

OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE IM MEHRFAMILIENHÄUSERN

WOCHE DER WÄRMEPUMPE – NETZWERABEND – BERLINER
ENERGIEAGENTUR

06.11.2024, Dr. Alexander Meeder, Gasag Solution Plus GmbH

GASAG
GRUPPE

Anwendungsbereich Oberflächennahe Geothermie:

Wärmequelle, Kältequelle, saisonaler Speicher

Winter (Heizmodus)

Erdsonde entzieht dem Untergrund Wärme, Wärmepumpe erhöht Temperatur auf Heizniveau ($> 35\text{ °C}$)



Sommer (Kühlmodus)

Wasser von Erdsonde wird direkt - ohne Wärmepumpe - zur Gebäudekühlung genutzt. \Rightarrow Wärme aus Gebäude und Umwelt wird in den Untergrund abgeführt



Alle Zahlen typische Werte für Berlin

Anwendungsbeispiel: flächennahe Geothermie:

Wärmequelle, Kältequelle

Winter (Heizmodus)

Erdsonde entzieht dem Untergrund Wärme, erhöht Temperatur auf Heizniveau

Wärmepumpe -> aus Gebäude führt

rbb/24 Politik Wirtschaft Kultur Sport Panorama Ukraine

Klimatechnik im Berliner Humboldt-Forum

Zum Abkühlen ins Museum

Fr 23.06.23 | 19:39 Uhr

Bei einem Besuch des Berliner Humboldt-Forums können sich Besucher fortbilden - und nebenbei der Sommerhitze entkommen. Das 2021 eröffnete Museum ist gut temperiert und erzeugt einen Teil seiner Kälte mit modernen geothermischen Verfahren. Von Hans

Bild: rbb/Hans Ackermann

9 - 13 °C

50 m

Alle Zahlen typische Werte für Berlin

VORTEILE DER OBERFLÄCHENNAHEN GEOTHERMIE

Nahezu überall
verfügbar

Geopolitisch
unabhängig

Wartungsarm

Nahezu geräuschlos

Wärme und Kälte - Quelle & Speicher

365 Tage im
Jahr 24/7
verfügbar

Optisch unsichtbar
& überbaubar

Regionale
Wertschöpfung

CO₂ frei

Wetterunabhängig

Geringe Betriebs- /
Brennstoffkosten

STRESEMANNSTRASSE – 4 JAHRE BETRIEBSERFAHRUNG

KONDOR WESSELS/REGGEBORGH

Anforderungen

- Nachhaltigkeit – Cradle to Cradle®
- Wärme- und Kälteversorgung
- Eigenstrom
- marktgerechte Nebenkosten

Charakteristika

- Bürogebäude (12.000 m²)
- 32 Erdsonden bis 99 m Tiefe
- WP (reversibel)
- BHKW auch zur Eigenstromversorgung der Wärmepumpe

Umsetzung



Kälte



BHKW



Eigenstrom



intelligentes
Lastmanagement



Geothermie



Wärmepumpe

Jahresarbeitszahl 2022-24 :
5,6

ANTONIA – ALL ELECTRIC

URBAN SPACE



Anforderungen

- CO2-neutrale Energieversorgung
- 100% erneuerbares Wärmekonzept
- Passive Kühlung für mehr Wohnkomfort
- Dachnutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung

Charakteristika

- Wohn- und Geschäftsgebäude (2.150 m²) in Berlin-Reinickendorf (Bezug ab 01.2024)
- 14 Erdsonden mit 100 m Tiefe
- Sole-Wasser-Wärmepumpen, 53 kW_{th}, 4 Stufen
- Eigenstrom aus PV- und PVT-Anlage
- Regeneration der Erdsonden aus PVT-Anlage und Abwärmenutzung

Umsetzung



Geothermie



HT- und NT-Wärmepumpe



Kälte



PV-/PVT-Anlage

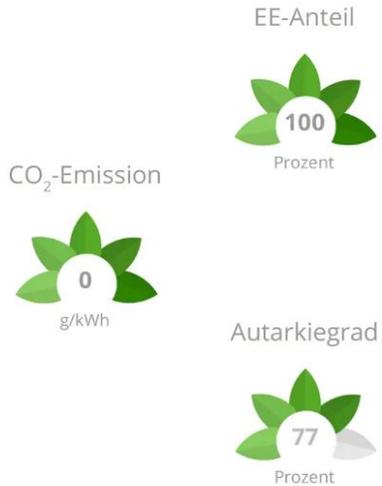


Eigenstrom



Abwärme

PROJEKT KARLLOTTA



Hintergrund

- 65 Wohneinheiten, ein Supermarkt, mehrere Kleingewerbeflächen
- 35 Erdsonden versorgen Sole-Wasser-Wärmepumpe mit konstanter Erdwärme
- Dank Technologien, Heizkosten ca. 75 % niedriger als bei herkömmlicher Heizung
- Geplante Fertigstellung im Januar 2026, Baubeginn 2024

Informationen

- ✓ Status Im Bau
- ✓ Bauart Neubau
- ✓ Energieoutput 592 MWh/Jahr insgesamt
- ✓ Gesamtfläche Ca. 6.365 m²
- ✓ Energiekonzept 100 % erneuerbares Konzept
- ✓ Technologie Geothermie, Wärmepumpen, PV, Power-to-Heat

Technologien



Wärmepumpe



PV



Geothermie



Power-to-Heat

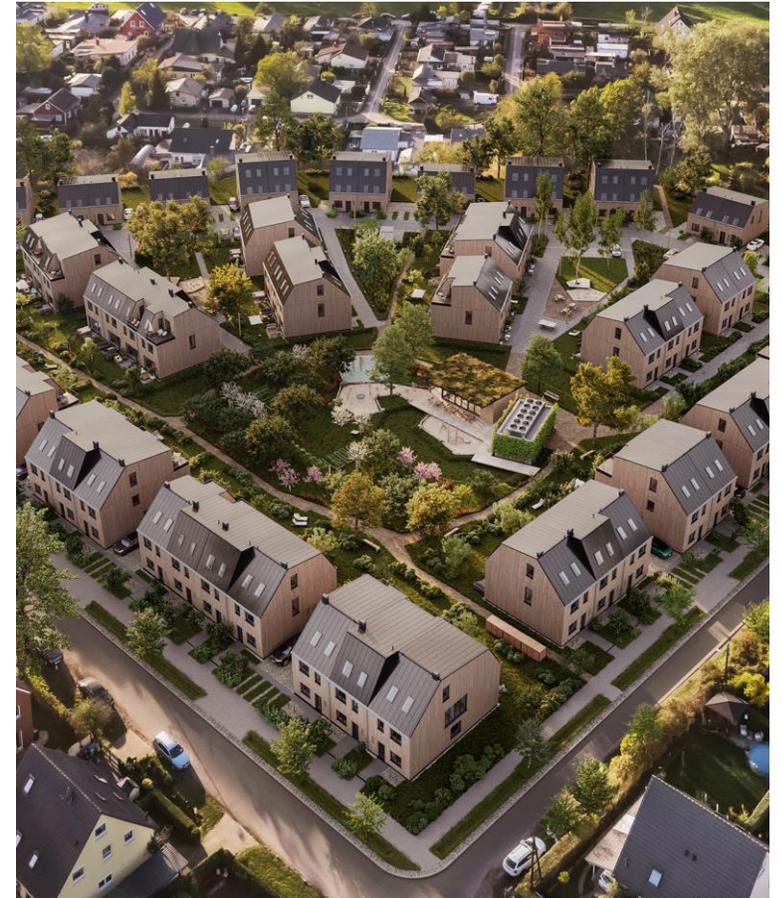
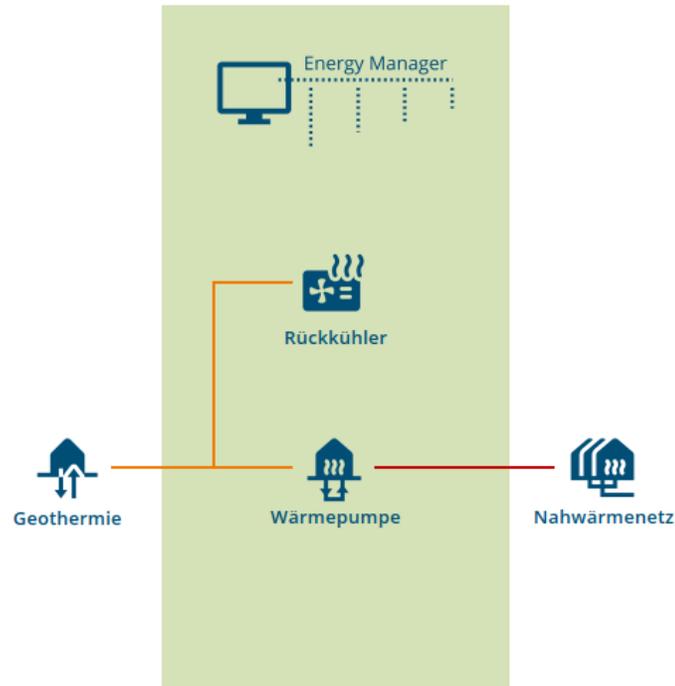
KOKONI ONE – PLANUNG & BAU GEOTHERMIE NEUBAU WOHNQUARTIER

84 WE im Holzbau, Nahwärme-/Kältenetz, 2 Wärmepumpen mit je 178 kW, 68 Erdwärmesonden à 100m



Geschäftseinheit | Green Solutions
GASAG-Gruppe

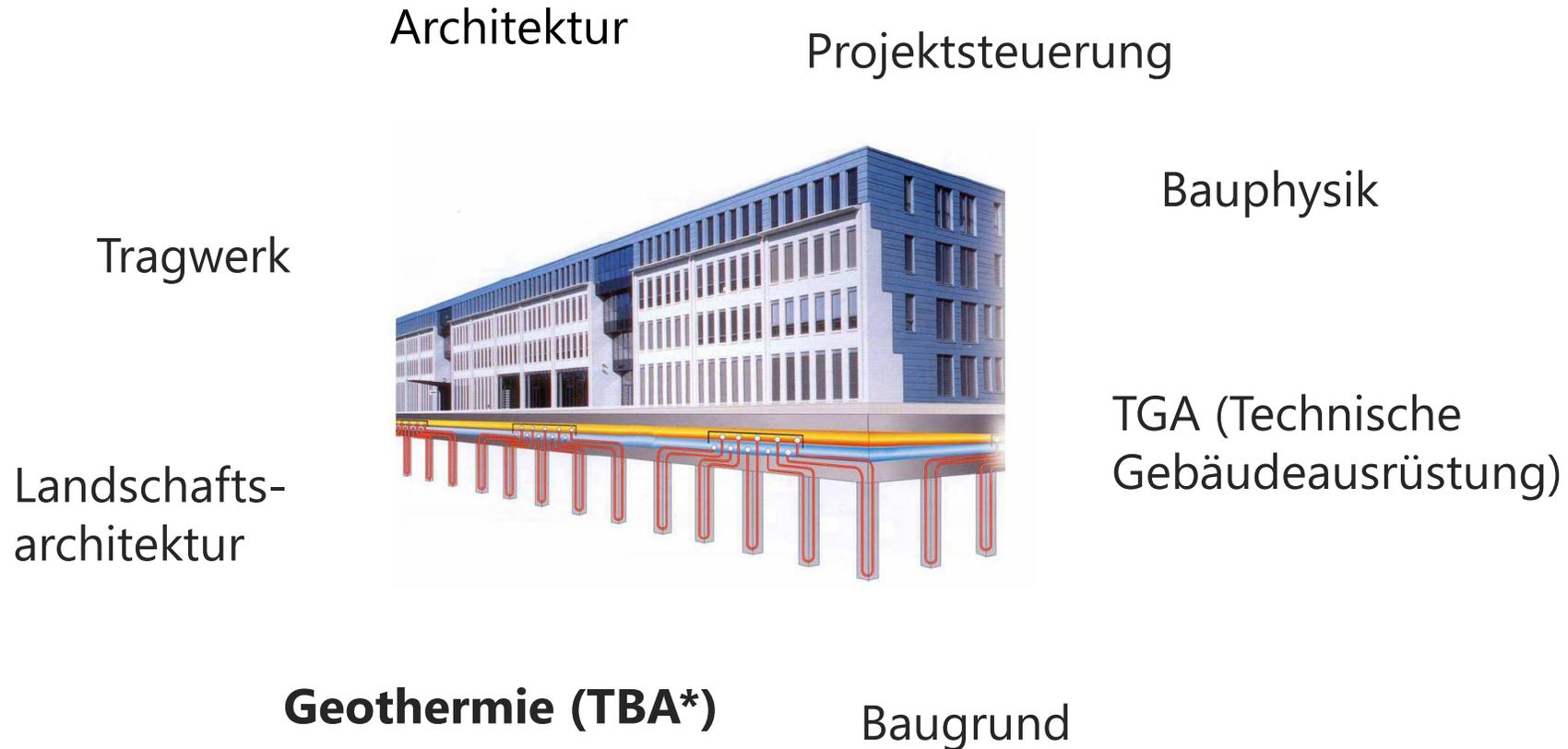
© Ziegert GmbH



© Ziegert GmbH

Geothermie (TBA) als eigenständiges Gewerk

- bereits bei der initialen Planung bzw. in der Konzeptphase Fachplaner einbinden !!!



Abstimmung mit den anderen Gewerken!

* TBA: Technische Baugrundausrüstung

LEISTUNGSBILD FÜR DAS GEWERK TBA / OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE

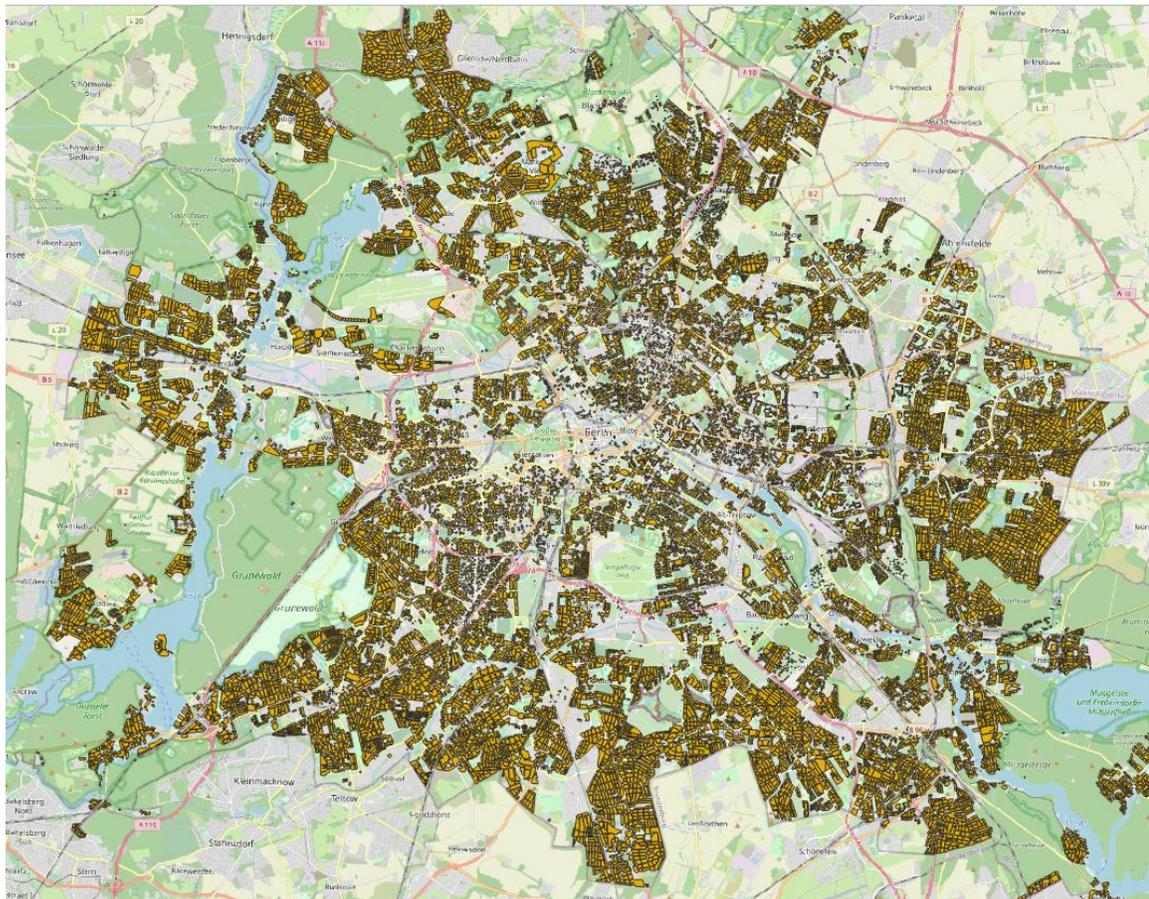


- 1.1 Grundlagenermittlung
- 1.2 Machbarkeit prüfen
- 2 Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)
- 3 Entwurfsplanung (System- und Integrationplanung)
- 4 Genehmigungsplanung
- 5 Ausführungsplanung
- 6 Vorbereiten der Vergabe
- 7 Mitwirkung bei der Vergabe
- 8 Bauoberleitung
- 9 Objektbetreuung und Dokumentation

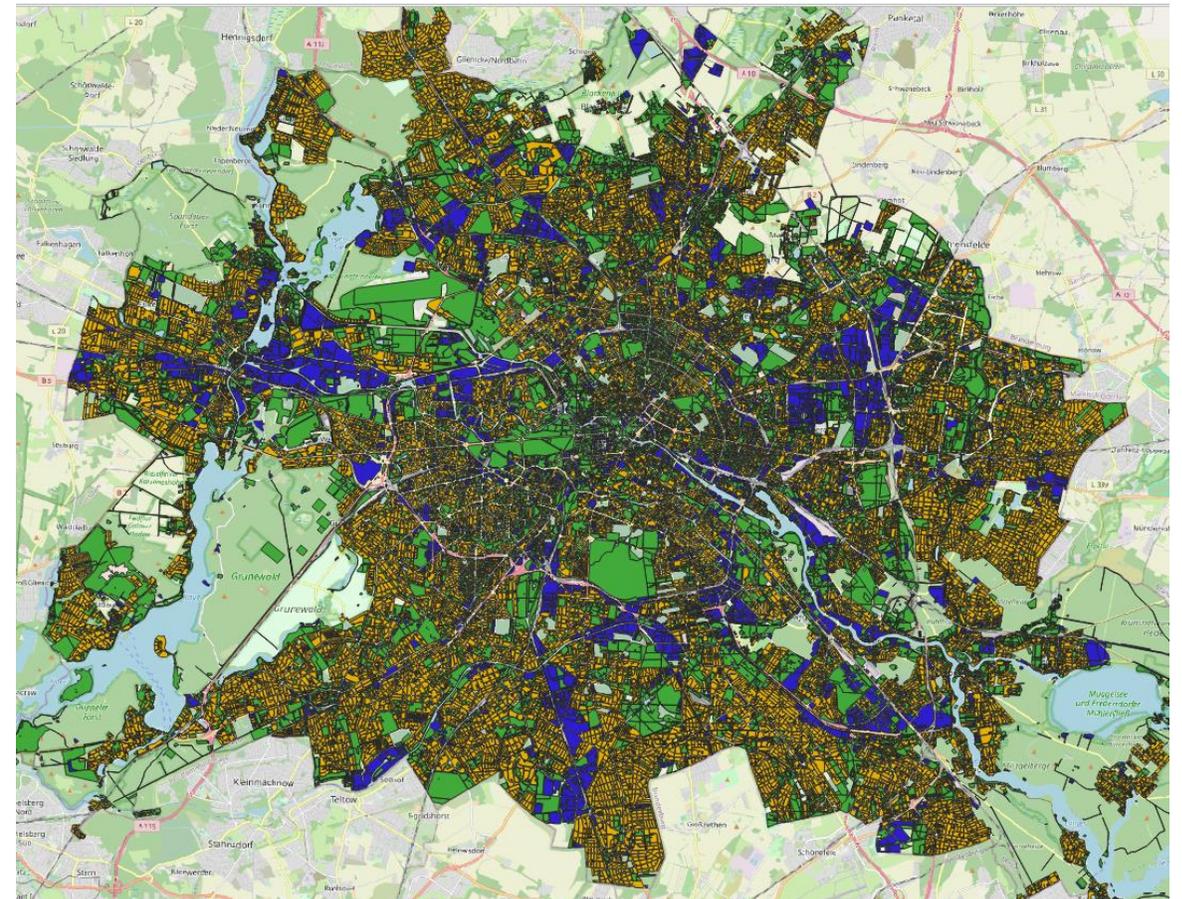
Geschäftseinheit | Green Solutions

POTENTIALERMITTLUNG FÜR BERLIN – AGGREGIERUNG ÜBER ALLE FLURSTÜCKE

Szenario 1: Wohnflächen im Bestand



Szenario 2: Wohnen, Industrie und öffentl. Freiflächen



* Szenario 2. Umfasst Wohnbaufläche, Industrie und Gewerbefläche, Wege, Sport Freizeit und Erholungsflächen, Flächen gemischter Nutzung und Flächen besonderer funktionaler Prägung

WIR SETZEN DIE ENERGIEWENDE UM



Starker Background

- Unternehmensgruppe mit starken Gesellschaftern
- Über 175 Jahren Geschichte



> 20 Jahre Erfahrung

- Über 1.000 Anlagen im Betrieb
- Hohe Umsetzungsexpertise



Standorte in Berlin,
Brandenburg, Essen

- 410 GWh Wärmeabsatz
- 135 Mio. € Umsatz



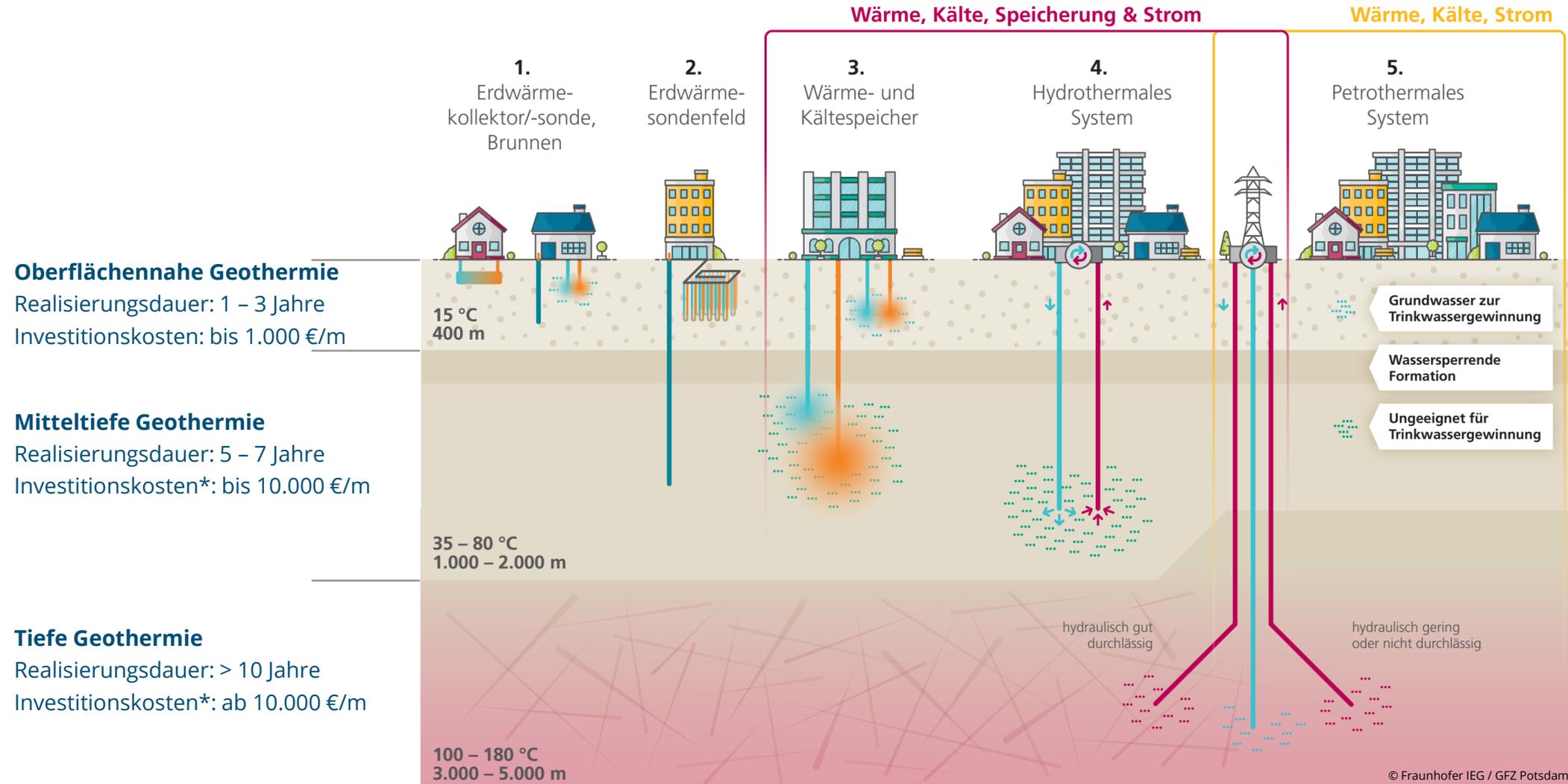
über 150 Expert*innen

- Expert*innenwissen in Spezialgebieten
- Technologieoffenheit

**VIELEN DANK FÜR EURE
AUFMERKSAMKEIT!**

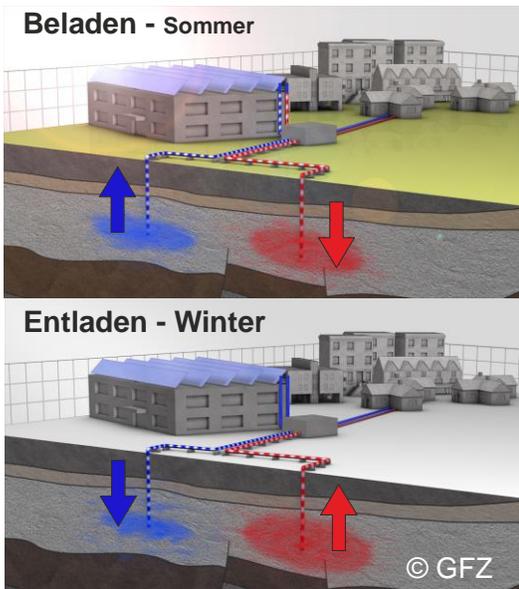
GASAG
GRUPPE

ÜBERSICHT GEOTHERMISCHE NUTZUNGSARTEN



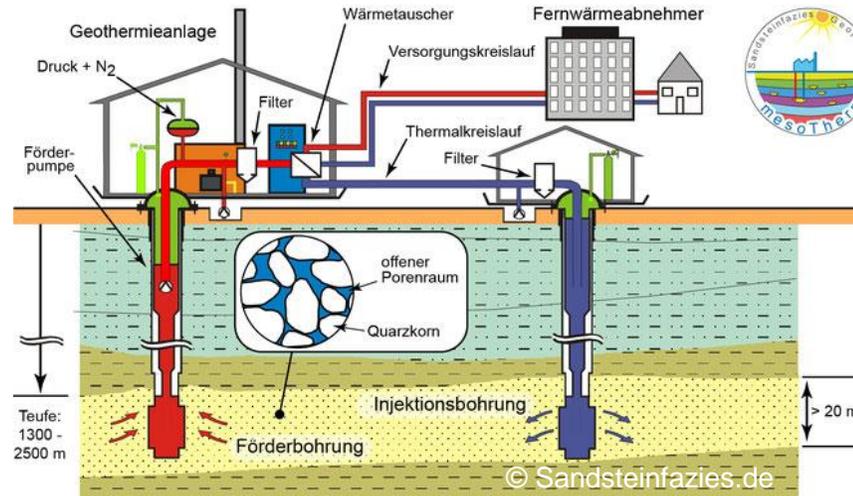
Geothermische Nutzungsarten MG/TG

1 Aquiferwärmespeicher



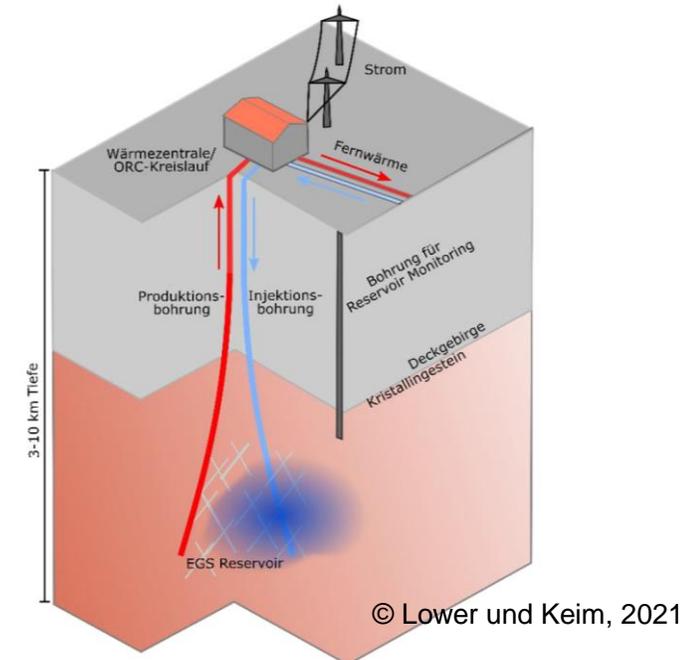
Kommerziell umgesetzt
am Reichstag, in Umsetzung
in Adlershof (BTB)

2 Hydrothermale Geothermie



Kommerziell in Umsetzung
z.B. in Schwerin, Potsdam, Neuruppin

3 Enhanced Geothermal System



Kommerziell bisher
nicht umgesetzt

GEOOTHERMIE IN DEUTSCHLAND

Anlagen in Betrieb und in Planung

- TIEFE GEOOTHERMIE (>400m bis 5000m)
 - 42 Anlagen
 - 417 MW_{th}-Leistung in Betrieb
 - Ø Tiefe 2.500 m
 - **1,3 TWh** in 2022
- OBERFLÄCHENNAHE GEOOTHERMIE (<400 m)
 - 470.000 Anlagen
 - 4.700 MW_{th}-Leistung
 - Ø Tiefe 100 m
 - **20,5 TWh** in 2022

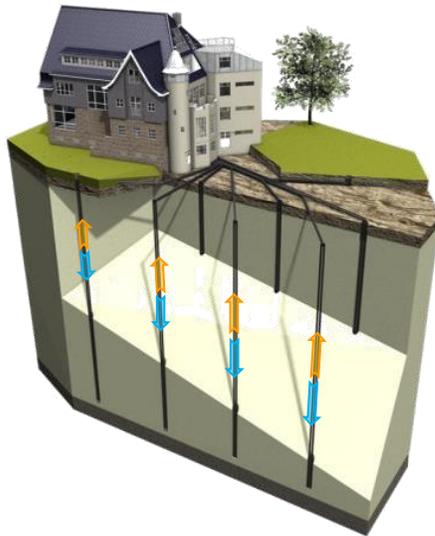


Quelle: BVG e.V., Geothermie in Zahlen, 2023

Technologien zur Nutzung oberflächennaher Geothermie

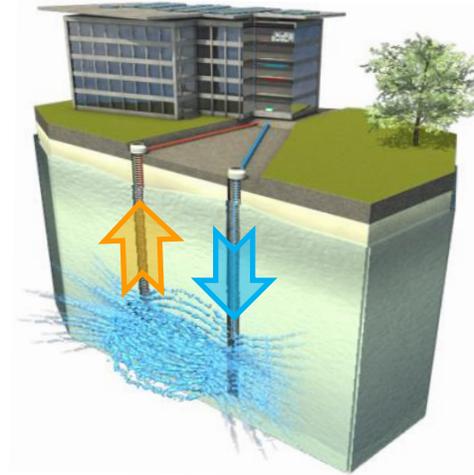
Sondenfelder

- Wasserzirkulation in geschlossenen U-Rohren
- Für jeden Untergrund geeignet



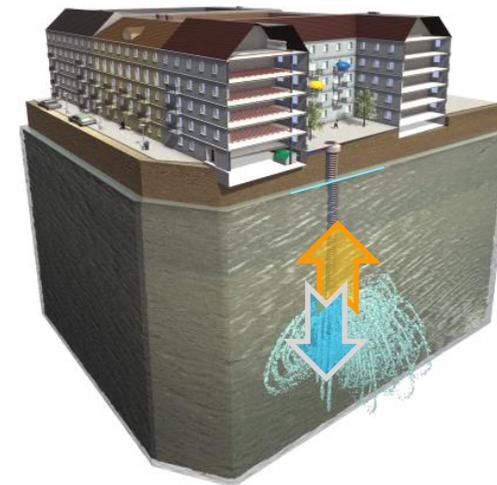
Saug-Schluck-Brunnen

- Horizontale Zirkulation von Grundwasser
- Auch bei geringmächtigen Grundwasserleitern möglich



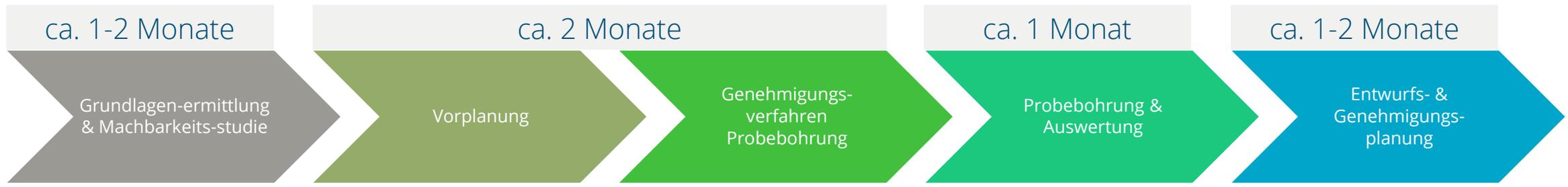
Zirkulationsbrunnen

- Vertikale Zirkulation von Grundwasser
- Zwei eng benachbarte Bohrungen
- Setzt mächtigen Grundwasserleiter voraus



GEOHERMIE PLANUNGSABLAUF

Dauer und Vorgehen für die Planung von Erdwärmesondenfeldern ^{(1), (2), (3)}
Wasserbehördliche Genehmigung für Bau und Betrieb ist bei Großanlagen immer erforderlich



- Abstimmung mit Behörden
z.B. Höhere Bohrtiefe?
- Rechtliche Prüfung
- Grobkostenschätzung

- Erstellung von Anlagenvarianten mit Anlagenkosten
- Empfehlung einer Vorzugsvariante

- Mit Vorzugsvariante wird Antrag auf Probebohrung gestellt
- Festlegung: wo wird gebohrt und warum?
- Austausch mit Behörde, Klärung von Risikofaktoren (z.B. Altlasten)

- Ausführung der Probebohrung
- Geo-Response-Analyse in Testsonde (Simulation)
- Auswertung: Salzgehalt, mögliche Bohrtiefe, etc.

- In Abstimmung mit der Behörde
- Info: Antrag kann bis zu 2-3 Monaten bei Behörde liegen

(1) Je nach rechtlicher Lage kann der Prozess sich verlängern (z.B. Bohrungen auf mehreren Grundstücken geplant).

(2) Abhängig von der Rückmeldungs-dauer der Behörden.

(3) Abhängig von der Größe des Sondenfeldes.

Der Planungsprozess am Bsp. Geothermieprojekt für **PULSEBERLIN** Möckernstraße / Stresemannstraße

Bürohaus mit
8 Etagen, Baufläche
vollunterkellert,
12.000 m² Büro,
insgesamt 14.500 m²

Heiz- und
Kühlanforderungen

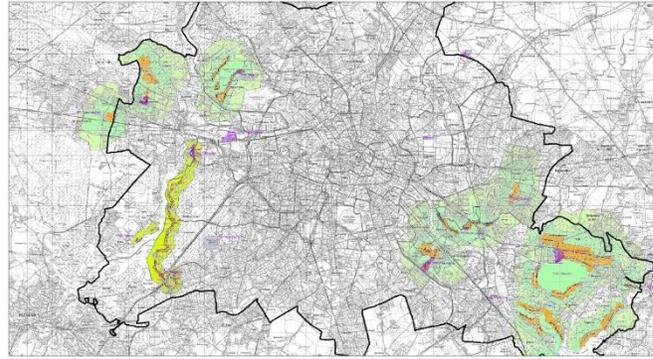
Energieversorgung über
Blockheizkraftwerk,
Gaskessel und
32 Erdwärmesonden



1.1 Grundlagenermittlung

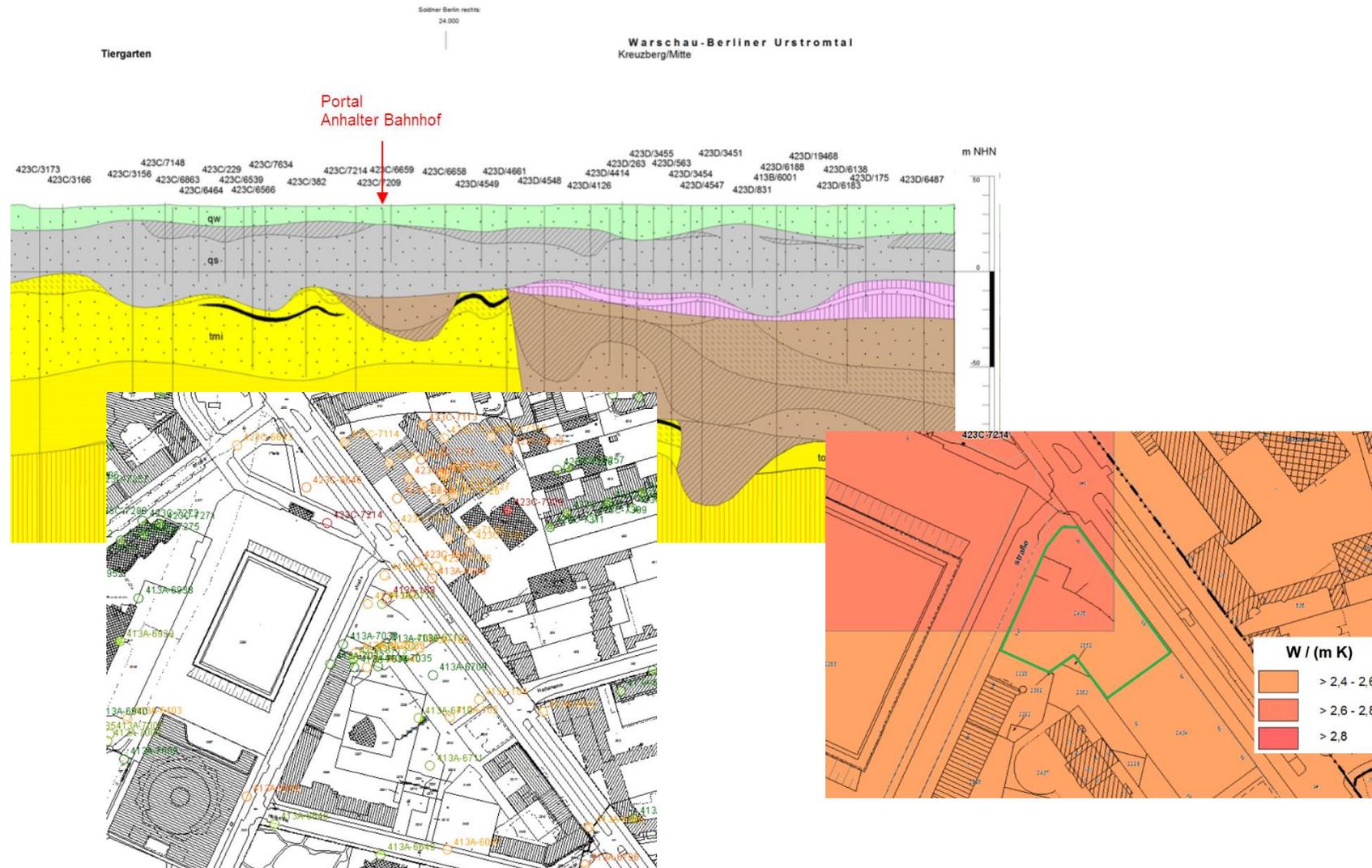
z. B. Nutzungsbeschränkungen Geothermie

Wasserschutzgebiete



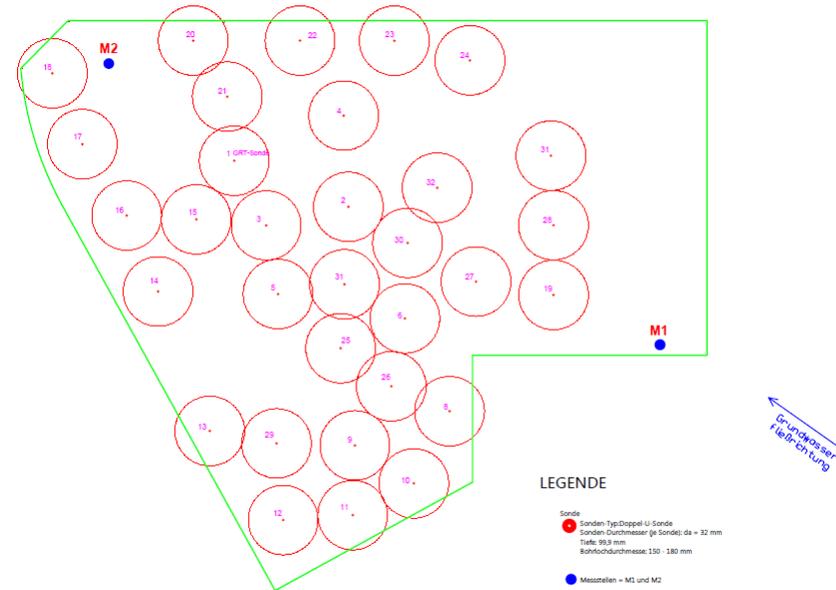
-  Erdwärmennutzung nicht erlaubt in Wasserschutzgebieten (Details siehe Karte 2.11 im Umweltatlas Berlin)
-  Erdwärmennutzung mit Einschränkungen erlaubt in Bereichen mit erhöhten Salzkonzentrationen im Grundwasser oberhalb der Holstein-Schichten (Grundwasserteiler 2)
-  Erdwärmennutzung mit Einschränkungen erlaubt in Bereichen mit erhöhten Salzkonzentrationen im Grundwasser unterhalb der Holstein-Schichten (Grundwasserteiler 3 und 4)
-  Erdwärmennutzung mit Einschränkungen erlaubt in Bereichen mit artesisch gespanntem Grundwasser
-  Erdwärmennutzung mit Einschränkungen erlaubt in Bereichen von Rupeltonhochlagen

1.2 Machbarkeit prüfen



2 Vorplanung

Begleitung Probebohrung & GRT / Sondenanordnung - EED-Variantensimulation



3-4 Entwurfs- und Genehmigungsplanung

Auswertung GRT, analytische Simulation

Daten- und Ergebnistabelle der letzten Simulation (NACHSIMULATION.OUT)

DATEI Bearbeitungsmodus Schriftart

DATEN KURZFASSUNG

Kosten	-
Anzahl Bohrungen	32
Tiefe der Erdwärmesonde	97 m
Erdwärmesondenlänge gesamt	3104 m

EINGABEDATEN (PLANUNG)

UNTERGRUND

wärmeleitfähigkeit des Erdreichs	2,59 W/(m·K)
Spez. wärmekapazität des Erdreichs	2,5 MJ/(m³·K)
Mittl. Temperatur d. Erdoberfläche	13 °C
geothermischer wärmefluss	0,07 W/m²

BOHRUNG UND ERDWÄRMESONDE

Sondenanordnung	99 ("32 : 9 x 9 L2-configu
Tiefe der Erdwärmesonde	97 m
Abstand der Erdwärmesonden	6,6 m
Sondentyp	Doppel-U
Bohrlochdurchmesser	155 mm
U-Rohr, Außendurchmesser	32 mm
U-Rohr, wandstärke	3 mm
U-Rohr, wärmeleitfähigkeit	0,42 W/(m·K)
U-Rohr, mittlenabstand d. U-Schenkel	70 mm
wärmeleitfähigkeit der verfüllung	2 W/(m·K)
Übergangswiderst. Rohr/verfüllung	0 (m·K)/W

THERMISCHE WIDERSTÄNDE

Thermischer Bohrlochwiderstand wird berechnet
Anzahl der Berechnungsstützpunkte: 10
Interner wärmeübergang zw. auf- und abwärts führenden Rohren berücksi

WÄRMETRÄGERMEDIUM

wärmeleitfähigkeit	0,48 W/(m·K)
Spezifische wärmekapazität	3850 J/(kg·K)
Dichte	1023 kg/m³
Viskosität	0,0032 kg/(m·s)
Gefrierpunkt	-10 °C
Umwälzmenge pro Bohrloch	0,23 l/s

GRUNDLAST

Dauer der Simulation (Jahre)	30
Monat der Inbetriebnahme	1

BERECHNETE WERTE
* hourly calculation *

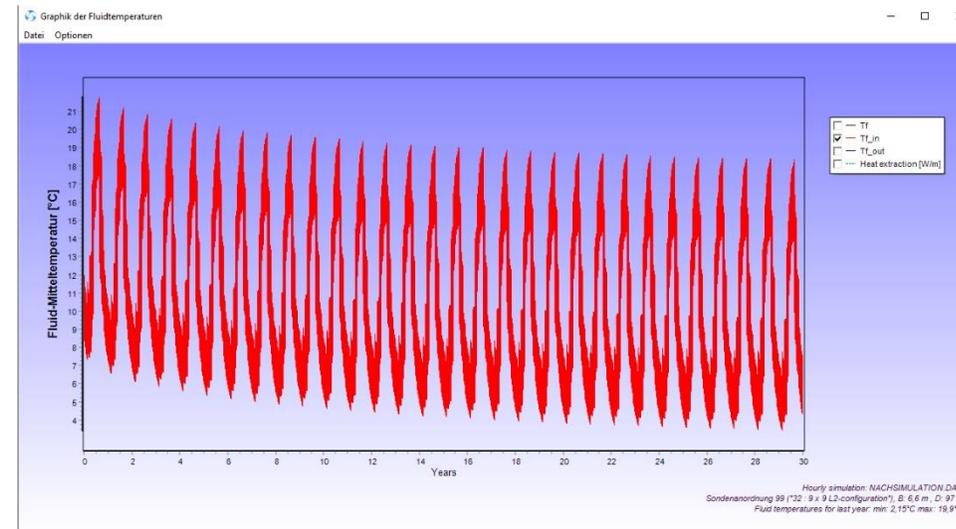
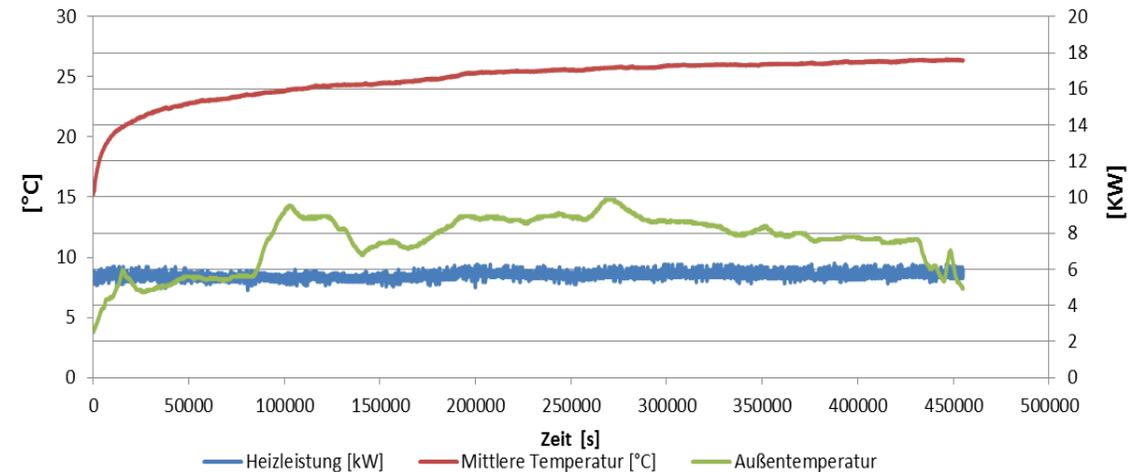
Erdwärmesondenlänge gesamt	3104 m
----------------------------	--------

THERMISCHE WIDERSTÄNDE

Thermischer widerstand intern	0,37 (m·K)/W
Reynoldszahl	1800
Therm. widerstand Fluid/Rohr	0,1658 (m·K)/W
Therm. widerstand Rohrmaterial	0,07868 (m·K)/W
Übergangswiderstand Rohr/verfüllung	0 (m·K)/W
Thermischer widerst. Fluid/Erdreich	0,1179 (m·K)/W
Effekt. therm. Bohrlochwiderstand	0,1283 (m·K)/W

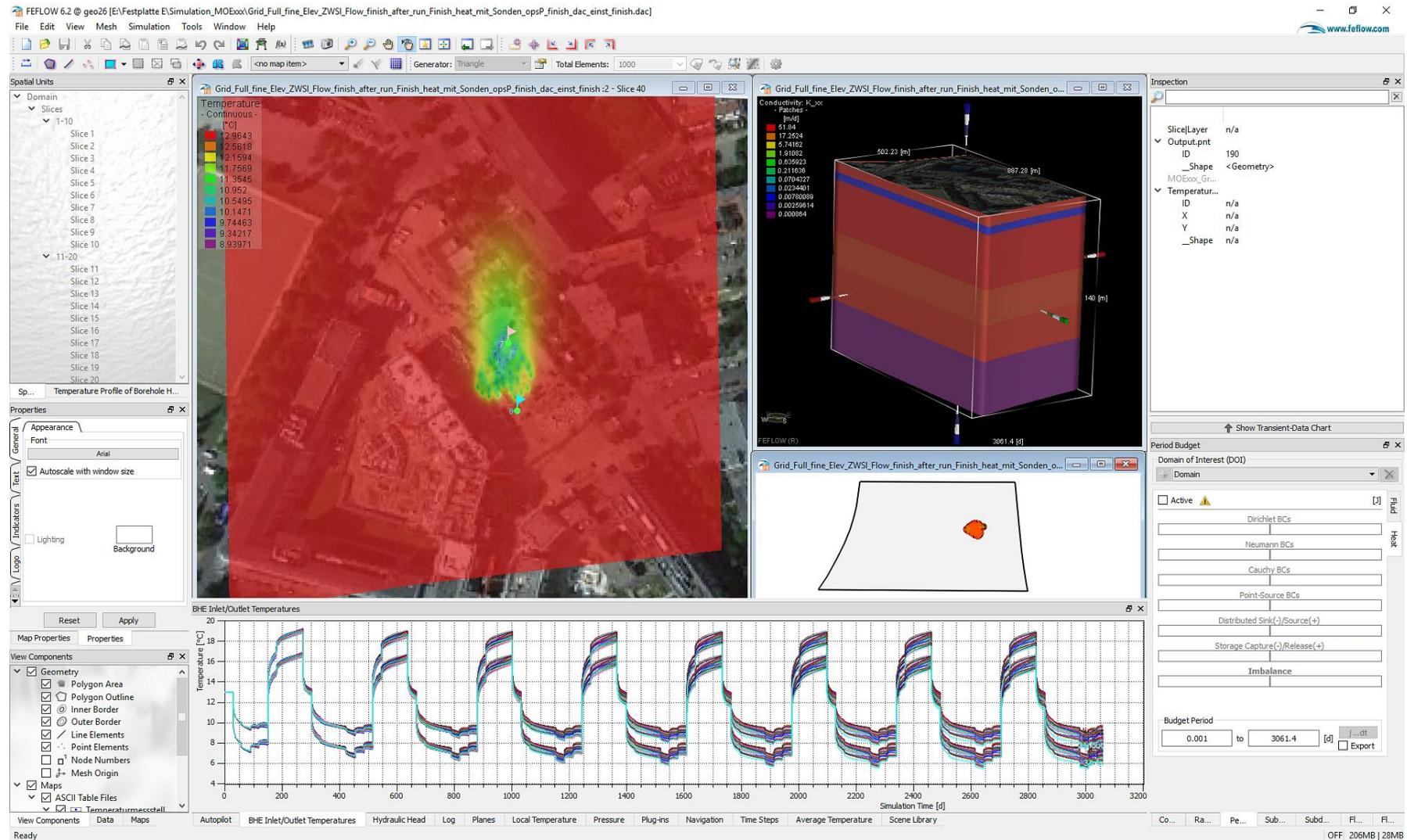
SPEZIFISCHER WÄRMEENTZUGSLEISTUNG [W/m]

Year	30	Heizspitzen	Kühlspitzen
1	?	23,5	0
2	?	24,5	0



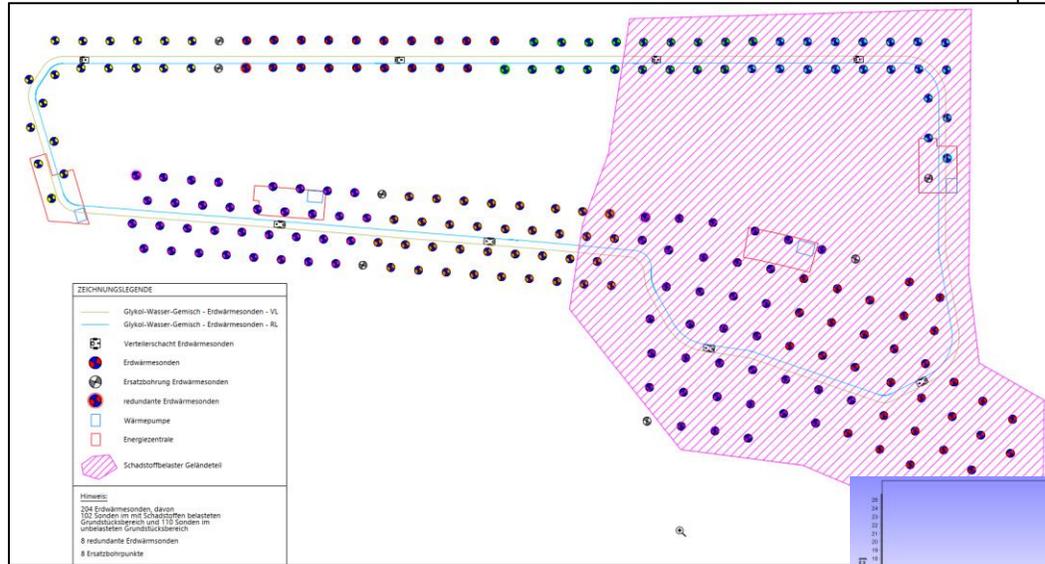
3-4 Entwurfs- und Genehmigungsplanung

numerische Simulation der thermischen Auswirkungen mit FEFLOW

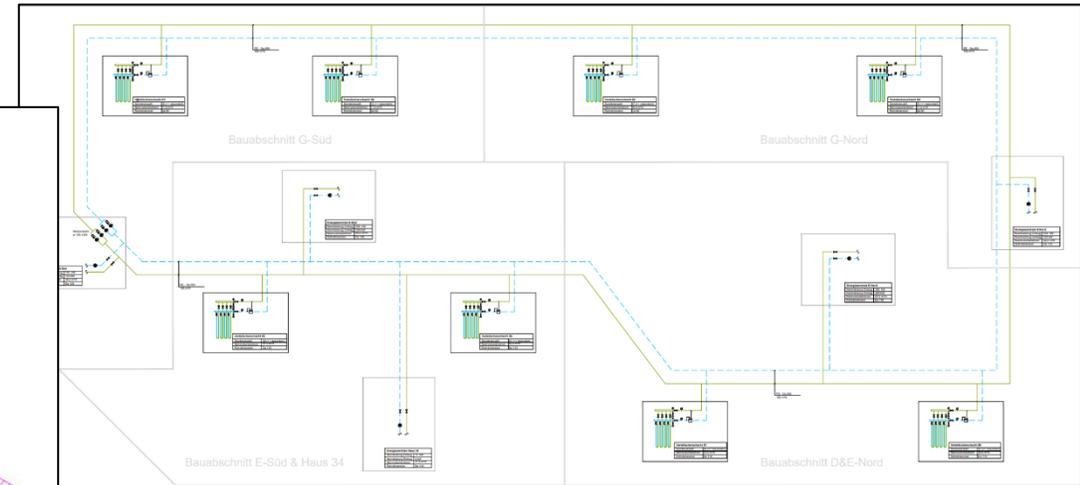


Entwurfs- & Genehmigungsplanung

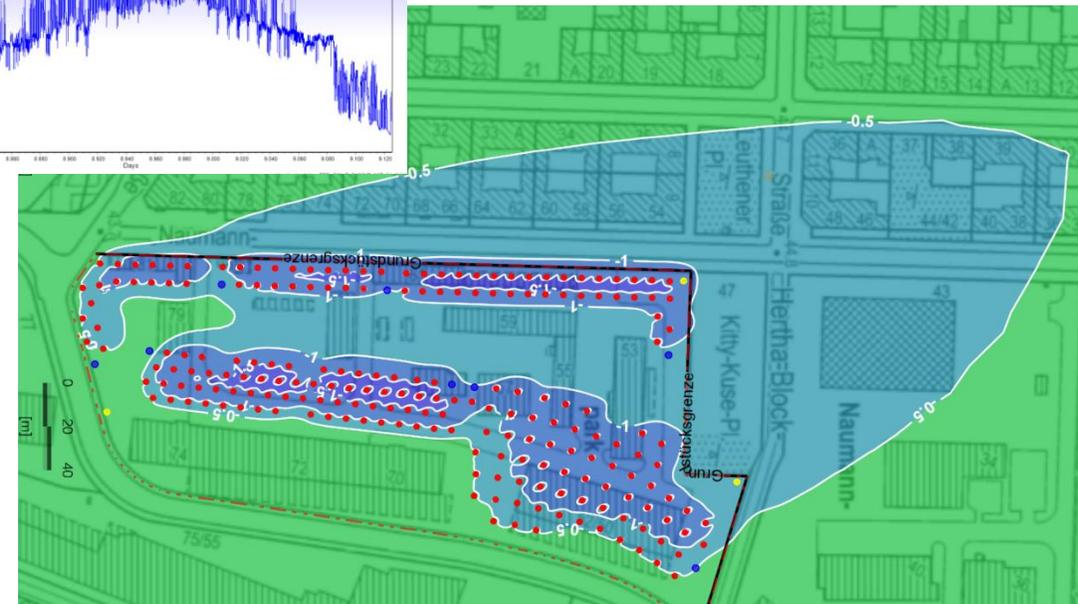
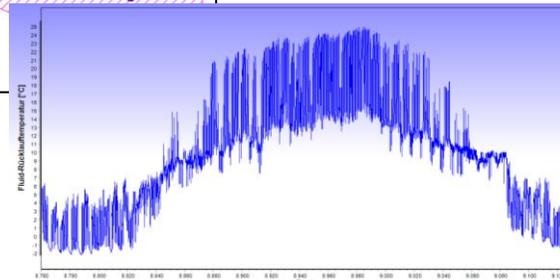
Sondenfeld und Kaltnetz im Quartier



Kaltnetzschema



NACHWEIS DES THERMISCHEN LEISTUNGSVERMÖGENS DES SONDENFELDES – NUMERISCHE SIMULATION



212 Sonden à 100 m

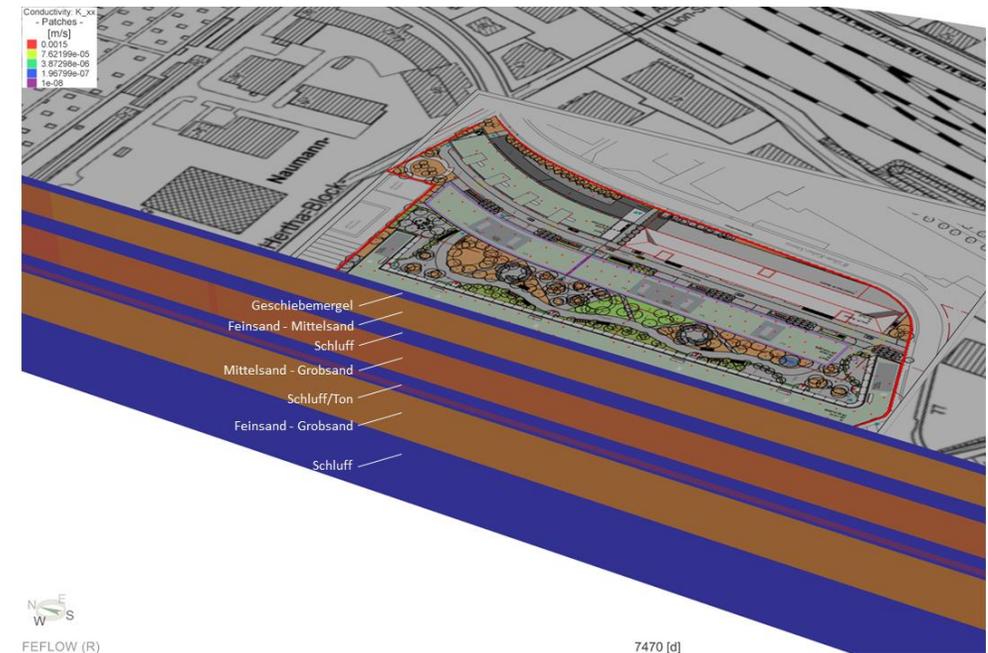
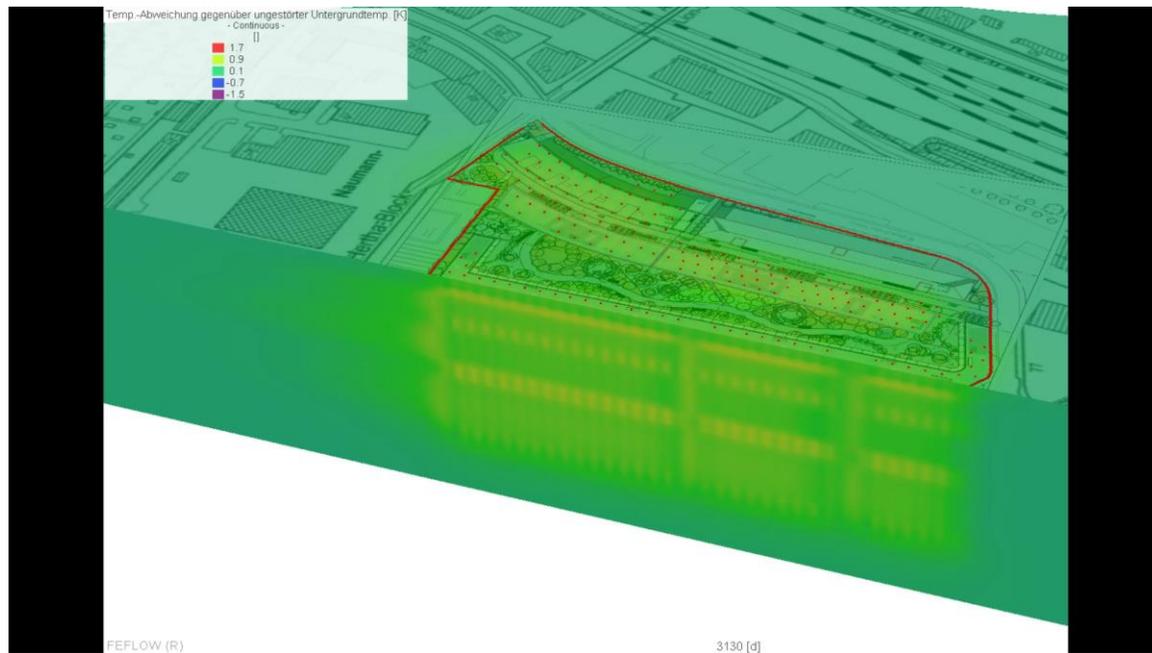
- unter Tiefgarage und unterhalb des Kellergeschosses
 - > 8 Sammler-/Verteilerschächte
 - > Verteilnetz/Kaltnetz
 - > 5 Energiezentralen

Tools/Software:

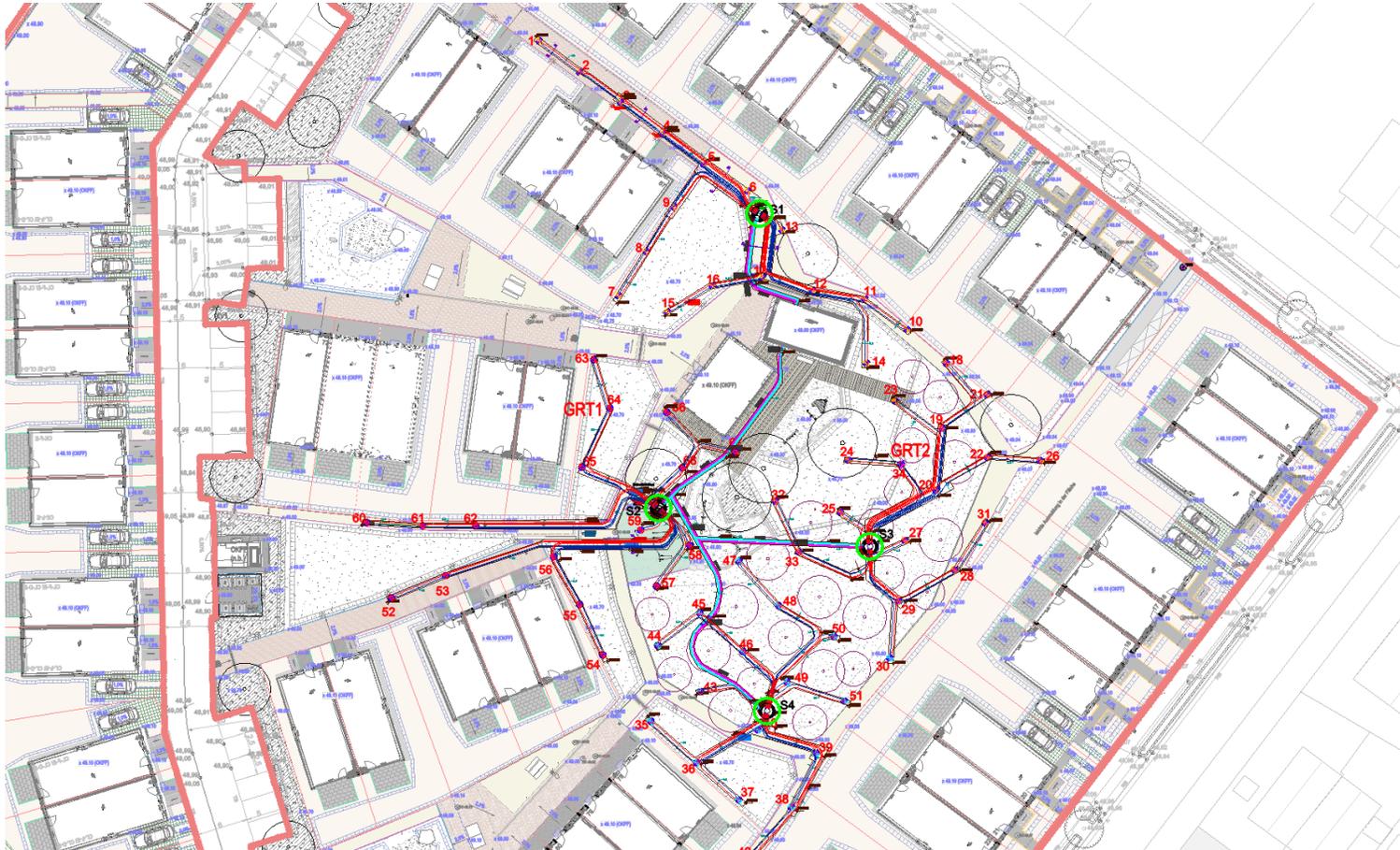
- **EED** (Earth Energy Designer)
- **FEFLOW** (num. Grundwassermodellierung)
- **BricsCAD**

Genehmigungsplanung Sondenfeld und Kaltnetz im Quartier

FEFLOW zur numerischen Simulation der thermischen Auswirkungen des Betriebs auf den Untergrund



KOKONI ONE – VOM PLAN...



- 68 Erdwärmesonden in 4 Teilfeldern à 17 Sonden
- Anbindeleitungen max. 35 m lang
- Je Teilfeld ein Verteilerschacht
- Anbindung Verteilerschächte an Energiezentrale

6-8 LV, Vergabebegleitung, Baubegleitung



KOKONI ONE – ...ZUR UMSETZUNG AUF DER BAUSTELLE

Von der Bohrung zum Sondenfeld



- Bohrungen
- Einbau Erwärmesonde in Bohrloch
- Hinterfüllung Erdwärmesonde
- Verlegung Anbindeleitungen
- Anschluss der Erdwärmesonden an Verteilerschacht

Beispiel Erdwärmesonden unter Bürogebäude-UG



Sondenbohrung u. - Einbau von der Oberfläche der Voraushubsohle



Ausheben der Baugrube



Leitungsraben mit Erdwärmesondenköpfen

Beispiel Erdwärmesonden unter UG



Verlegung der Anbindeleitungen, Druck- und Durchflussprüfung



Verfüllung der Leitungsgräben



Armierung und Bodenplatte



Sammler-/ Verteilerbalken