

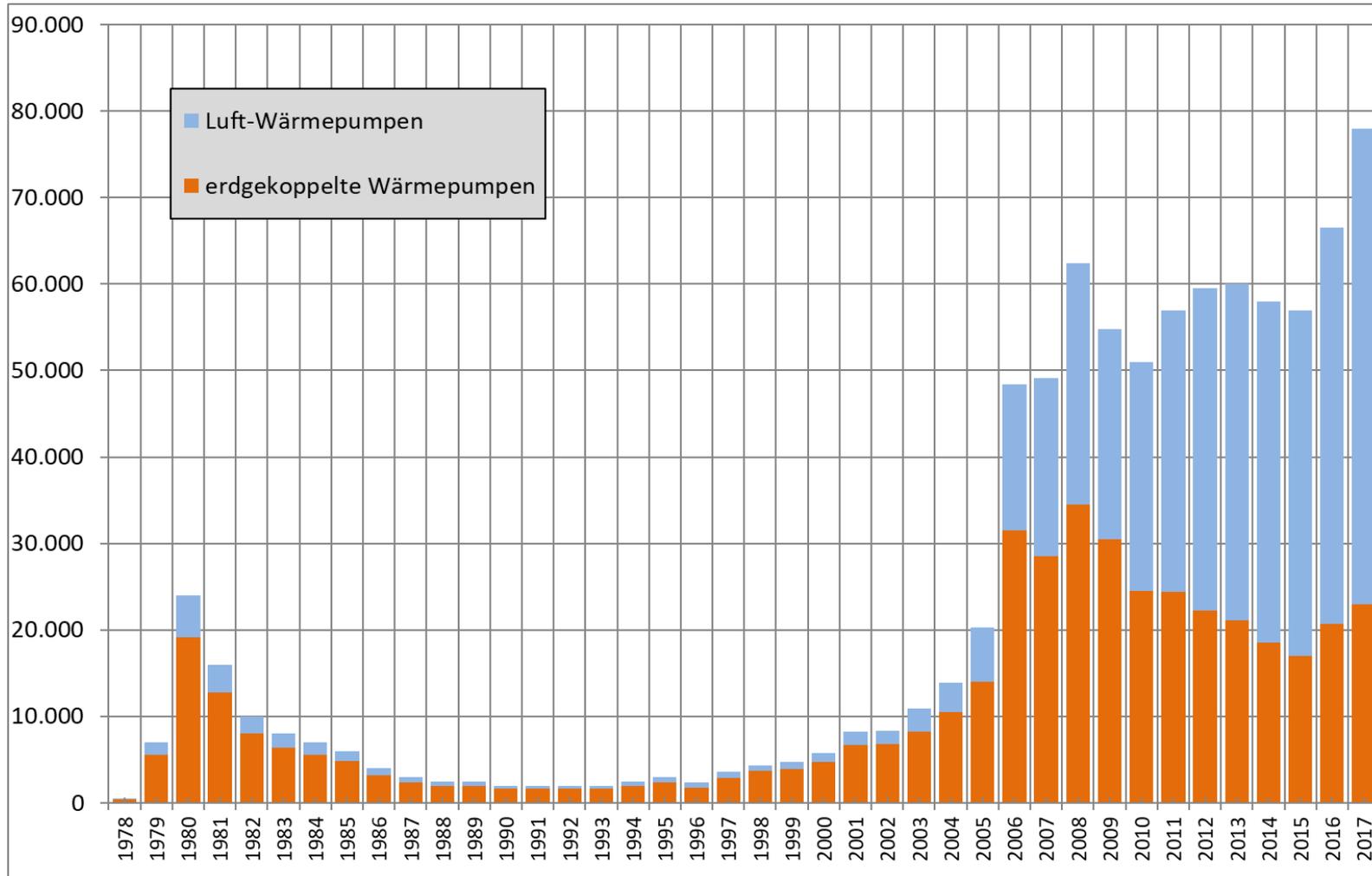
Herausforderung Geothermie im Bestandsbau

Anlagentechnik und Wirtschaftlichkeit

Dipl.-Geol. Rüdiger Grimm

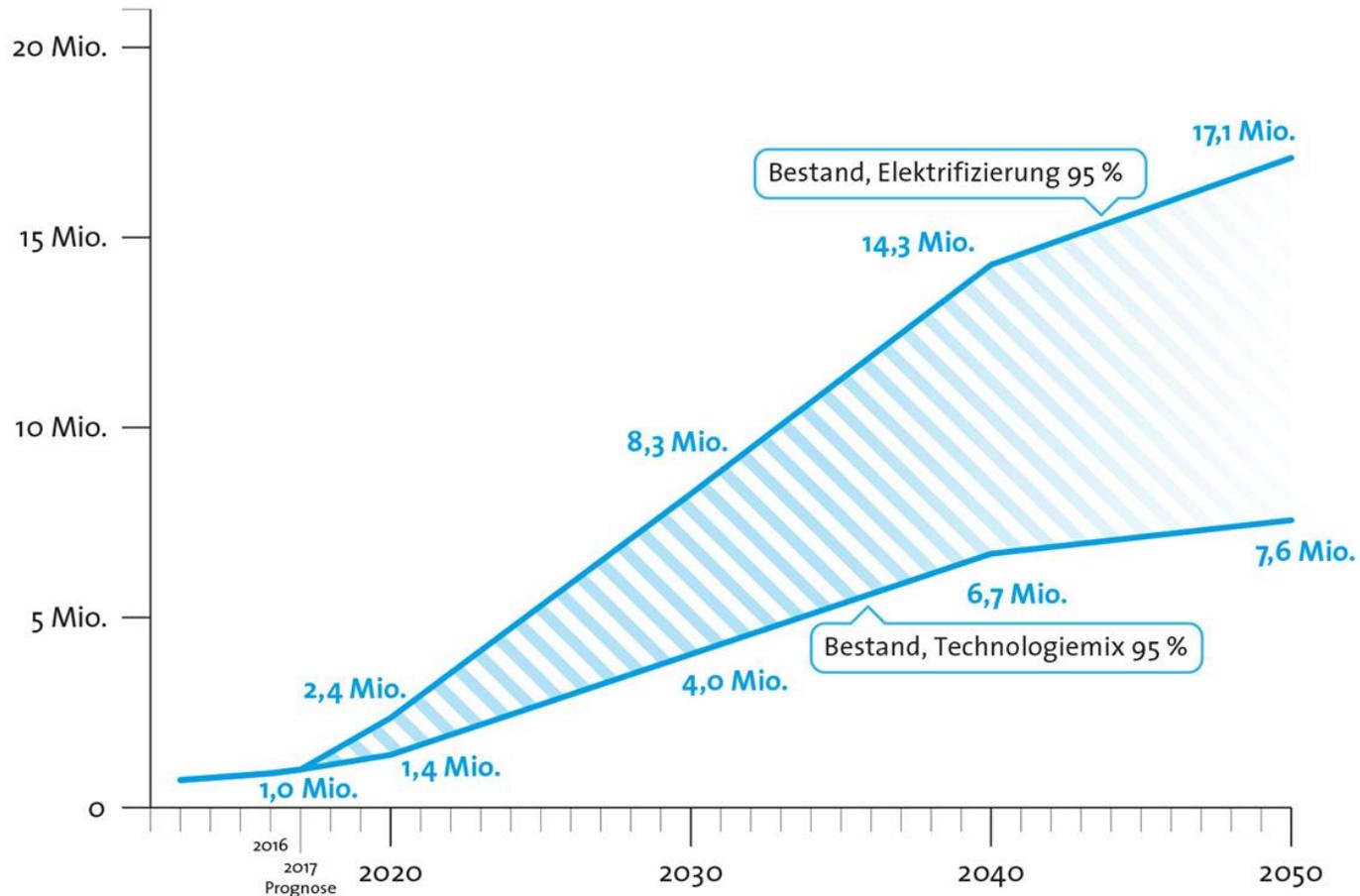
Erdwärme. Planen. Testen. Überwachen.

Markt in Deutschland



Prognose AGORA

Wärmepumpen im Bestand



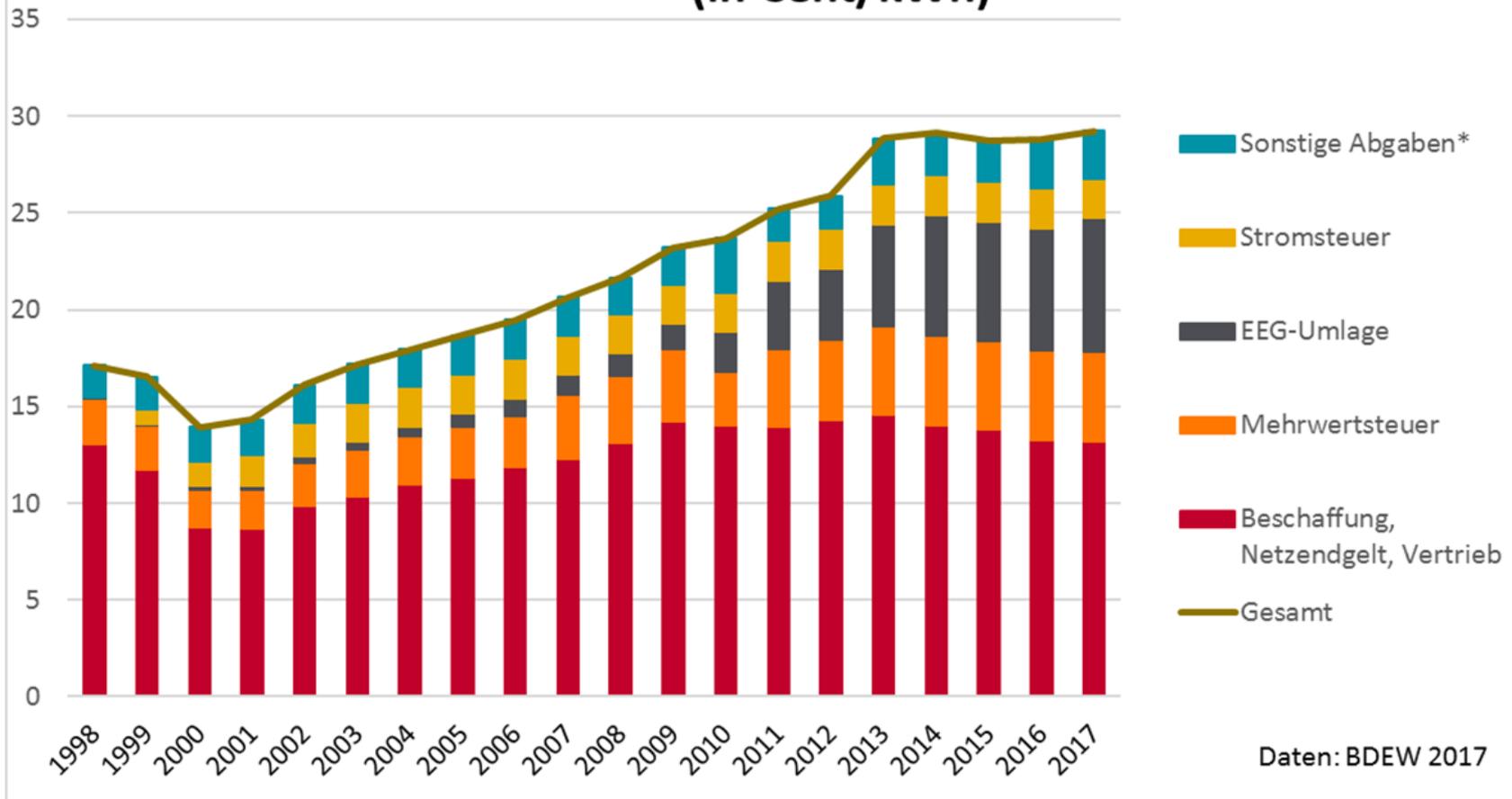
Staus Quo 2018

- Deutschland ist mit jährlich über 20.000 neu errichteten Geothermie-Anlagen mit Schweden und der Schweiz der wichtigste Markt in Europa.
- Schwerpunkte sind neben dem Wohnungsbau v.a. öffentliche und gewerbliche Anwendungen sowie Quartierslösungen.
- In den letzten Jahren ist eine deutliche Verschärfung des wasserrechtlichen Genehmigungsrechts zu beobachten.
- Auf Grund des föderalen Systems sind die Anforderungen an die Errichtung von Erdwärmeanlagen regional sehr unterschiedlich.
- Ein fairer Wettbewerb zu konventionellen (fossilen) Energieträgern ist auf Grund einer verfehlten Energiepolitik in den letzten Jahren (EEG auf Strom) für den reinen Heizbetrieb kaum möglich. Bei Betrachtung von (passiver) Kühlung sehr wohl.

Verfehlte Förderpolitik



Strompreisentwicklung und Zusammensetzung (in Cent/kWh)



Regionale Ungleichverteilung



Geothermie im Bestandsbau - Szenarien

- EFH-Sanierung
 - Wertsteigerung der Immobilie
 - technisch notwendiger Heizungstausch
 - hochwertige Sanierung
 - verfügbare Fördermittel
- MFH-Sanierung
 - umfangreiche Eingriffe in die Bausubstanz
- Quartiersentwicklung
 - Platzprobleme
 - unterschiedliche Nutzerprofile (Heizen & Kühlen)
 - (kalte) Nahwärmenetze
 - nachbarschaftliche Konflikte durch thermische Beeinflussung

Szenario 1

- EFH-Sanierung
 - Wertsteigerung der Immobilie
 - technisch notwendiger Heizungstausch
 - hochwertige Sanierung
 - verfügbare Fördermittel
- MFH-Sanierung
 - umfangreiche Eingriffe in die Bausubstanz
- Quartiersentwicklung
 - Platzprobleme
 - unterschiedliche Nutzerprofile (Heizen & Kühlen)
 - (kalte) Nahwärmenetze
 - nachbarschaftliche Konflikte durch thermische Beeinflussung

EFH - Donatsgasse 13 in Freiberg

- Bergarbeiterhaus im historischen Zentrum von Freiberg
 - 2004 grundhaft saniert (Erdgas)
 - 135 m² beheizte Wohnfläche
 - 30% Fußbodenheizung (Wohnzimmer, Bad)
 - 12 Heizkörper
- Umrüstung auf Erdwärme 2008
 - 7,5 kW - Wärmepumpe
 - Heizung & Warmwasser
 - 1 Bohrung á 100 m
- Sanierung der Wärmepumpe 2016
 - 8,1 kW - Wärmepumpe
 - raumgesteuert



EFH in Freiberg - Wärmemengen



Neubau und Bestand

erdwärme
@home

BAFA FÖRDERUNG

FÖRDERUNG

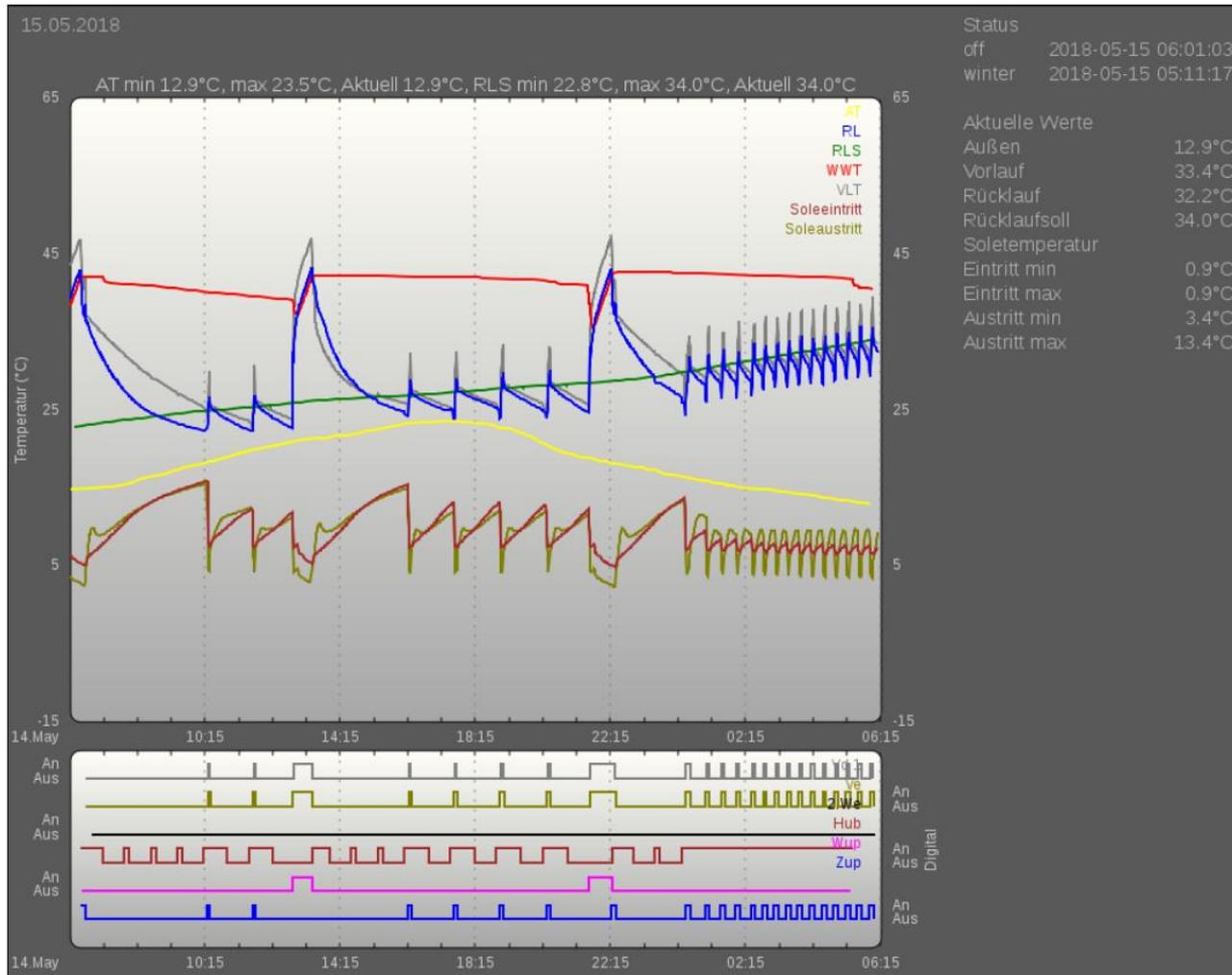
Erdwärme wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) im Rahmen des Marktanzreizprogrammes (MAP) gefördert. Rüsten Sie ein Bestandsgebäude mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe aus, deren Jahresarbeitszahl (JAZ) mindestens 3,8 beträgt, haben Sie Anspruch auf eine Förderung über 4.500 €. Die Basisförderung können Sie bis 9 Monate nach der Inbetriebnahme beantragen.

JAZ \geq 3,8
**BASIS-
FÖRDERUNG**
4.500 €
im Bestand

JAZ \geq 4,5
**INNOVATIONS-
FÖRDERUNG**
4.500 € | 6.750 €
im Neubau | im Bestand

Im Neubau sind für eine Förderung höhere energetische Ansprüche zu erfüllen: eine Wärmepumpe mit einer JAZ \geq 4,5, Flächenheizung und ein Qualitätscheck nach einem Jahr. Werden diese Kriterien bei einer Sanierung eingehalten, profitieren Sie zusätzlich. Die Antragsstellung muss vor Vertragsschluss erfolgen.

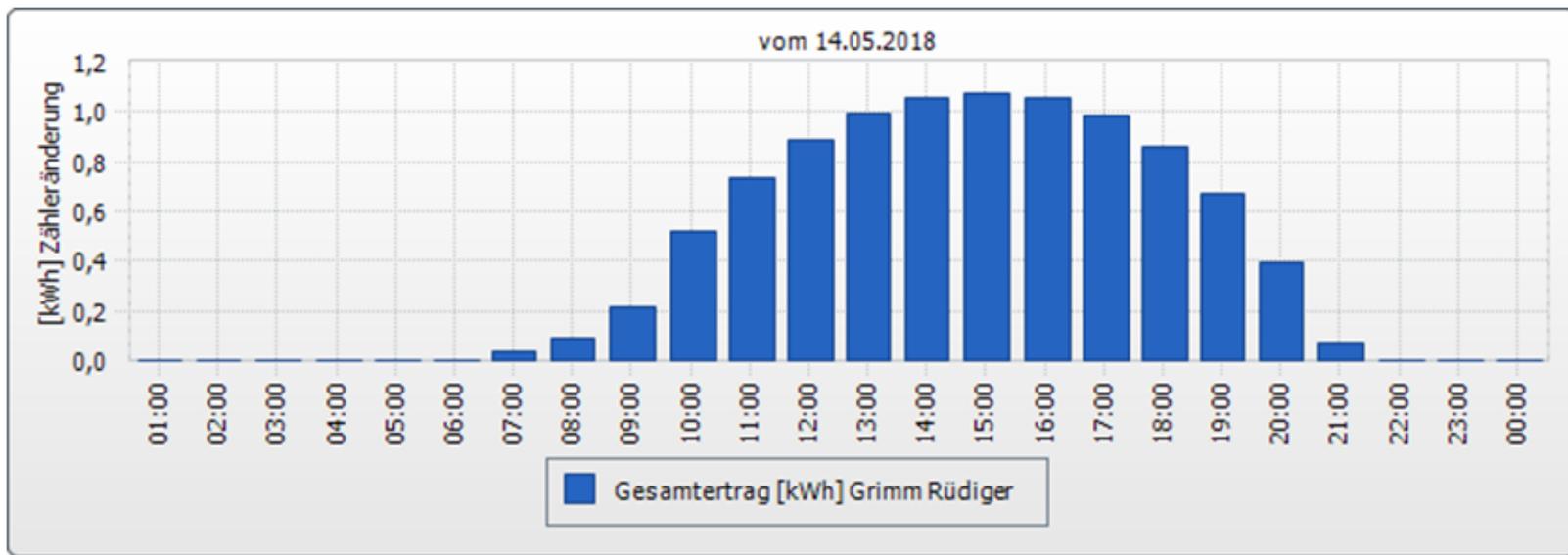
EFH Freiberg - Wärmepumpen-App/RTC



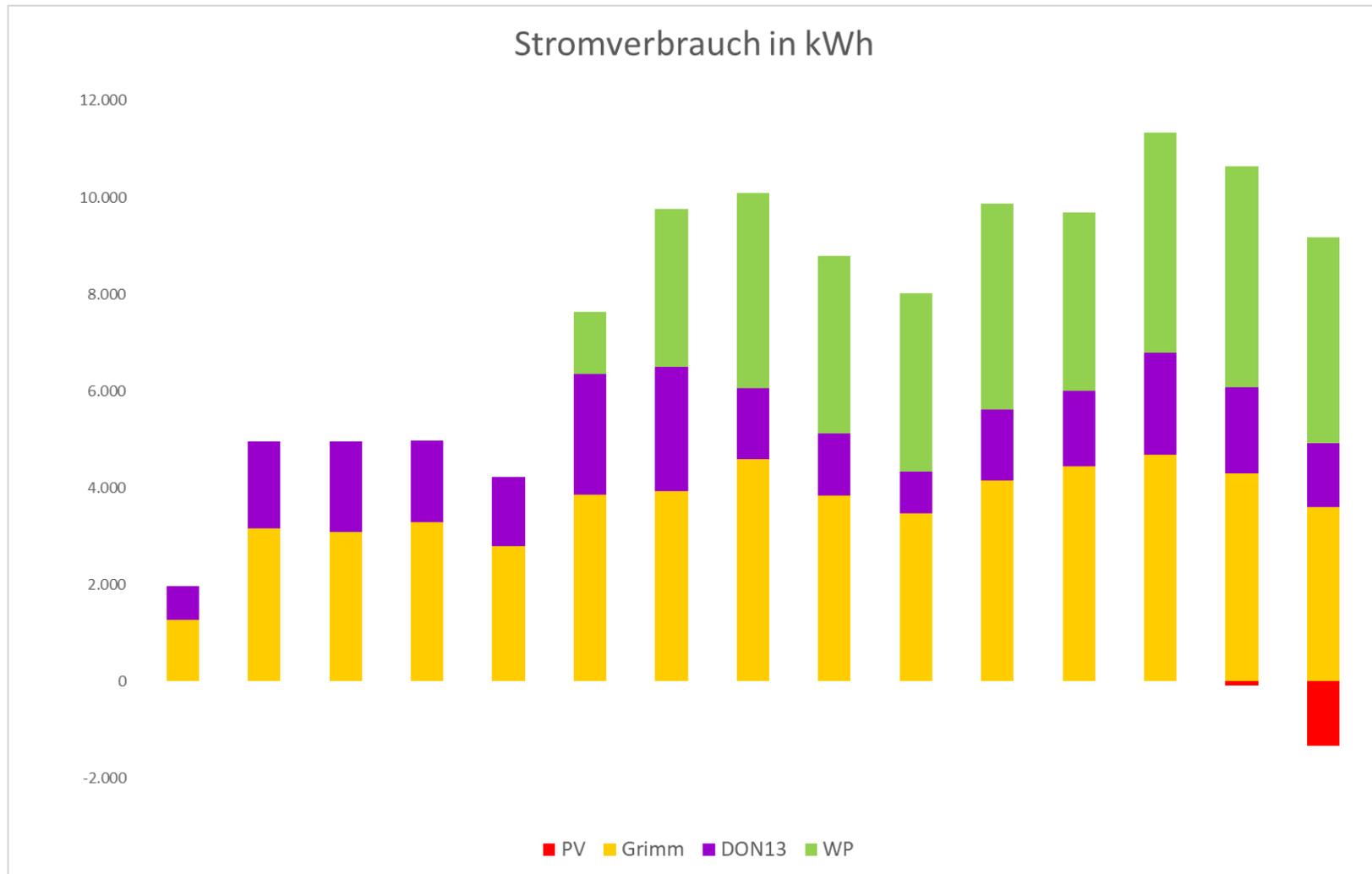
EFH Freiberg - Kombination mit PV

Grimm Rüdiger Täglicher Anlagenreport

Geräte/Anlagen	Gesamtertrag Zähleränderung [kWh] 14.05.2018	Gesamtertrag Zähleränderung [kWh] Mai 2018	Gesamtertrag Zähleränderung [kWh] 2018
Grimm Rüdiger	9,64	114,15	392,69
	9,64	114,15	392,69
	[Summe]	[Summe]	[Summe]



EFH Freiberg - Kombination mit PV

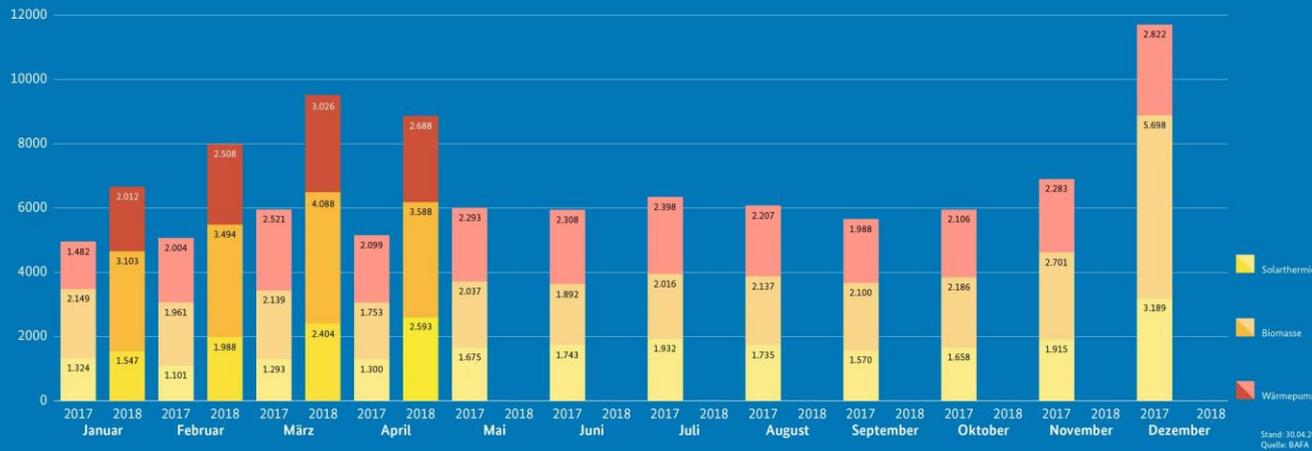


MAP wirkt, aber richtig?



Monatsstatistik Marktanreizprogramm

Antragszahlen 2017/2018



2007	12,8
2008	13,2
2009	13,6
2010	13,6
2011	14,2
2012	13,9
2013	15,0
2014	15,1
2015	15,2
2016	14,2
2017	12,8

Szenario 2

- EFH-Sanierung
 - Wertsteigerung der Immobilie
 - technisch notwendiger Heizungstausch
 - hochwertige Sanierung
 - verfügbare Fördermittel
- MFH-Sanierung
 - umfangreiche Eingriffe in die Bausubstanz
- Quartiersentwicklung
 - Platzprobleme
 - unterschiedliche Nutzerprofile (Heizen & Kühlen)
 - (kalte) Nahwärmenetze
 - nachbarschaftliche Konflikte durch thermische Beeinflussung

3 MFH Talstraße 5-9 in Freiberg

- 885 m² Wohnfläche
- 12 Wohnungen mit 40 Bewohnern
- 90 kWh/m²*a
- Baukosten: 1,36 Mio. €
- Mietpreis: 7,10 €/m²
- NK Wärme: 0,25-0,35 €/m²
- Fußbodenheizung, zentrale Warmwasserbereitung
- 2 Wärmepumpen
 - 37 kW Heizen
 - 20 kW Heizen & Warmwasser

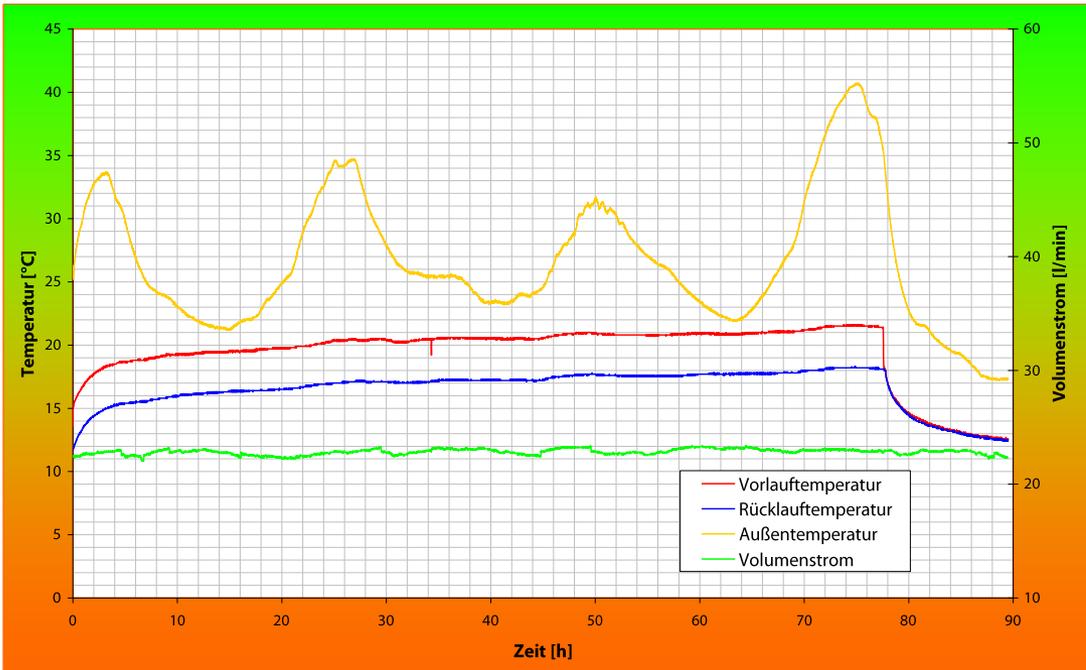


Vorplanung

- Machbarkeitsstudie „Erdwärmennutzung“
 - Untergrund Gneis
 - Wärmeleitfähigkeit: 2,9 W/m,K
 - Schwankungsbreite laut EED: 1,9 ... 4,0 W/m,K
 - Oberflächenkorrigierte Untergrundtemperatur:
 - Freiberg laut EED: 7,7°C
 - Ergebnis EED: 6 x 140 m = 840 m
 - Kostenschätzung: 55.000 €
 - Vorschlag für Pilotbohrung & Testarbeiten
 - danach Präzisierung EED und Ausschreibung



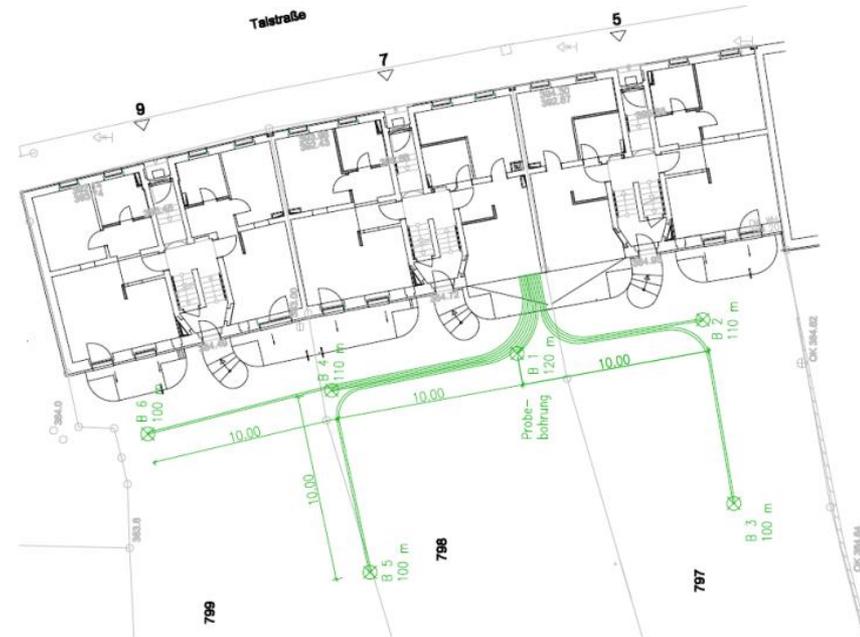
TRT - Messreihe & Ergebnisse



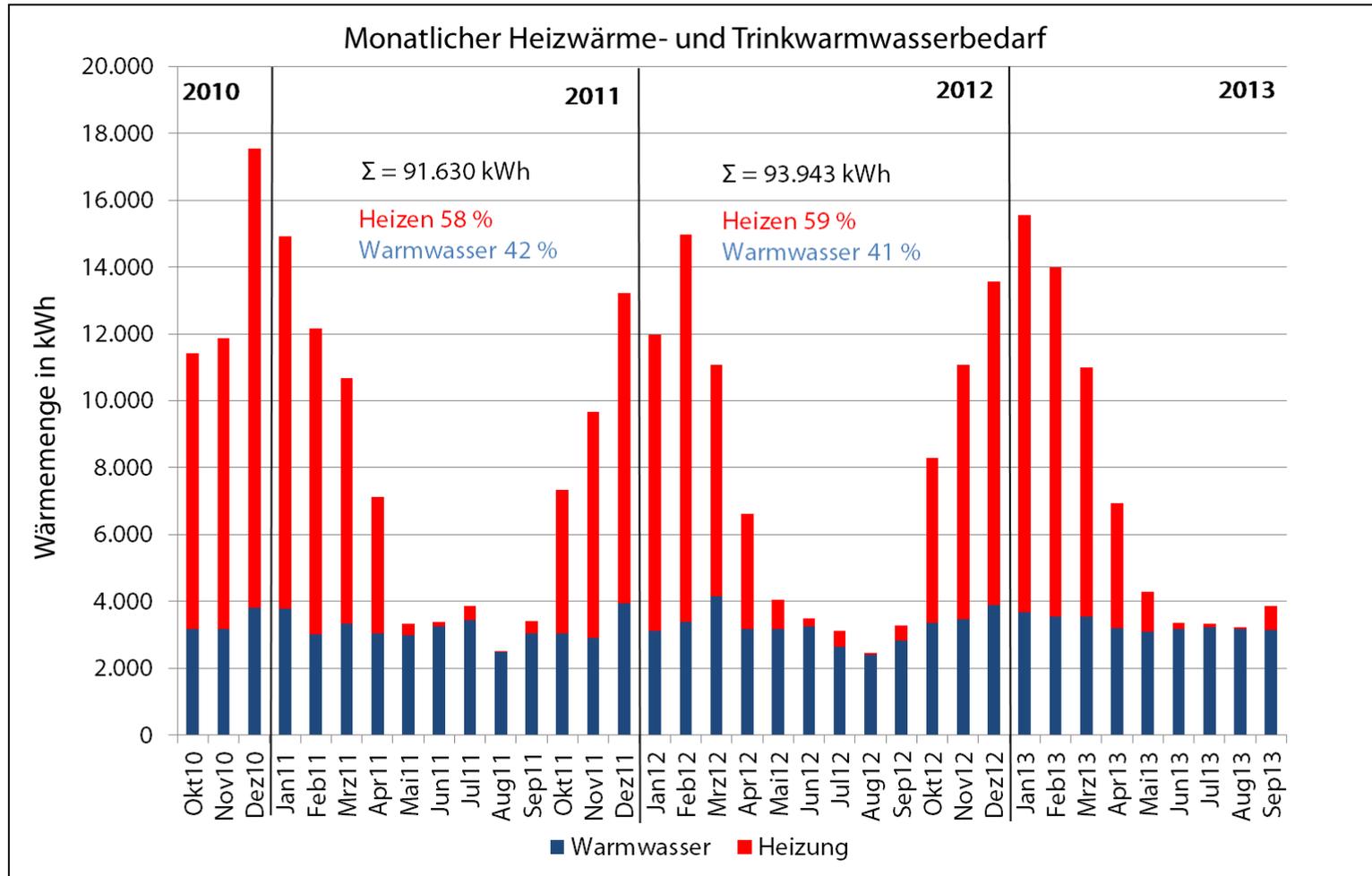
Ergebnisse des Thermal Response Tests		
mittlere ungestörte Untergrundtemperatur	T_{mittel}	10,74 °C
grund surface temperature	T_{ground}	9,69 °C
effektive Wärmeleitfähigkeit	λ^*	3,43 W/m,K
thermischer Bohrlochwiderstand	R_b	0,085 K/W/m
Sondenlänge (berechnet aus TRT)	l_{TRT}	120 m

Ausführungsplanung

- Reduzierung der Bohrmeter
 - 6 x 107 m = 640 m
- Vergleich:
 - 1.500 m (Architekt) → 100.000 €
 - 840 m (Vormodell)
- Optimierung des Sondenfeldes
 - Hydraulik, Verteiler
- Präzisierung Kostenschätzung
 - 42.000 €
- Ausschreibung, Vergabe
 - 35.000 €



MFH Talstraße 5, 7 & 9 in Freiberg

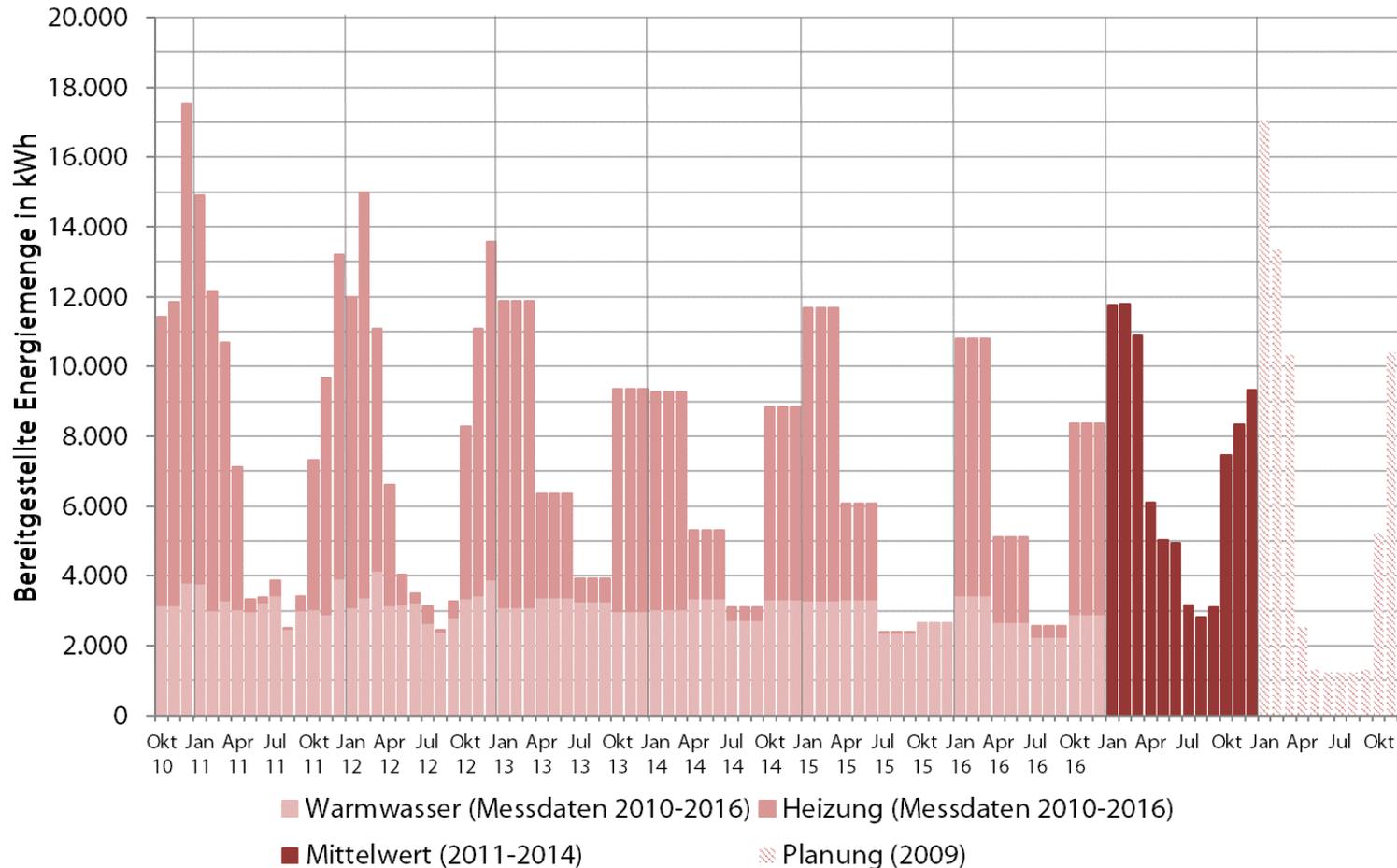


Überschlag BK 2011/12

- Gesamtenergieerzeugung 90.000 kWh/a (H+WW)
- Heizen 60% → 54.000 kWh/a
- JAZ 3,5 → 15.400 kWh x 0,25 € = 3.860 €
- 3.860 € / 885 m² / 12 Monate = 0,36 €/m²

Monitoring - MFH Freiberg

BV 886 MFH Talstraße , Freiberg - Monatliche Energiemengen



Sozialer Wohnungsbau

1455 MFH Erlangen



1253 MFH Hanau

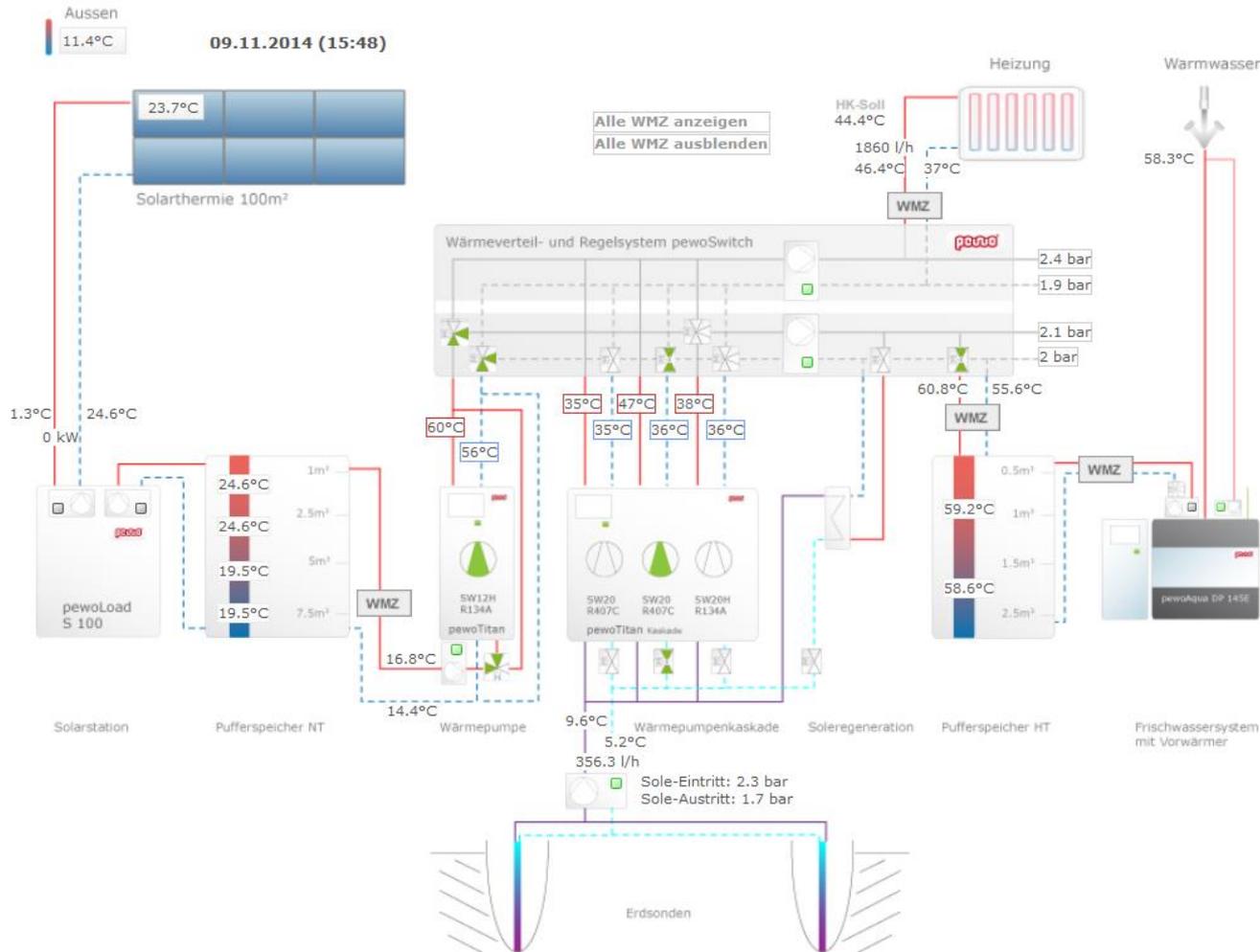


← 13 Bohrungen
(910 m)

8 Bohrungen →
(1.034 m)



MFH Hanau - Anlagenschema

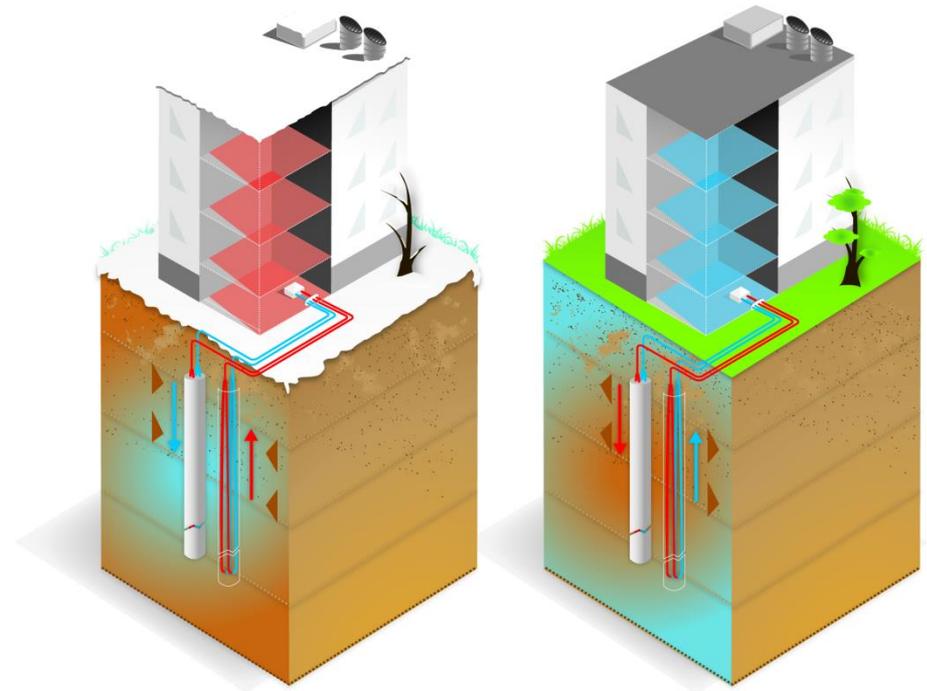


Szenario 3

- EFH-Sanierung
 - Wertsteigerung der Immobilie
 - technisch notwendiger Heizungstausch
 - hochwertige Sanierung
 - verfügbare Fördermittel
- MFH-Sanierung
 - umfangreiche Eingriffe in die Bausubstanz
- Quartiersentwicklung
 - Platzprobleme
 - unterschiedliche Nutzerprofile (Heizen & Kühlen)
 - (kalte) Nahwärmenetze
 - nachbarschaftliche Konflikte durch thermische Beeinflussung

Heizen und Kühlen

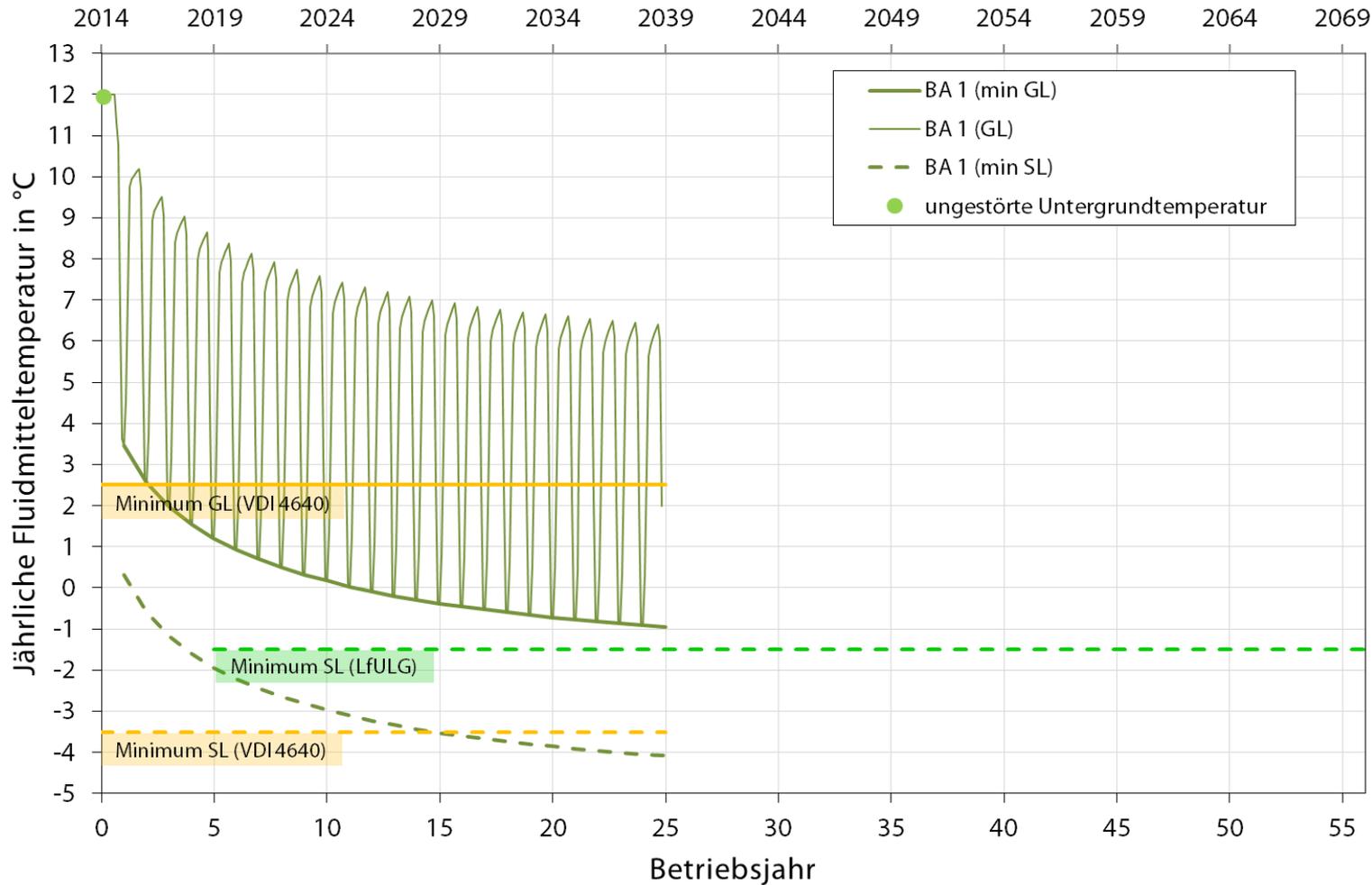
- Heizen mit WP im Winter
 - Abkühlen des Untergrundes
- freie Kühlung im Sommer
 - Eintrag bzw. Regeneration
- Amortisationszeit sinkt
- hocheffizientes System
 - Kühlung als „Extra“ dazu
- „Untergrundspeicher“
 - muss nicht extra gebaut werden
- Ausgeglichener Temperaturhaushalt



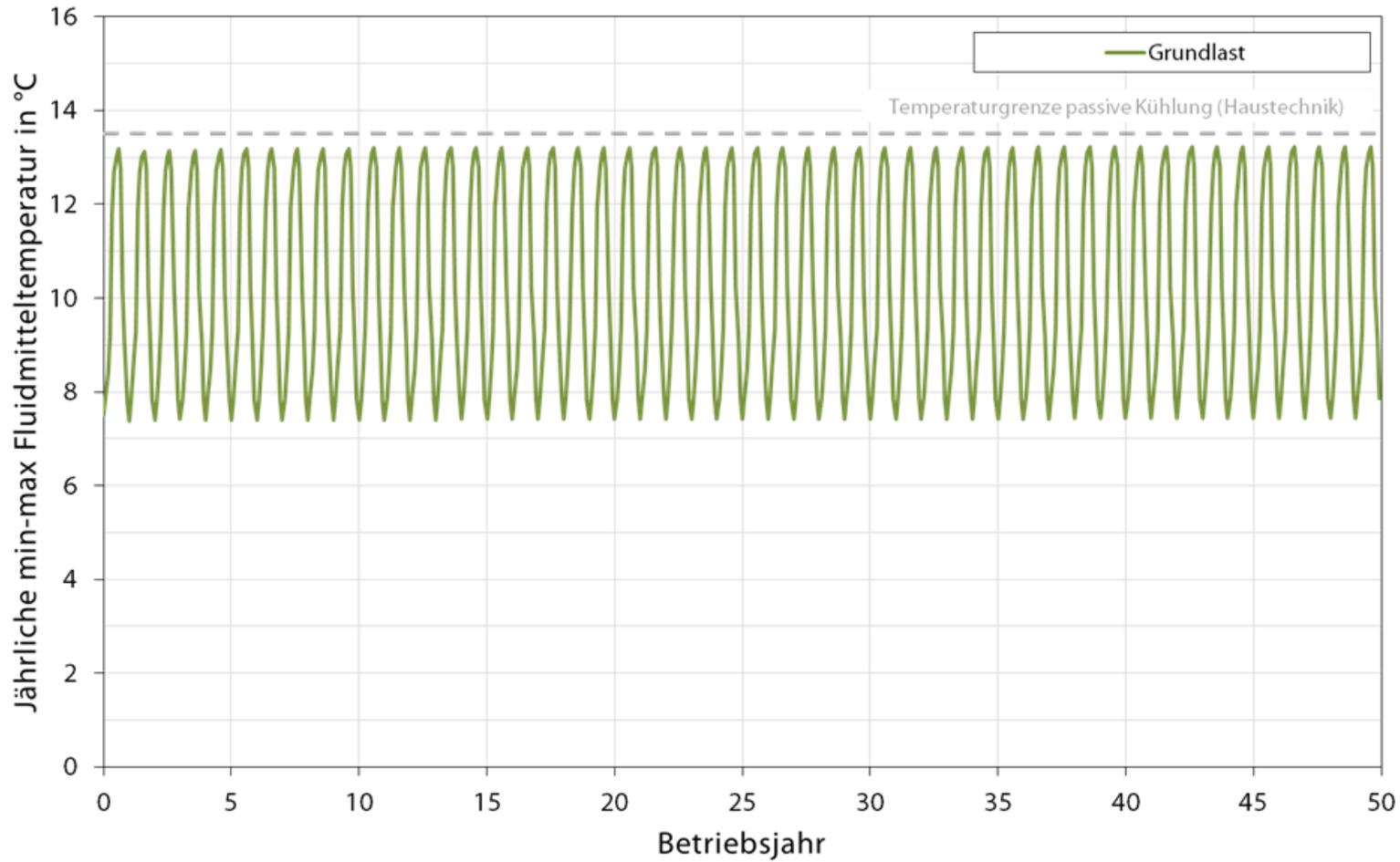
Ausgeglichener Temperaturhaushalt

- Nachweis der dreidimensionalen thermischen Auswirkung des Erdwärmesondenfeldes auf die Umgebung über die Zeit
 - Thermohydrodynamische Simulation
 - Geologisch-hydrogeologisches Modell mit entsprechenden Parametern
 - Fachsoftware FEFLOW
- Temperaturlimits an den Grundstücksgrenzen
 - Berlin: 3,0 K
 - Hessen: 0,1 K
 - Sachsen: standortabhängig
 - Niedersachsen: keine

Fluidtemperaturen - Heizen

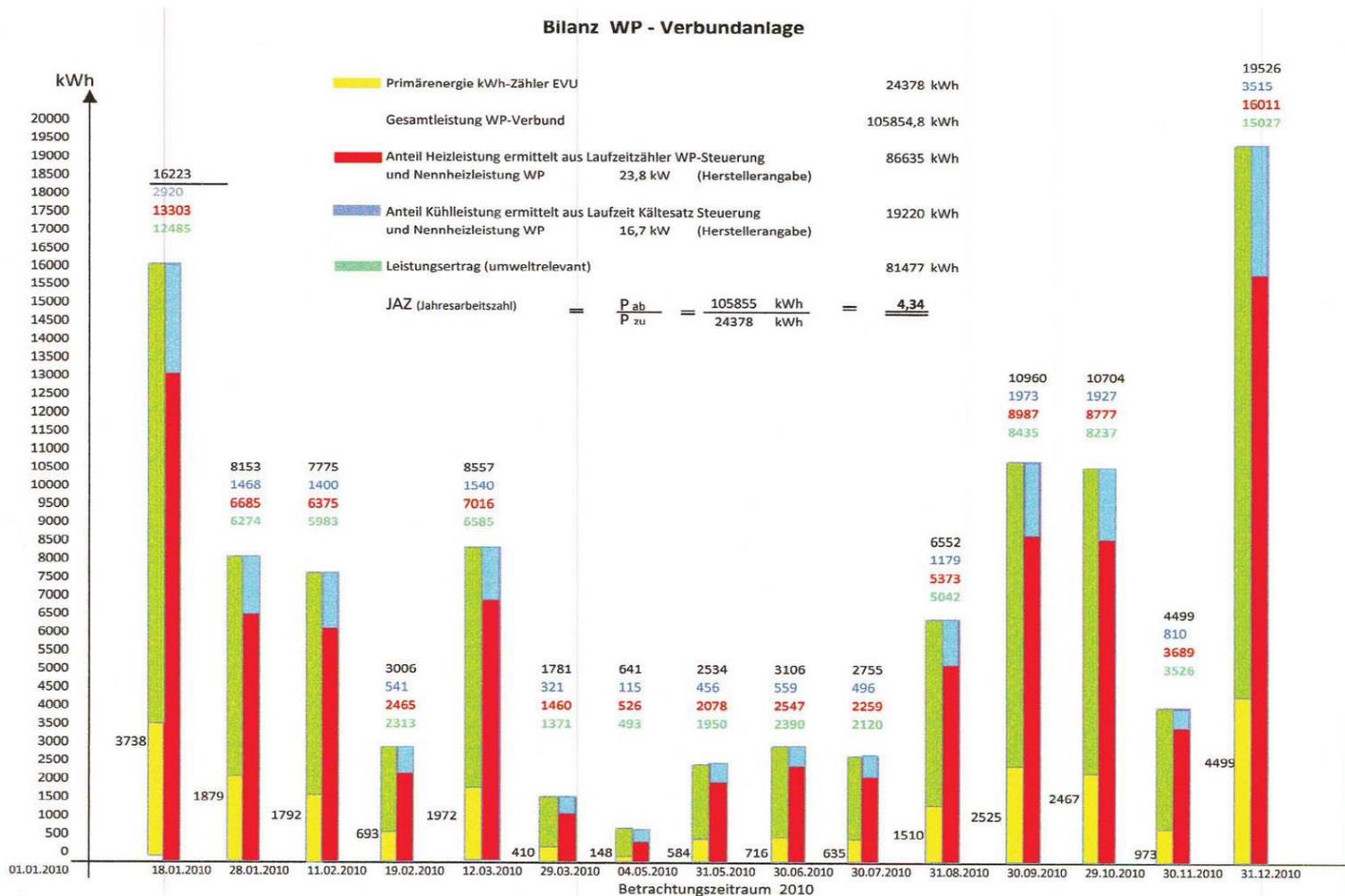


Fluidtemperaturen - Heizen & Kühlen





KOMET - Monitoring durch Fremdfirma



KOMET - Monitoring durch Fremdfirma

Betrachtungszeitraum: 01.01.2010 bis 31.12.2010

$$P_{el-Anl.} = 9581,2 \text{ kWh}$$

$$JAZ = \frac{Q_{WPges. Abgeg.} - P_{el Anlage}}{P_{el. Zuegef.}} = \frac{115436,0 - 9581,2}{24378,2}$$

$$JAZ = \frac{Q_{WPges. abgegeben}}{P_{el. zuegefuehrt}} = \frac{105854,8}{24378,2} = \underline{\underline{4,34}}$$

$$JAZ = \underline{\underline{4,34}}$$

Kontrollrechnung der ermittelten Leistungswerte zur Einsparung umweltrelevanter Energie

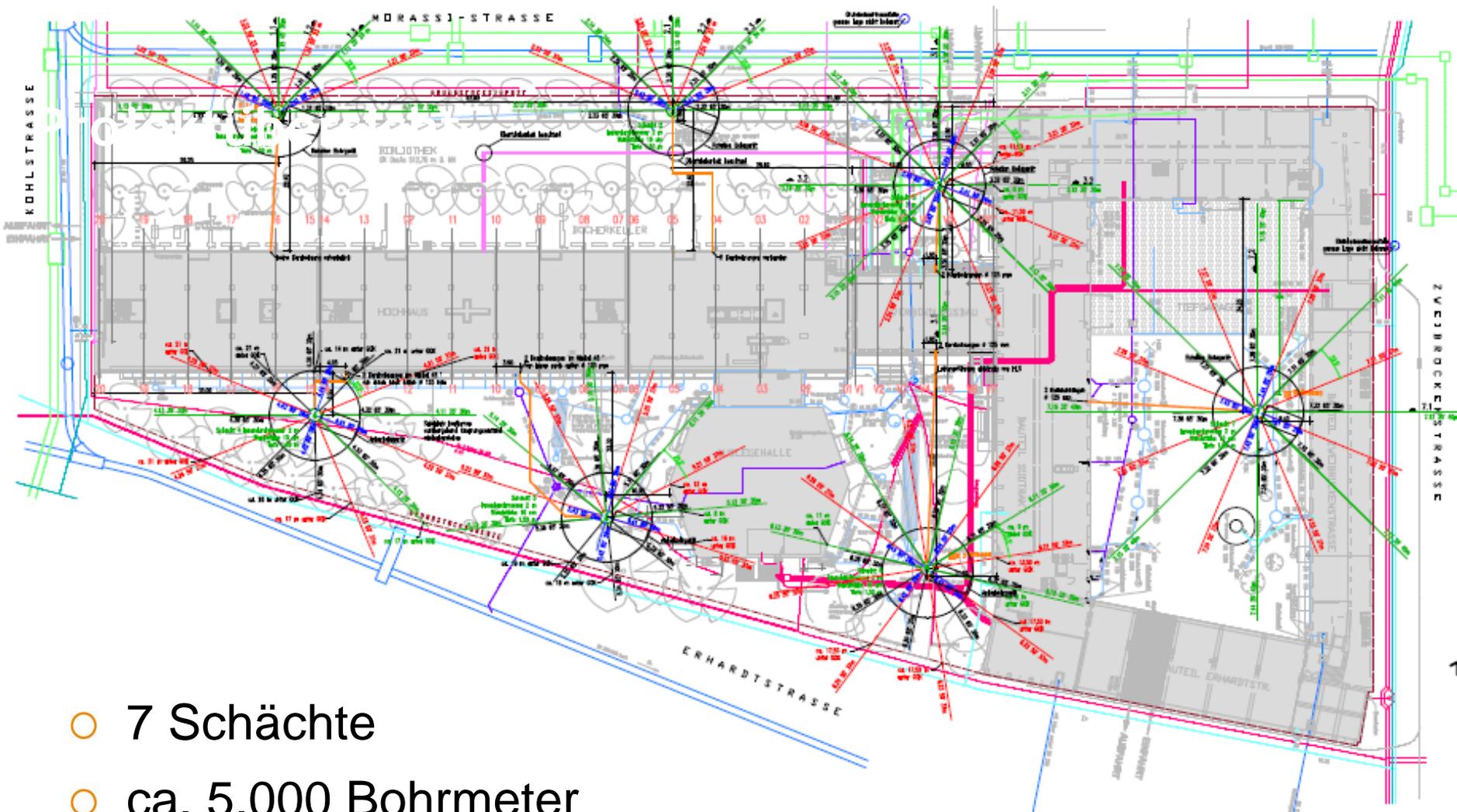
$$P_{umw.} = P_{ges abgeg.} - P_{el zuegef.}$$

$$P_{umw.} = 105854,8 \text{ kWh/a} - 24378,2 \text{ kWh/a}$$

$$P_{umw.} = 81476,6 \text{ kWh}$$

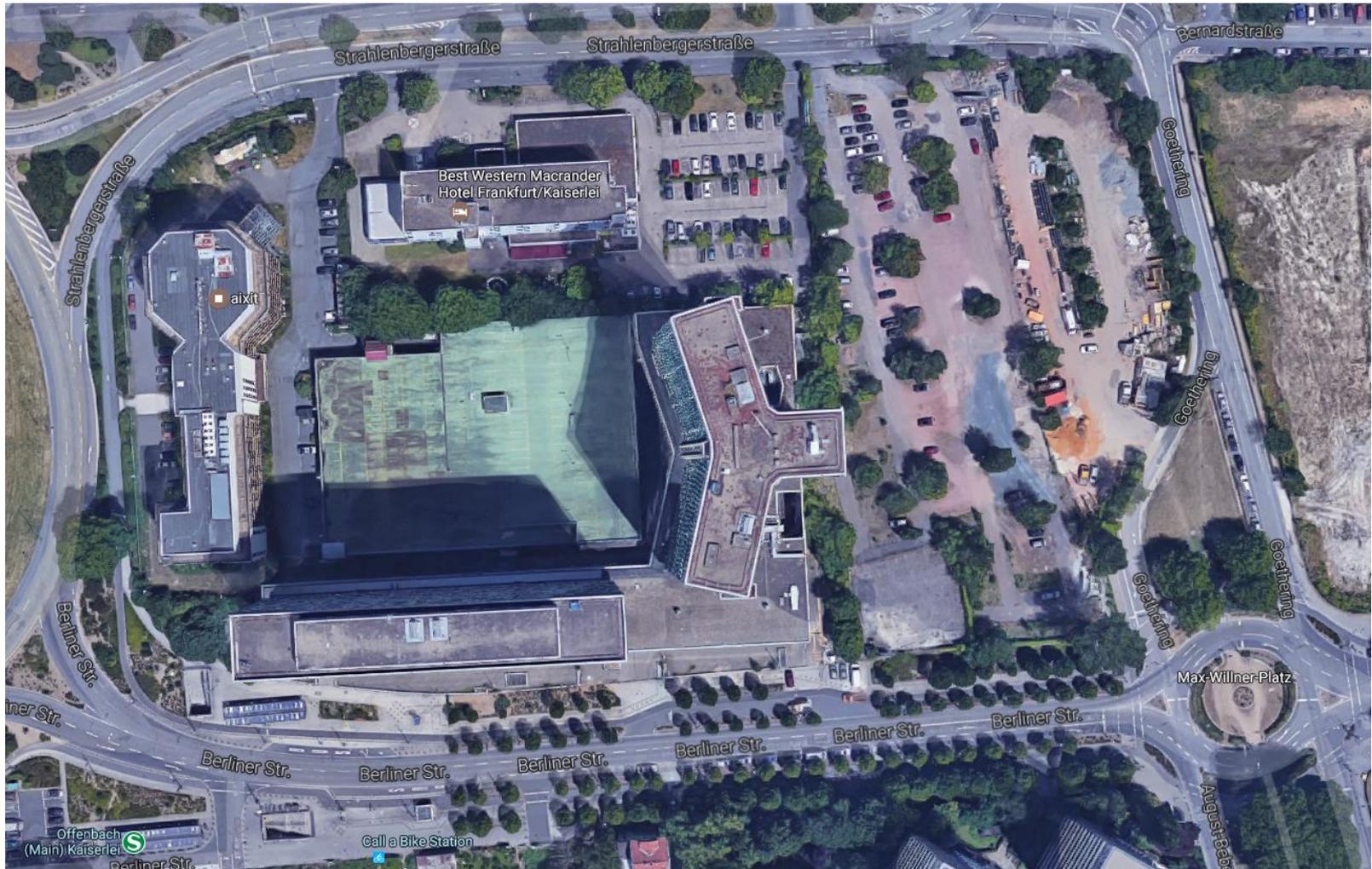
Über Wärmepumpen-Anlage eingesparte Energie





- 7 Schächte
- ca. 5.000 Bohrmeter
- Wellrohr-Koaxialsonden

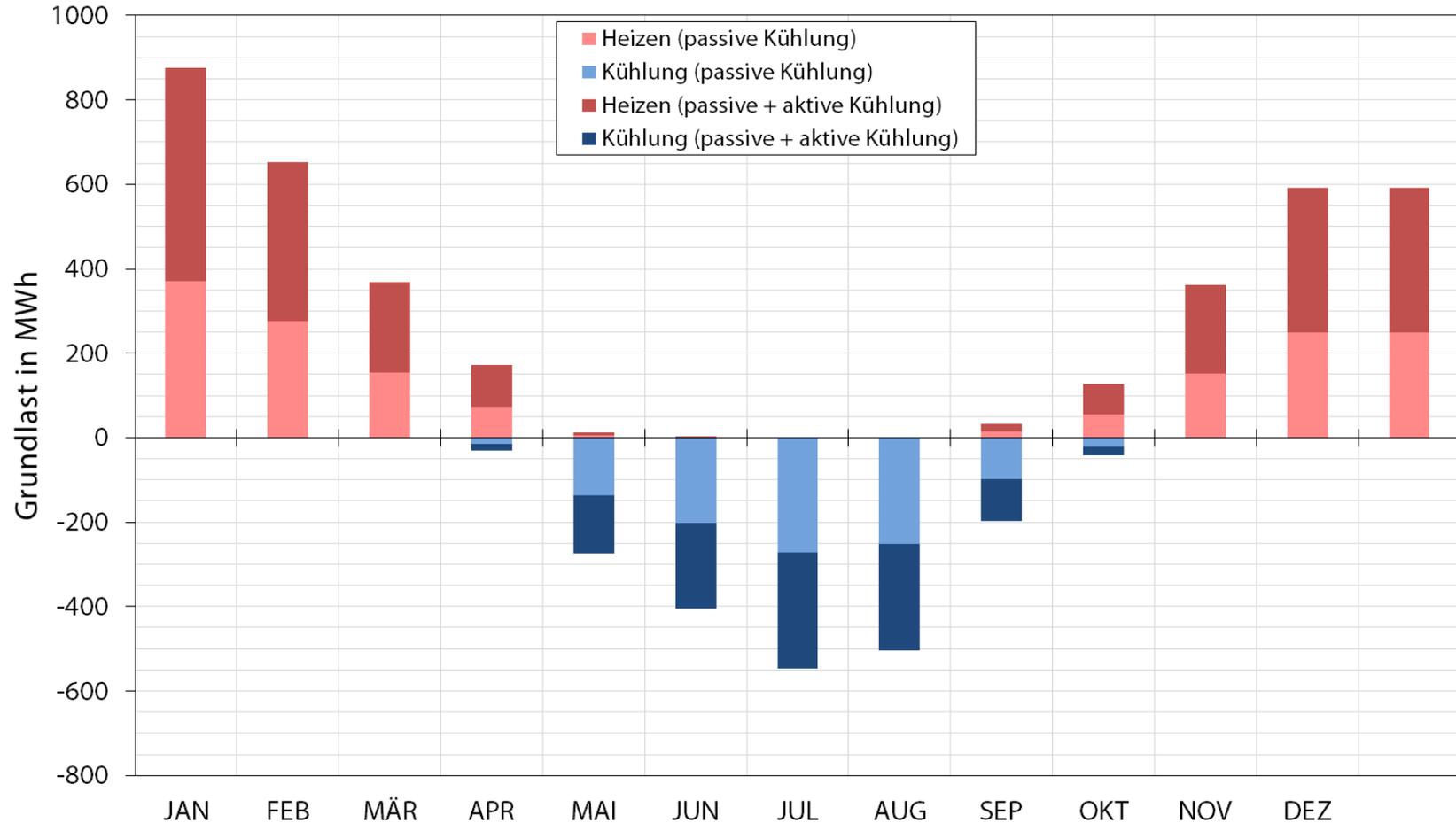
Quartier „KAI“ Kaiserlei Offenbach



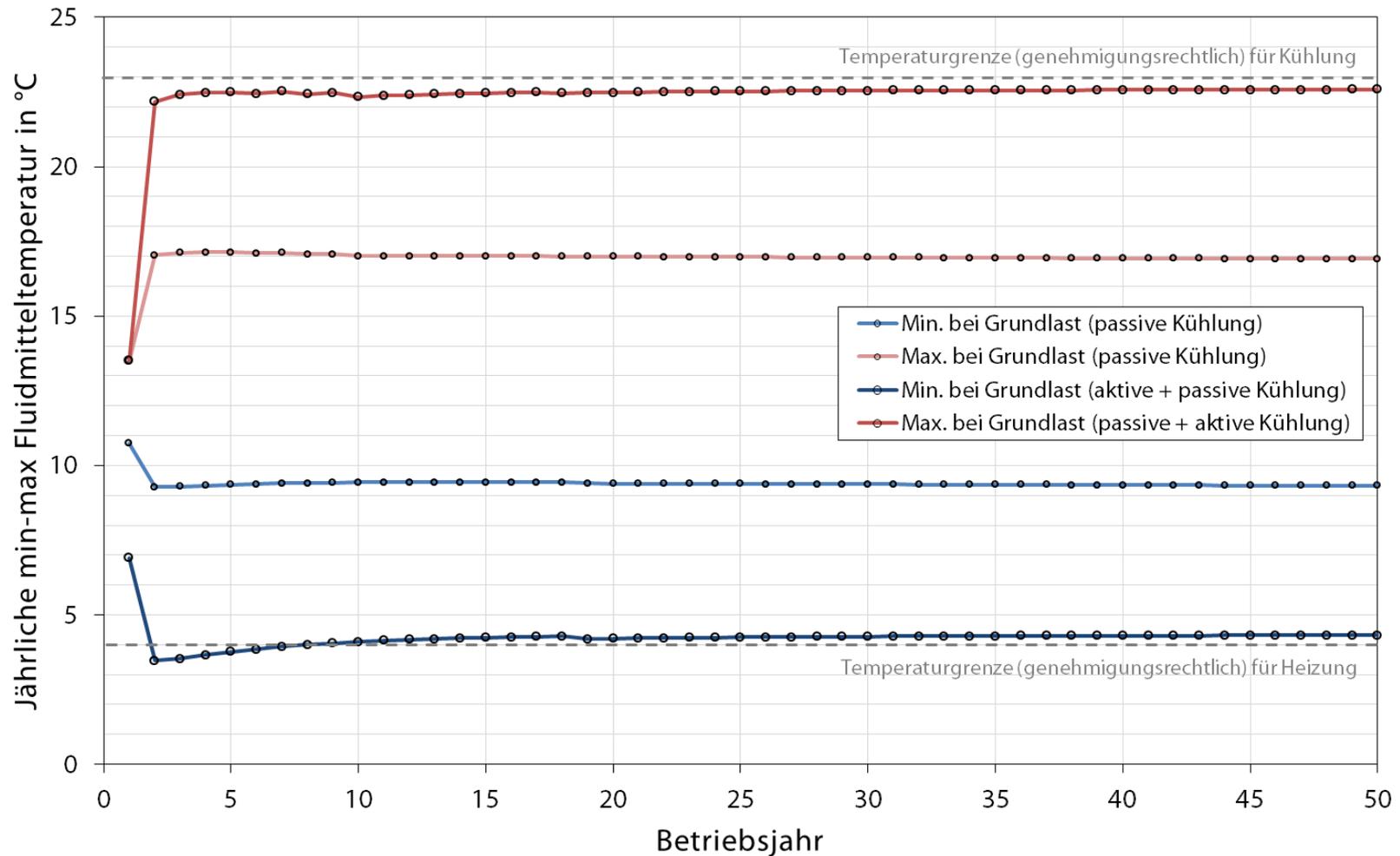
Quartier KAI - Vision



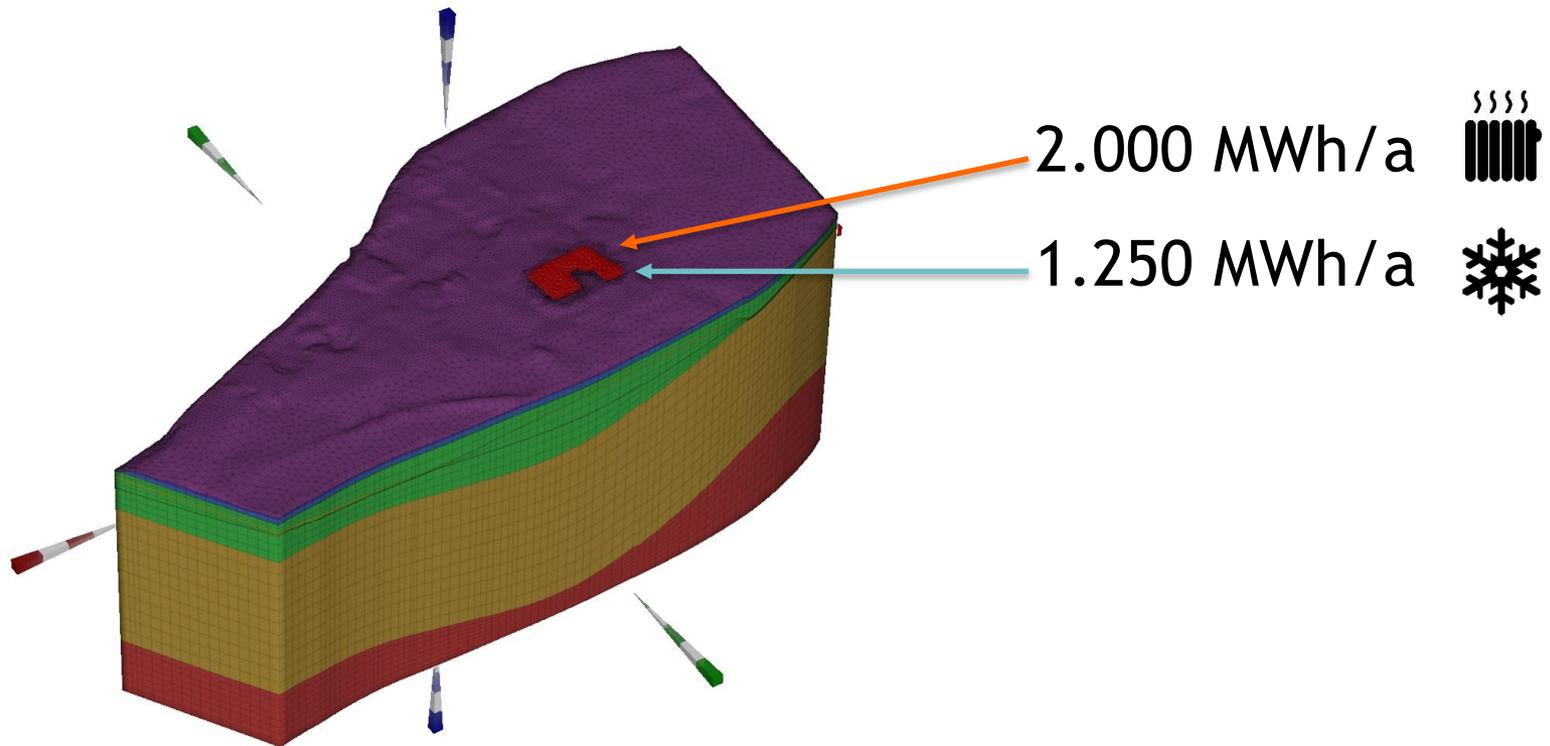
Passive und aktive Kühlung



Betriebsweise Erdwärmesondenfeld



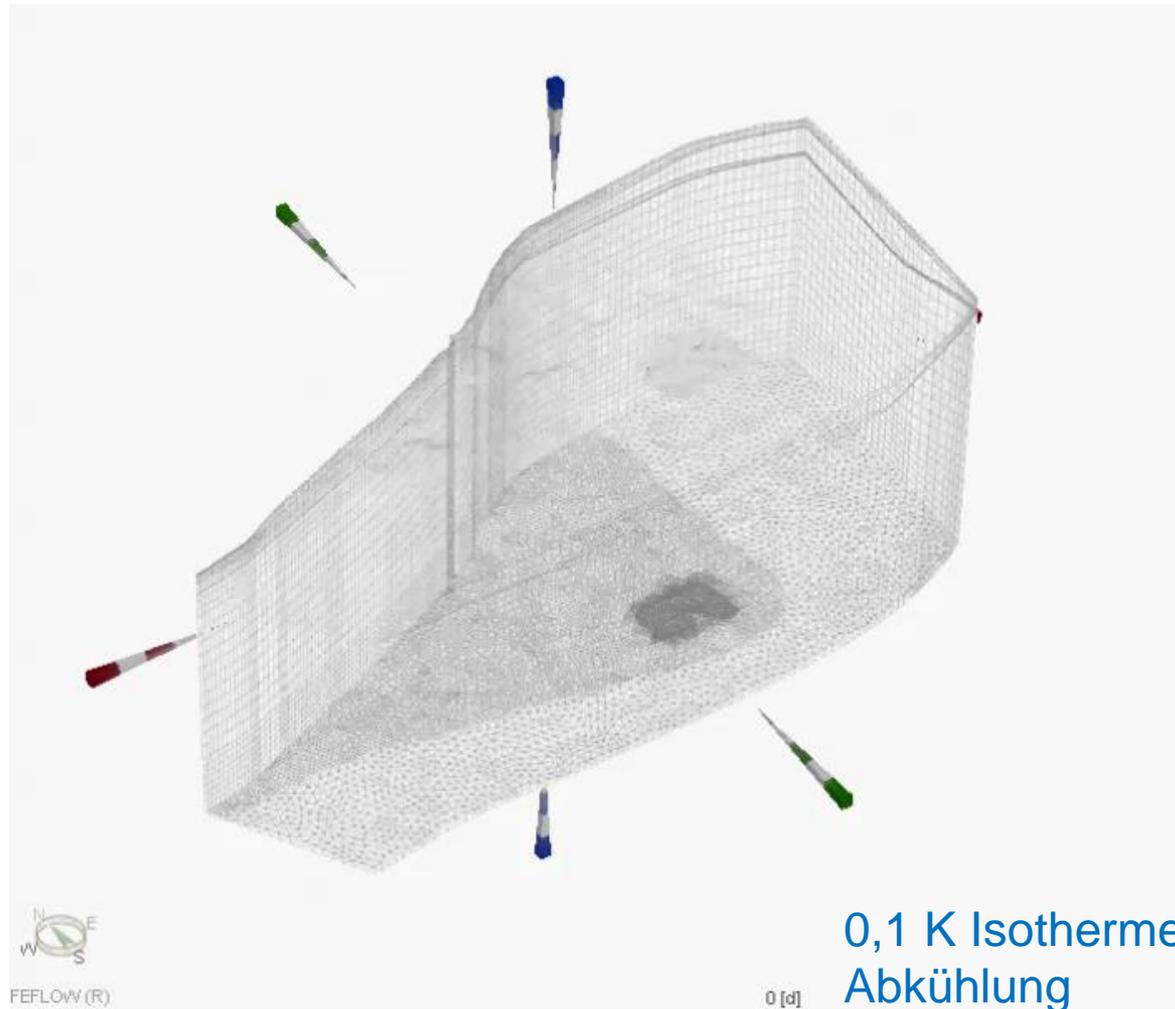
Modellaufbau



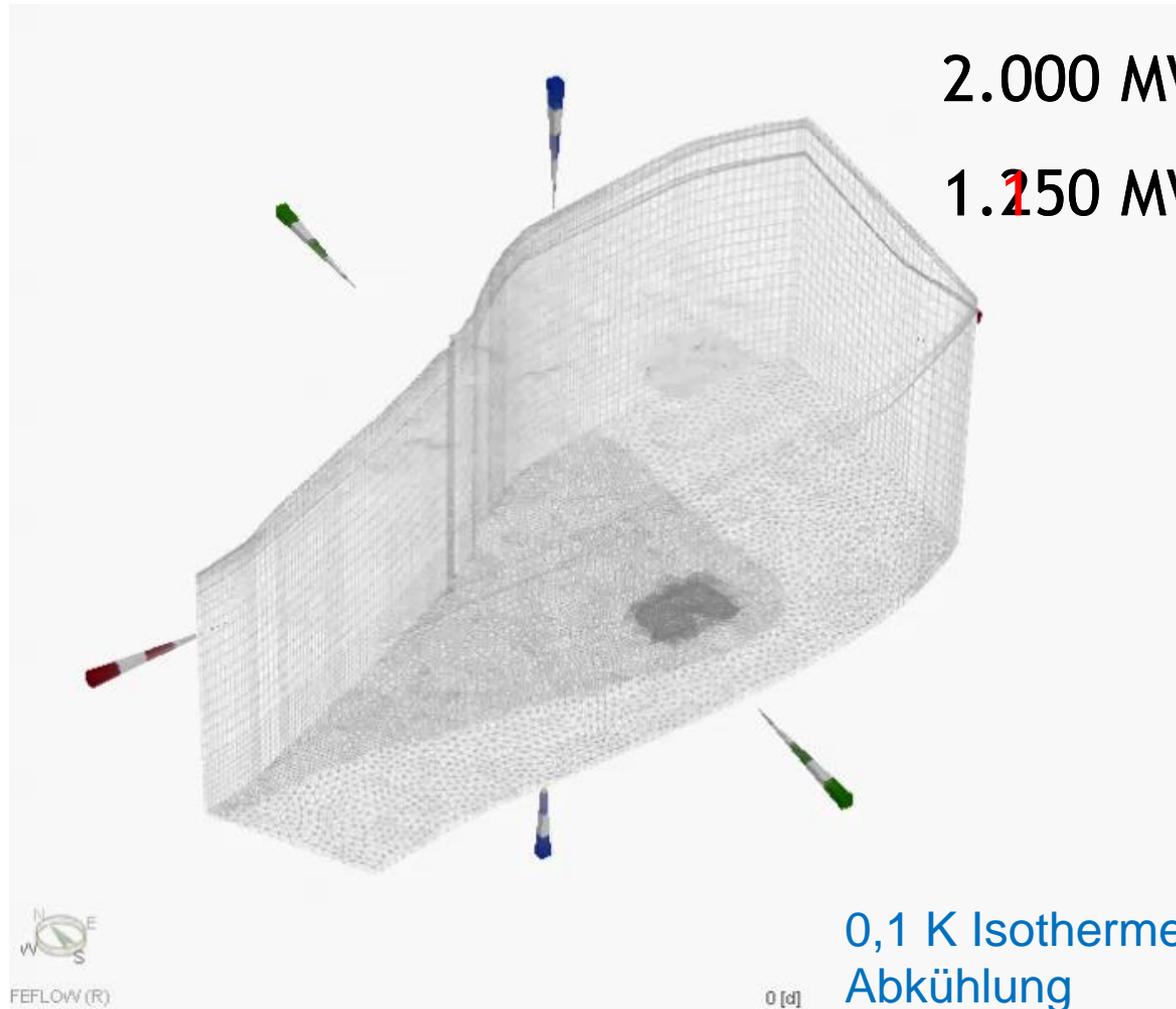
N
E
W
S
FEFLOW (R)

18250 [d]

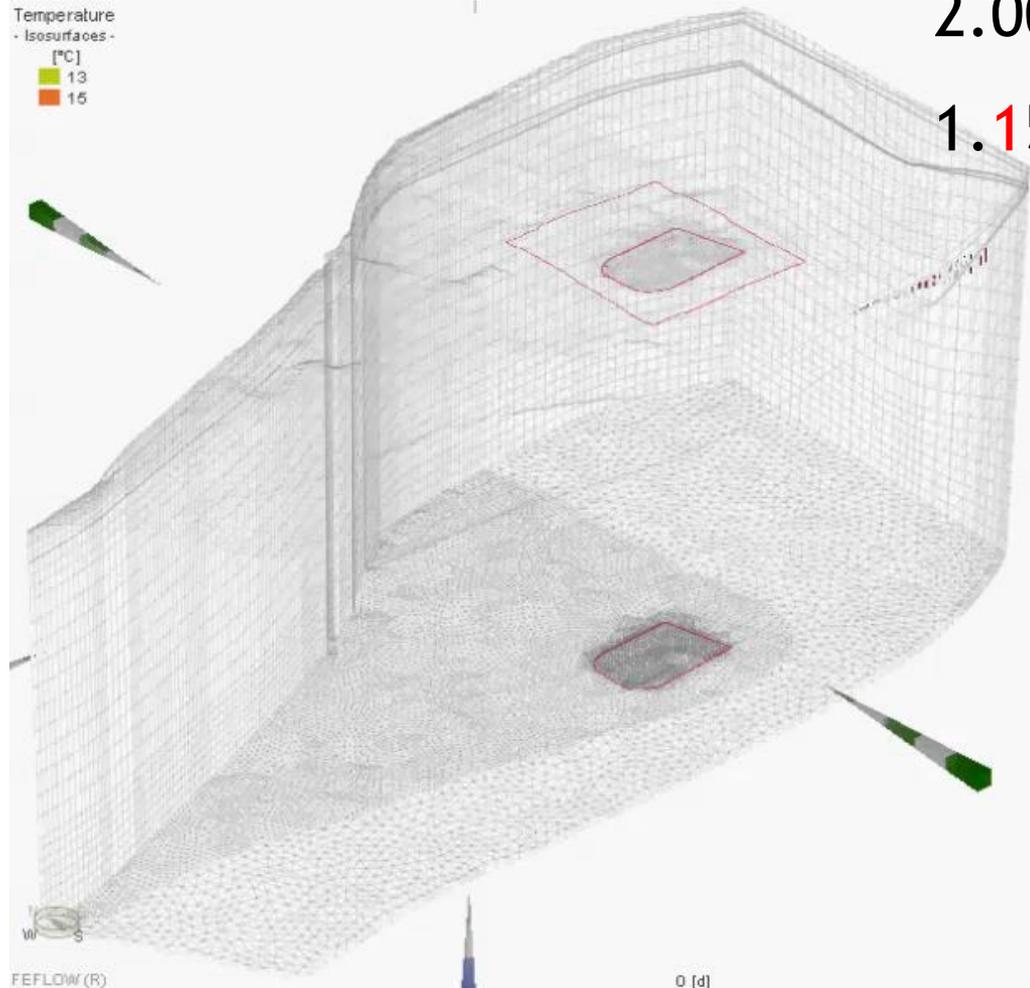
Simulation - Plan-Szenario



Simulation - Worst-Case-Szenario



Simulation - Worst-Case-Szenario

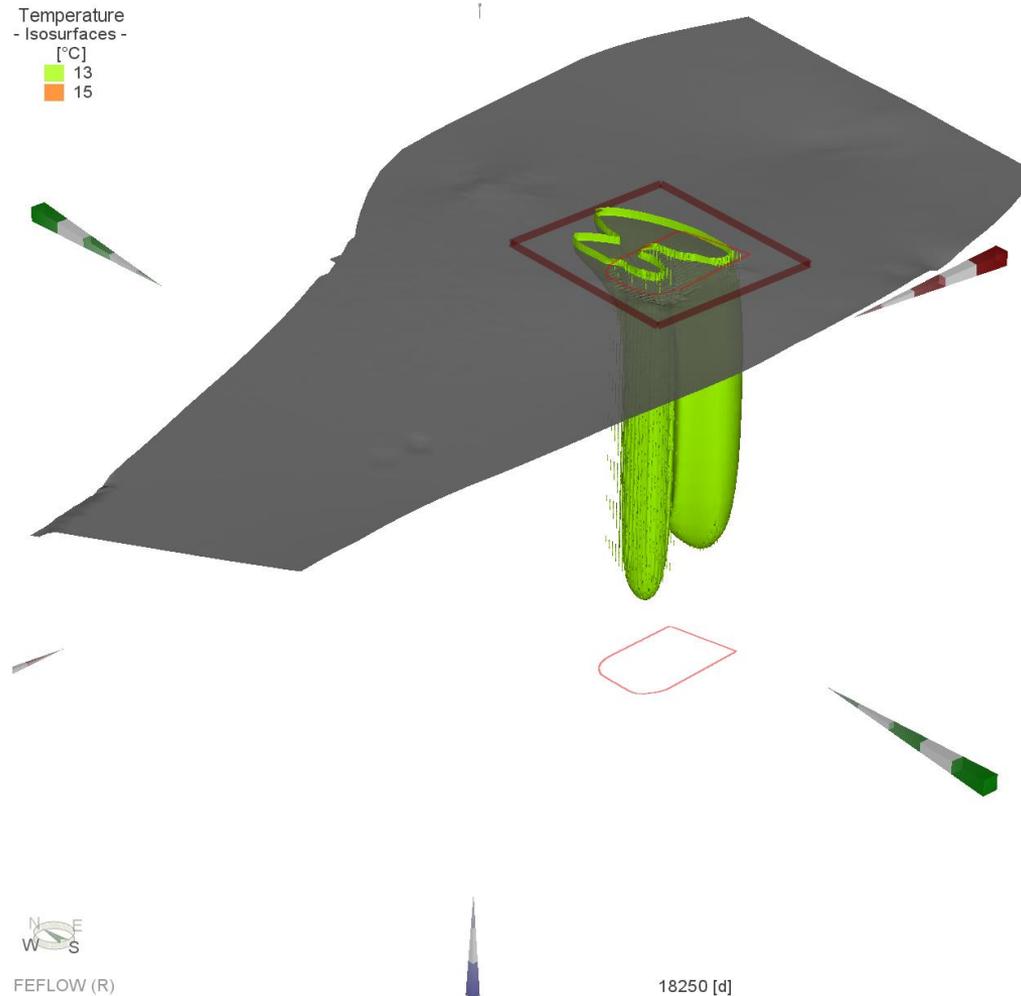


2.000 MWh/a 

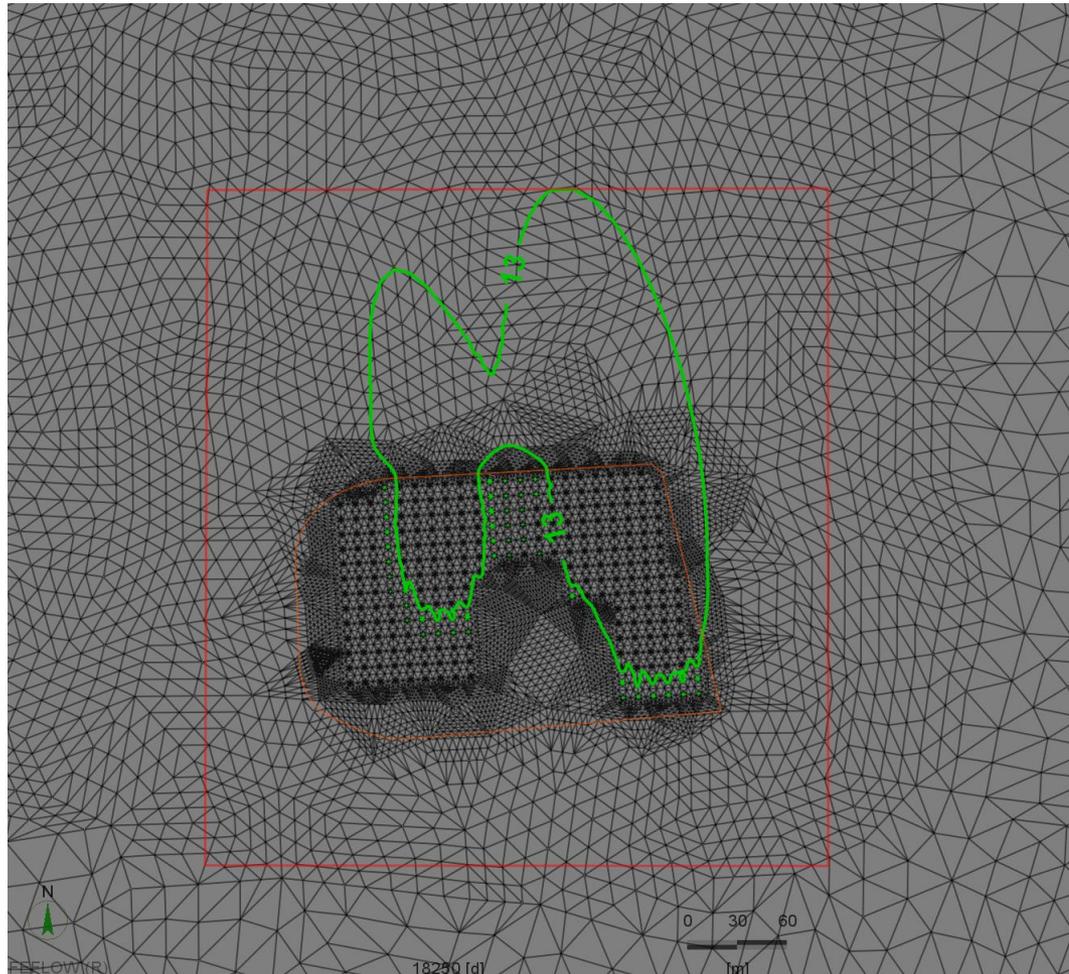
1.150 MWh/a 

1 K Isotherme

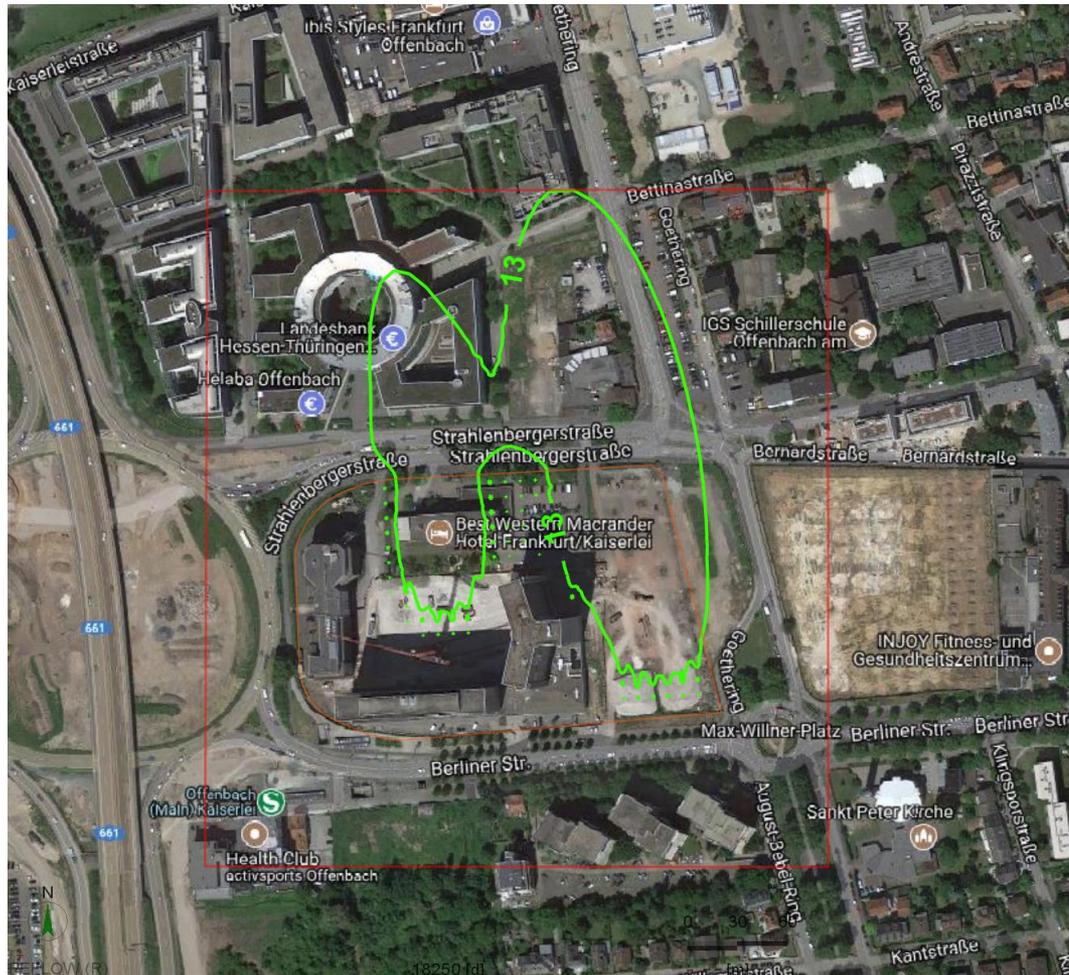
Simulation



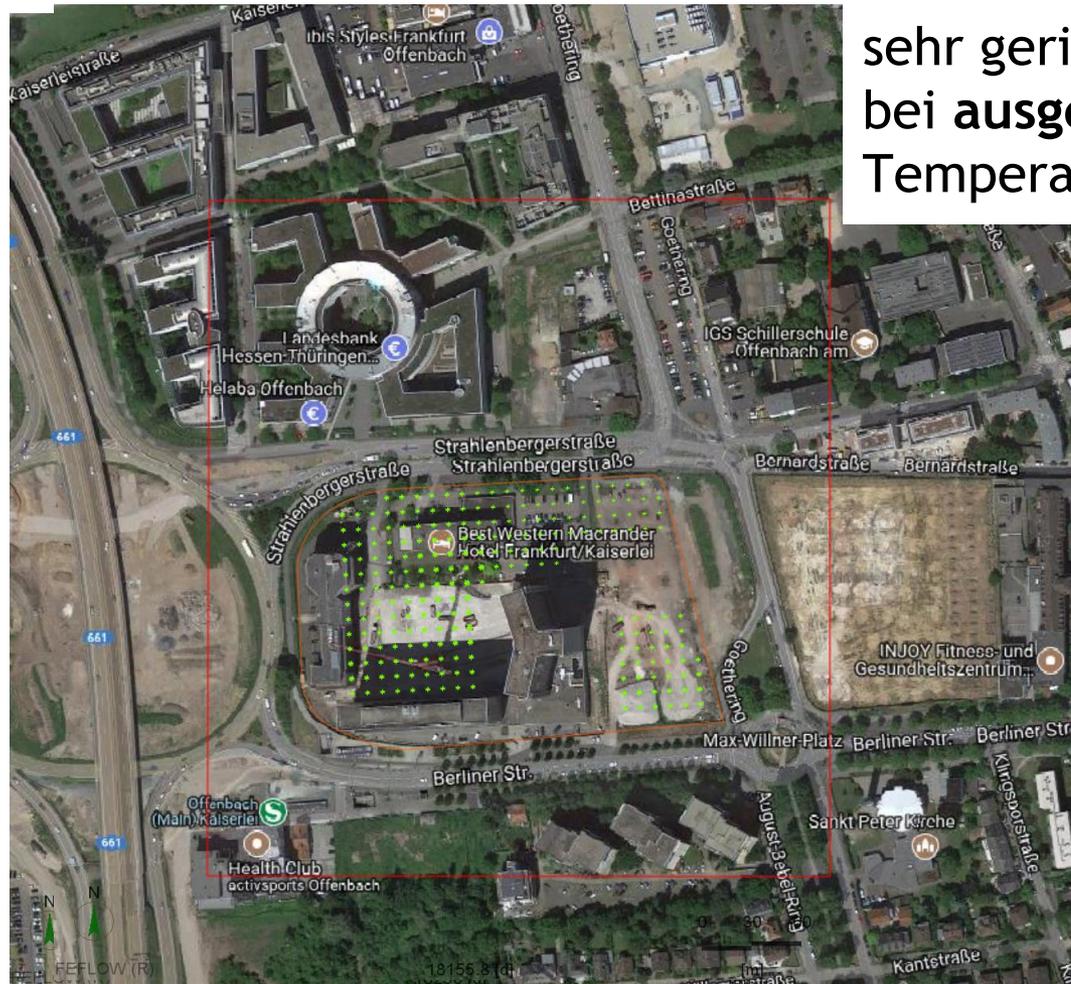
Simulation - Draufsicht



Simulation - Einfluss auf Nachbarschaft

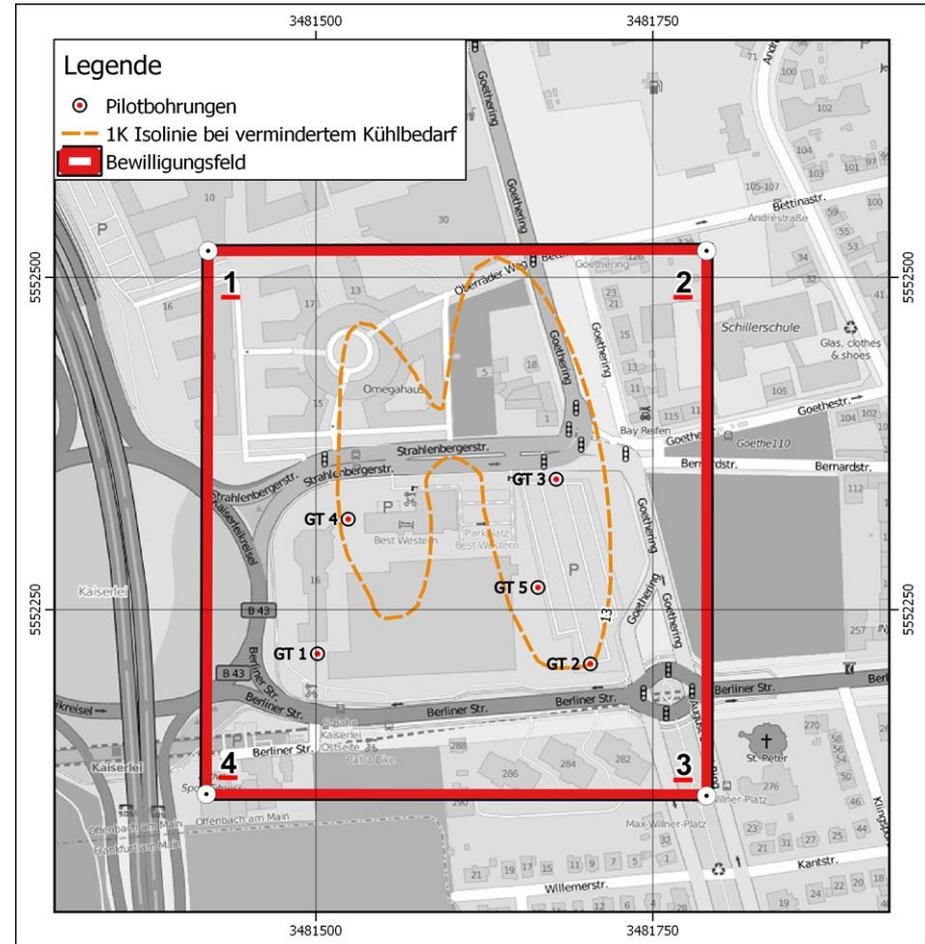
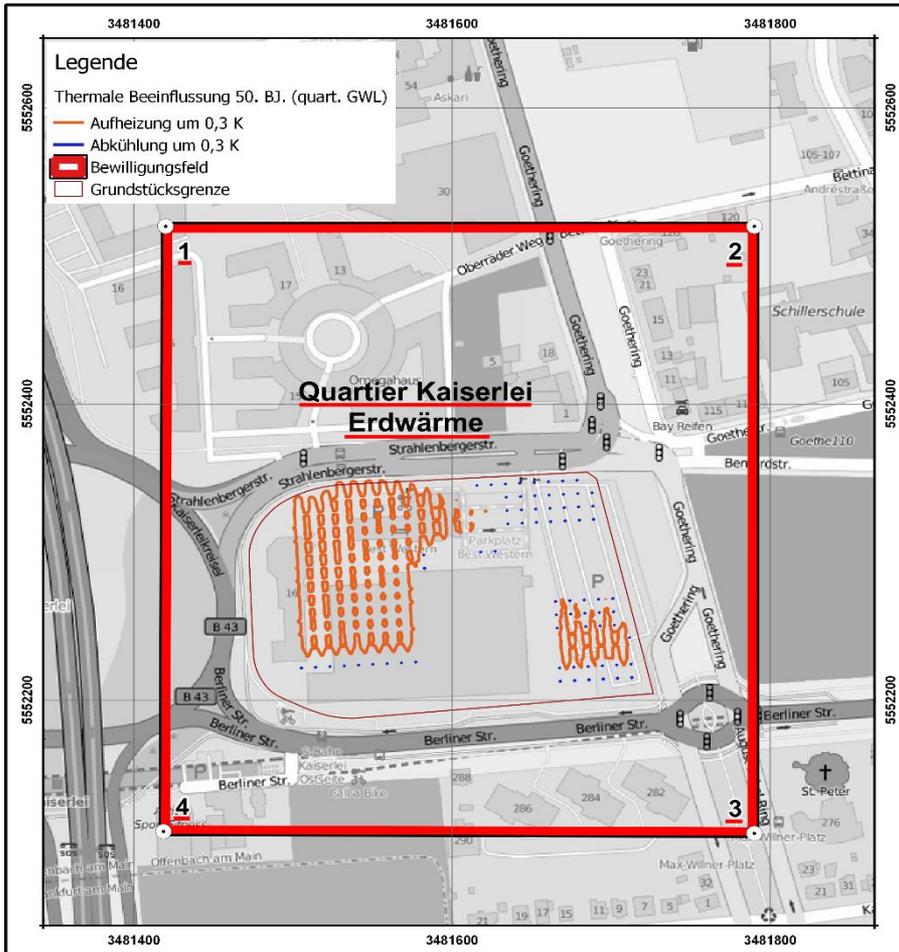


Simulation - Einfluss auf Nachbarschaft



sehr geringe Beeinflussung
bei ausgeglichenem
Temperaturhaushalt

Ergebnis



© J. Krüger - Abbildung 3 - Messdatenreihen: Bessel-Fließloch
Kartengrundlage / Quelle: Open-Street-Map

Schlussfolgerungen Quartiere

- „Ausgeglichener Temperaturhaushalt“ ist aus mehreren Gründen die **optimale Anwendung** für oberflächennahe Geothermie.
- Ökonomisch besonders attraktiv ist die Kombination der Wärmepumpe mit **passiver Kühlung**.
- Genehmigungsrechtlich wird es immer schwieriger (vor allem in urbanen Räumen), **nachbarschaftliche Konflikte** zu vermeiden. „First come, first serve“ kann in Zukunft nicht die Lösung sein. Anlagen mit Heizen und Kühlen und Nahwärmenetze sind der einzige Ausweg.
- Planerisch ist nun v.a. die Kenntnis der **Untergrundtemperatur** (untergeordnet der Wärmeleitfähigkeit) wichtig.
- Ein anschließendes **Monitoring** ist einerseits zum Nachweis des Umwelteinflusses und andererseits zur Steuerung der Anlagen zwingend erforderlich.

Keine Angst!

Es ist genug

Erdwärme für alle da!

geo**ENERGIE**
(Konzept)

www.geoenergie-konzept.de