betrieb**, um potenzielle strukturelle Veränderungen tragender Betonbauteile auszuschließen



Projekttablauf – Geothermisch aktivierter Spezialtiefbau



Beispiel Quelle: Geologischer Dienst NRW

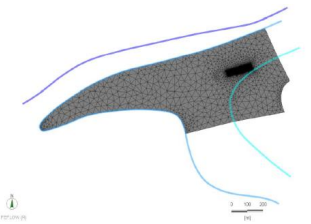
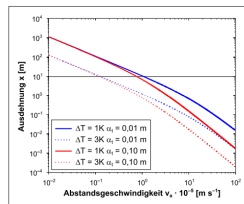
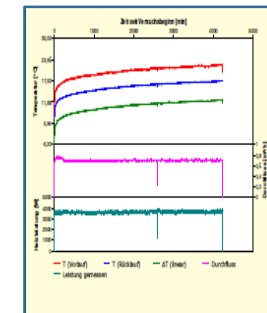
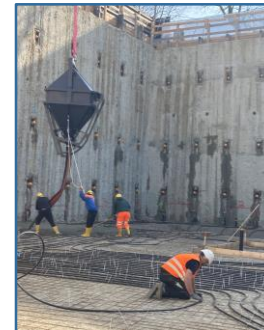
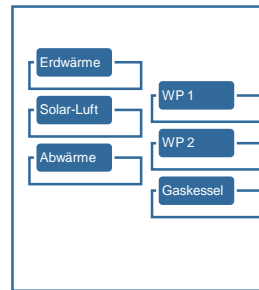


Abbildung 4 Modellgehört mit Hydroisolation

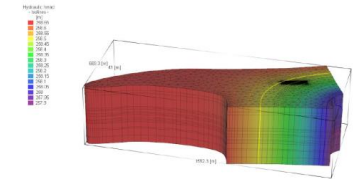


Abbildung 6: Hydroisolation, angepasst

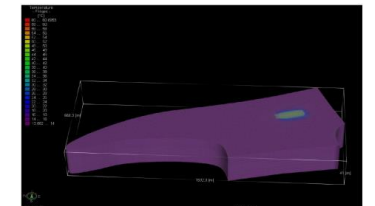
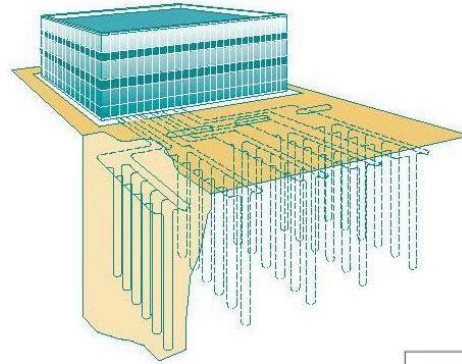


Abbildung 11: Variante 1 Kühltisch im 25. Jahr, 1D

EED

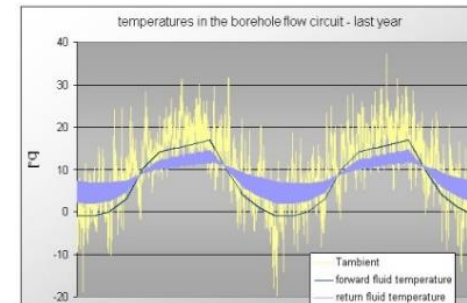
Analytische Berechnung, (g-functions)



PILESIM2

FDM-Softwaresimulation (DST-Model)

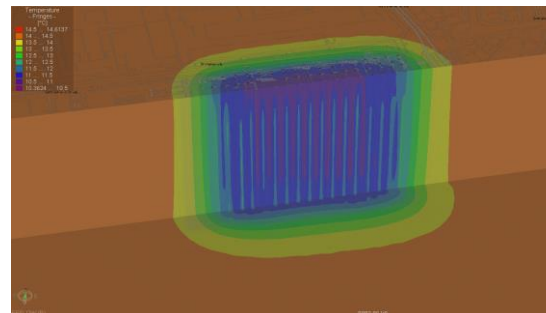
Semi-analytisch-numerisch



FEFLOW

Numerische FEM-Simulation

Grundwasserfluss und Wärmetransport



Rechenaufwand und Genauigkeit

Numerische Simulation

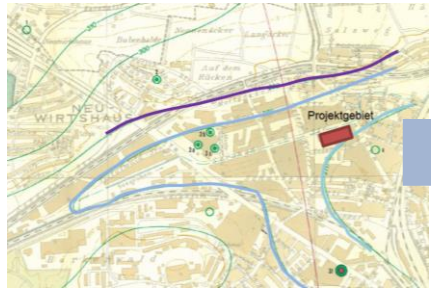


Abbildung 4 Modellgebiet mit Hydroisotypen

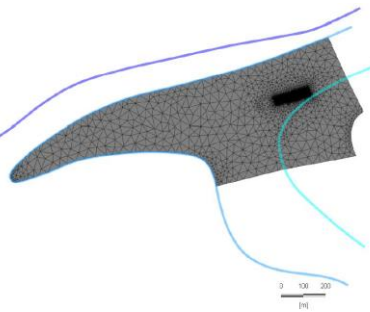


Abbildung 5 Modellgebiet, 3D

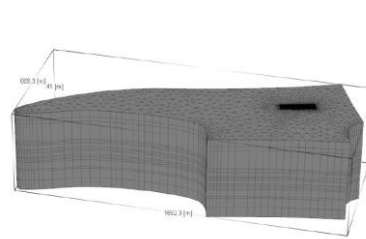


Abbildung 8: Hydroisotypen, angepasst

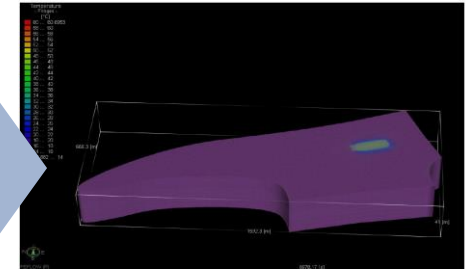
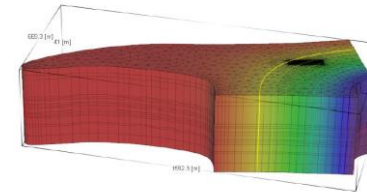


Abbildung 11: Variante 1 Kühlbetrieb im 25. Jahr, 3D

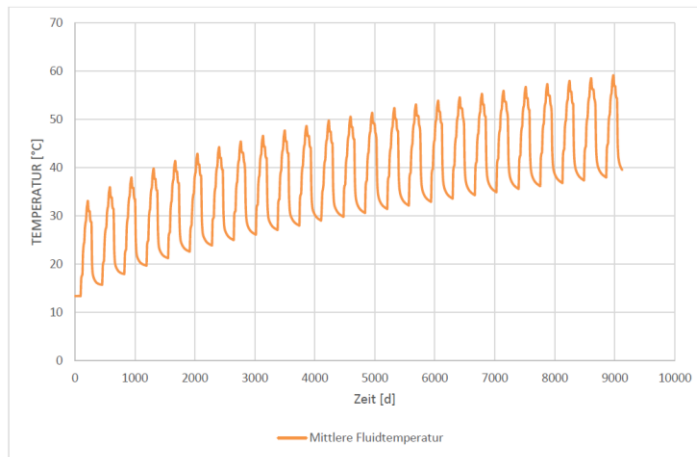


Abbildung 9: Temperaturganglinie über 25 Jahre (Variante 1 Naturalkühlung)

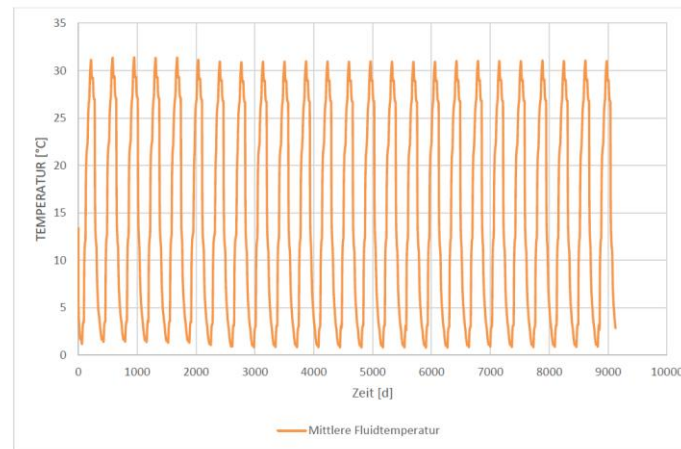


Abbildung 10: Temperaturganglinie über 25 Jahre (Variante 2 Heizen und Naturalkühlung)

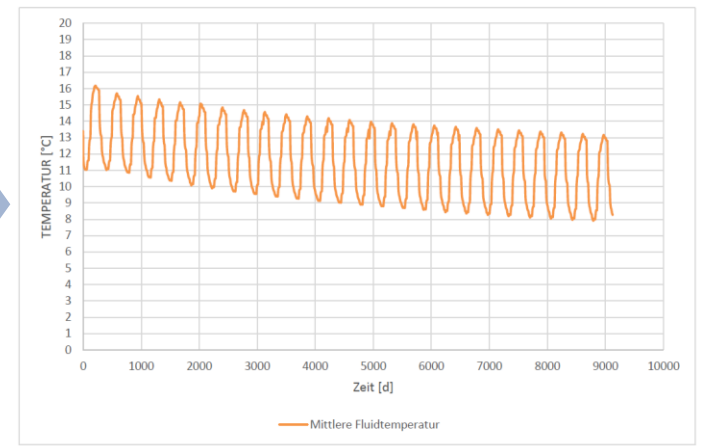


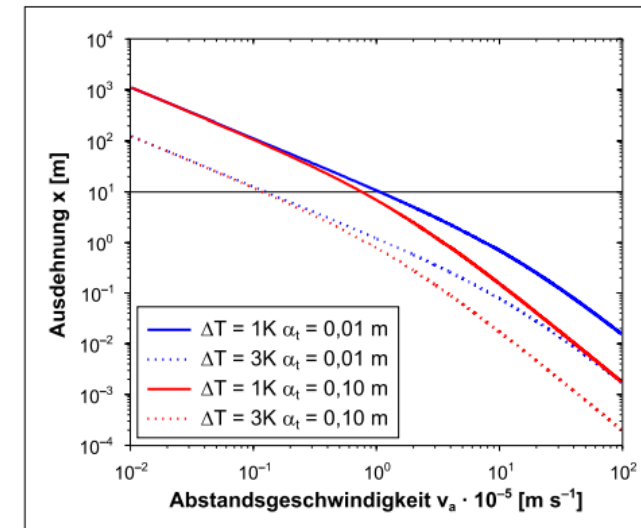
Abbildung 15: Temperaturganglinie über 25 Jahre (Variante 3 Heizen und Naturalkühlung, optimiert)

Abschätzung: Entzugsleistung und Einflussgebiete

- **TRT erst nach Fertigstellung** des Spezialtiefbauwerks möglich. Daher nicht nutzbar für hochauflösende numerische Modellierungen im Vorfeld
- **Exakte Energiebedarfsangaben** liegen meist in frühen Projektplanungsphasen noch nicht vor
- **Vor der Entscheidung zu Geothermie im Spezialtiefbau** ist bereits eine hinreichend genaue Abschätzung eventueller thermischer Beeinflussung von Nachbargrundstücken erforderlich
- **Analytische Verfahren** haben sich als geeignet erwiesen, um im Vorfeld bereits Grenzwertzenarien für Wärme- oder Kältefahnen bei Standorten mit fließendem Grundwasser abzuschätzen

$$x = \frac{F_L^2}{v_a n^2 c_w^2 4\pi D_t \Delta T_x^2}$$

x = Länge der Kälte-/Wärmefahne (m)
 F = Entzugsleistung (kW)
 v_a = Abstandsgeschwindigkeit
 n = Porosität
 c = Volumetrische Wärmekapazität Wasser
 D = thermische Querdispersion
 ΔT = Temperaturdifferenz

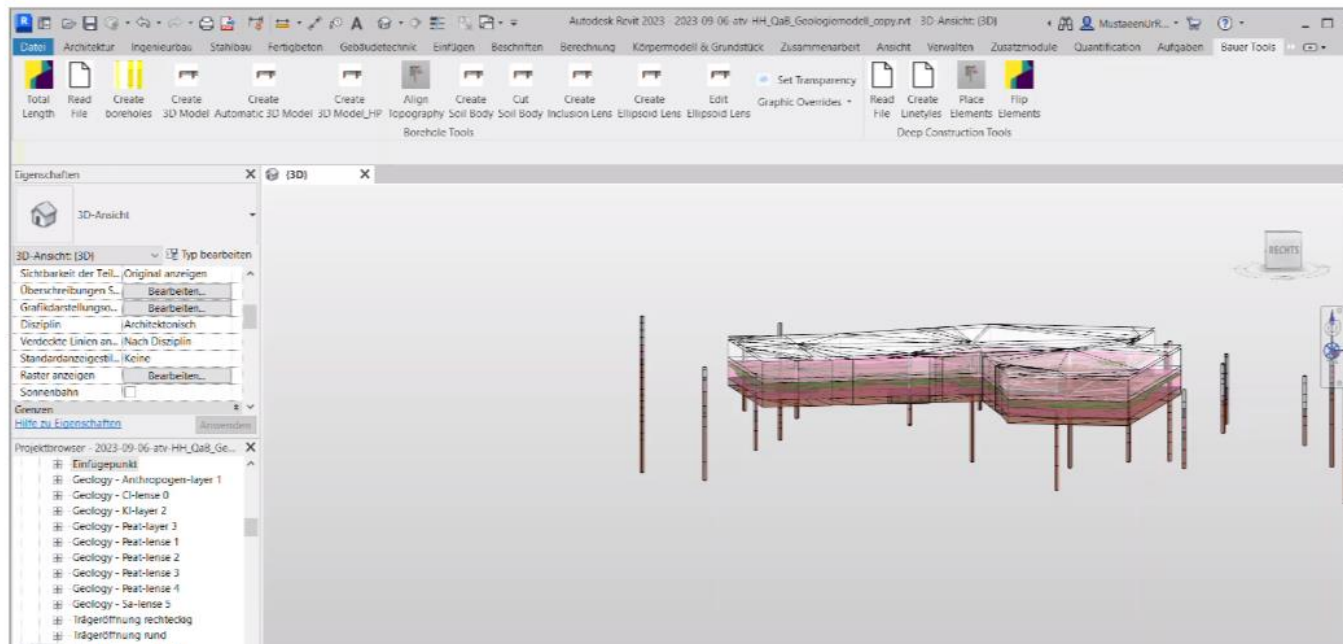


Quelle:

Hähnlein et al. (2010) – Ausbreitung von Kältefahnen im Grundwasser bei Erdwärmesonden / Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2010) 15: 123–133

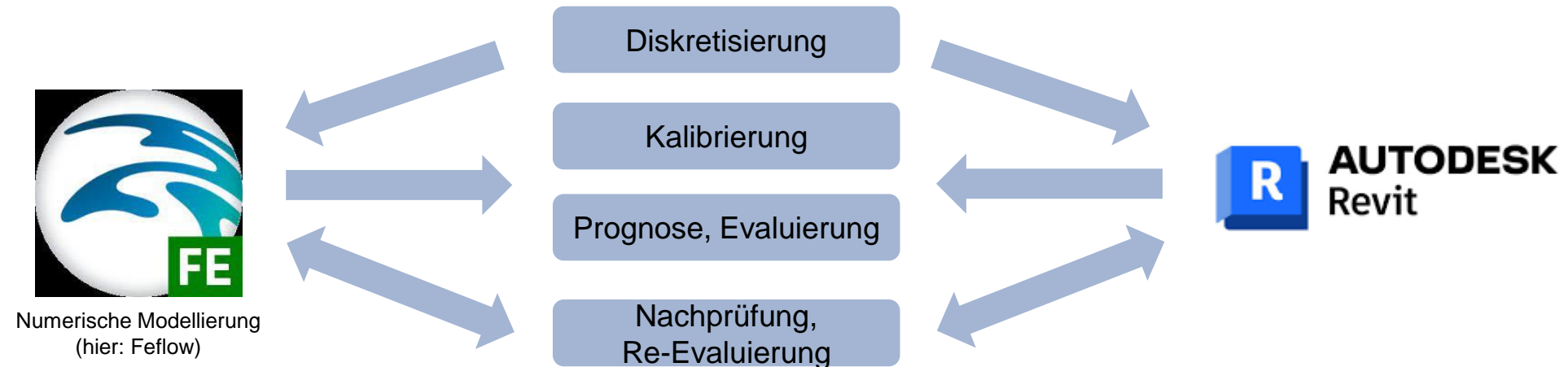
Numerische Simulationsberechnung - dynamische BIM-Integration

- Automatisierte digitale Überführung von Bohrprofilen in ein 3-D Untergrundmodell
- Effizienzsteigerung bei der Planung
- Erhöhte Genauigkeit von numerischen Modellierungen



Numerische Simulationsberechnung - dynamische BIM-Integration

- Nahtlose digitale Integration von numerischer Simulationsumgebung und Gebäudemodell
- Effizienzsteigerung bei der Planung



Zusammenfassung – Geothermie im Spezialtiefbau

- Kostenattraktive Erdwärmesysteme
- Erfüllung von GEG-Vorgaben im Neubau, auch bei **beengten innerstädtischen** Verhältnissen
- Dimensionierung baulich vorgegeben
- Optimal für bi-/multivalente Quellsysteme
- Analytische Vorabschätzung und numerische Simulationstools zur Verifizierung der Dimensionierung
- Beschleunigte Planung/Simulation durch vollständige BIM-Integration





Kontakt



BAUER Resources GmbH

Dr. Bernd Wenzel

+49 151 17453955

bernd.wenzel@bauer.de

Business Development Erdwärme

BAUER Resources GmbH

Holger Kaiser

+49 171 2012140

holger.kaiser@bauer.de

Head of Digitalisation, BIM Manager