

Geothermischer Testarbeiten als Planungsinstrument

Dipl.-Geol. Rüdiger Grimm

geoENERGIE Konzept GmbH



Erdwärme. Planen. Testen. Überwachen.

Erdwärme. Planen. Testen. Überwachen.

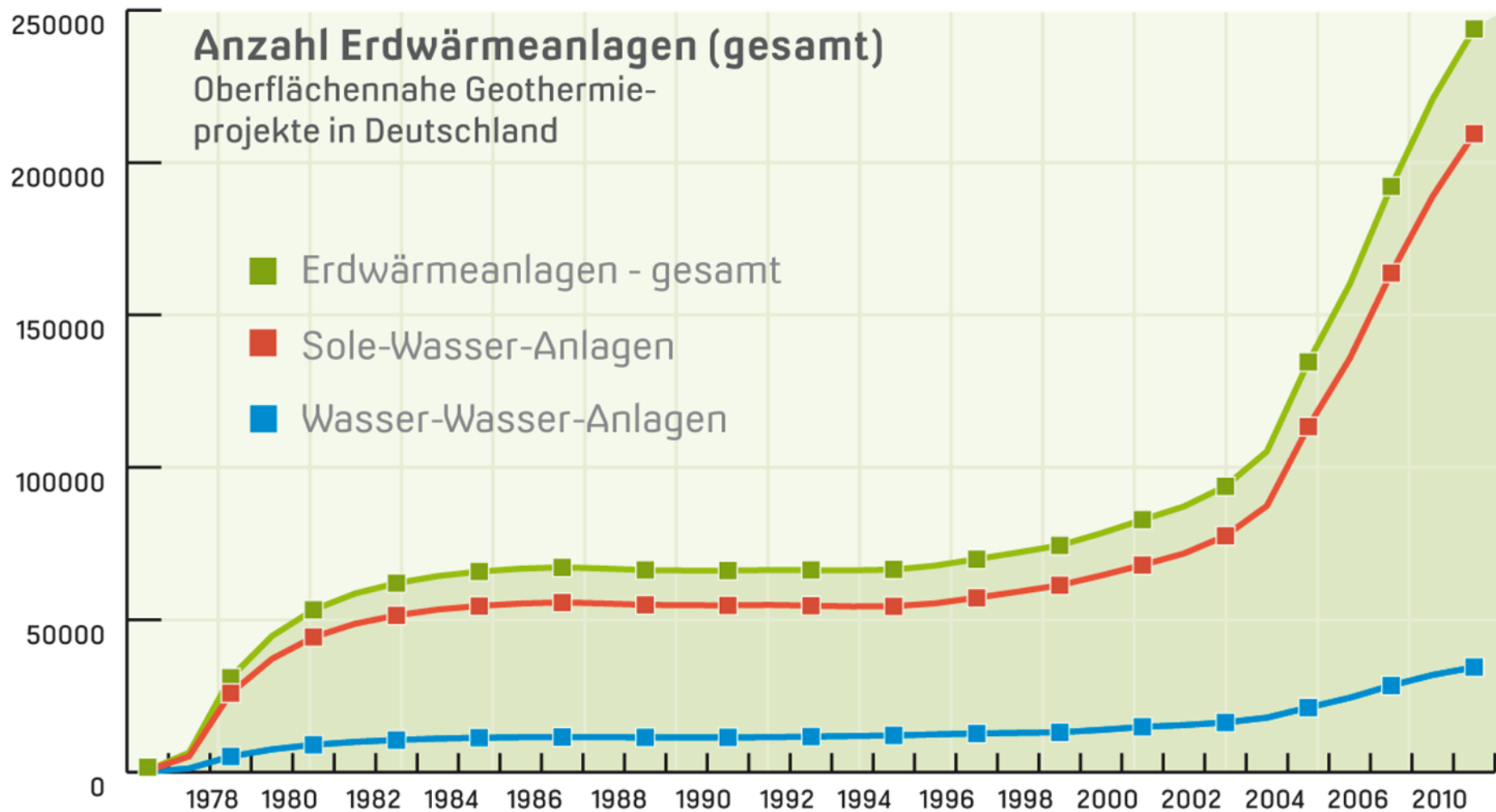
- o Fachplaner für Erdwärme seit 2007
- o Dimensionierung Sondenfelder
- o Simulation des Untergrundverhaltens
- o Geothermische Testarbeiten
- o Thermal Response Test, Temperatur-Log
- o Bauüberwachung
- o Monitoring laufender Anlagen



5 Thesen zum Beginn

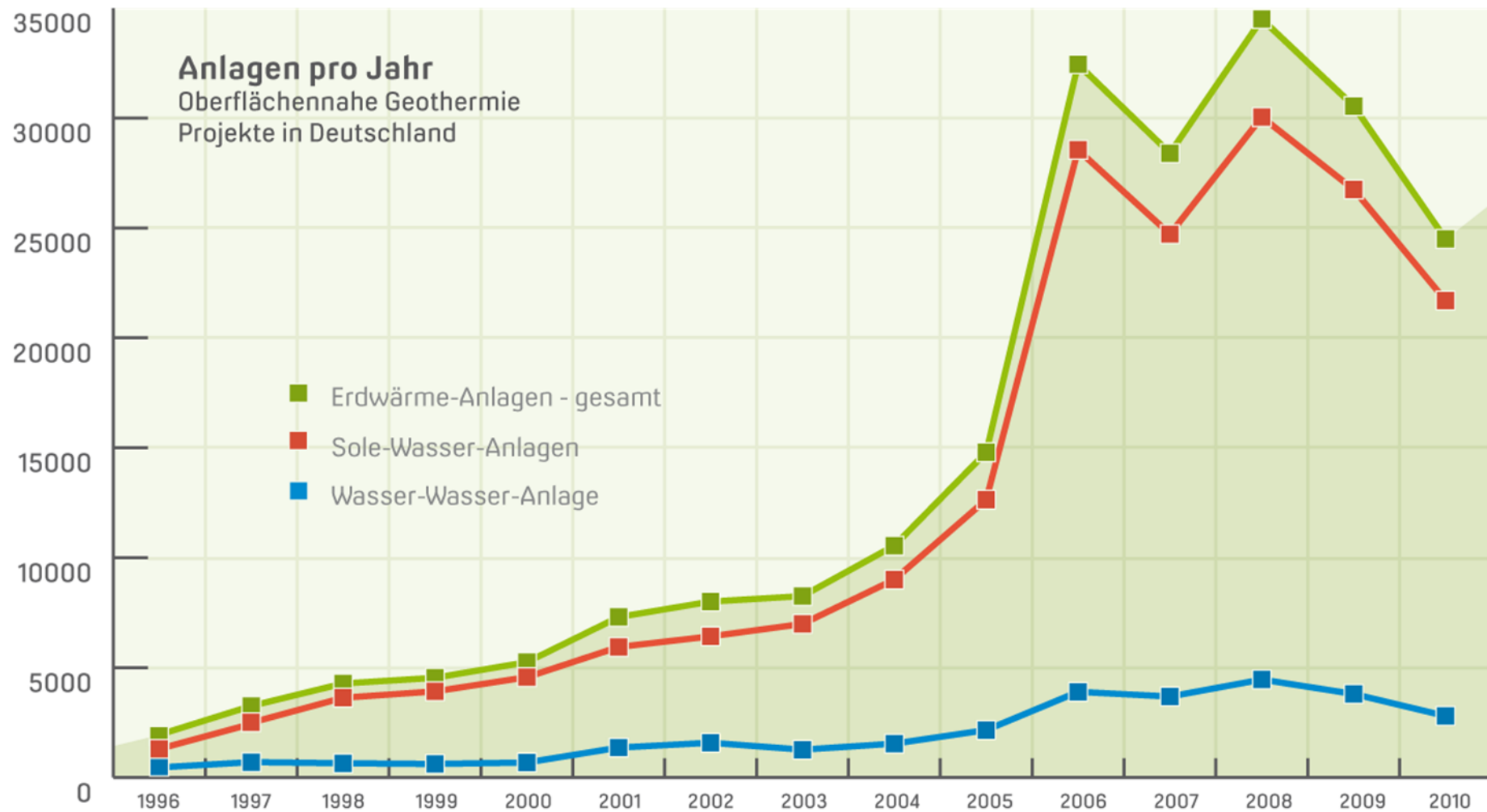
1. Erdwärme bedeutet gegenüber konventionellen Systemen immer eine zusätzliche Investition.
2. Diese muss durch geringe Betriebskosten in den darauffolgenden Jahren kompensiert werden.
3. Die Amortisationszeit ist einer der wesentlichen Grund für die Entscheidung für oder gegen Erdwärme.
4. Eine fundamentale Rolle zur Erzielung einer hohen Effizienz spielt die Fachplanung.
5. Zur Ermittlung der „Ergiebigkeit“ des Untergrundes müssen entweder Annahmen getroffen oder Testarbeiten durchgeführt werden.

Markt Deutschland



Quelle: BWP

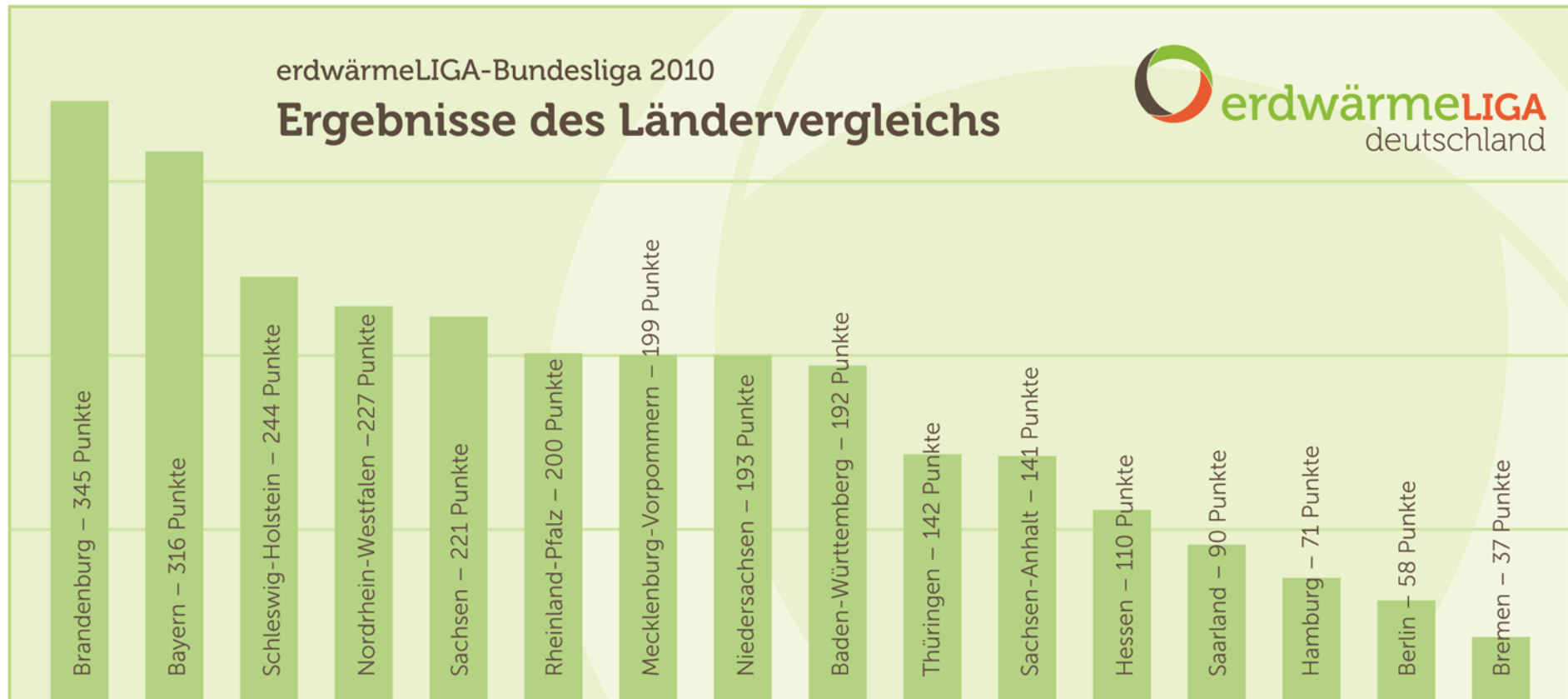
Markt Deutschland



Markt seit 2006

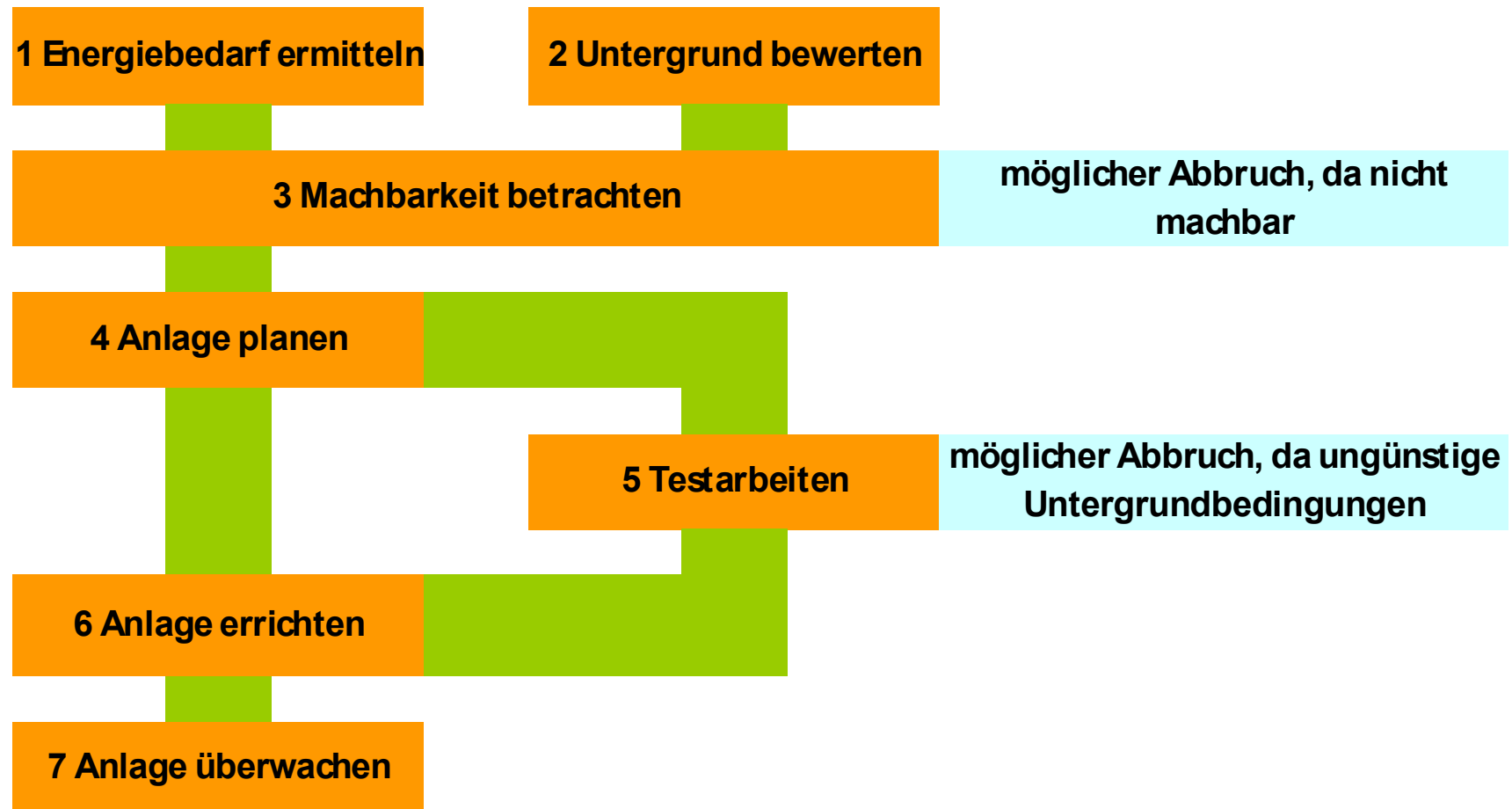
- Anteil großer Wärmepumpen (> 20kW) an der Gesamtzahl erdgekoppelter WP steigt
 - von 9% auf 13% in den letzten 4 Jahren
- Bewusstsein zur Fachplanung ist vorhanden
- Test- und Planungsinstrumente bekannt
- Genehmigungssituation führt zu höheren Objektpreisen
- Energiepreise stark schwankend
- Preis- und Optimierungsdruck in der Bohrbranche
- Schadensfälle in der Öffentlichkeit

erdwärmeLIGA

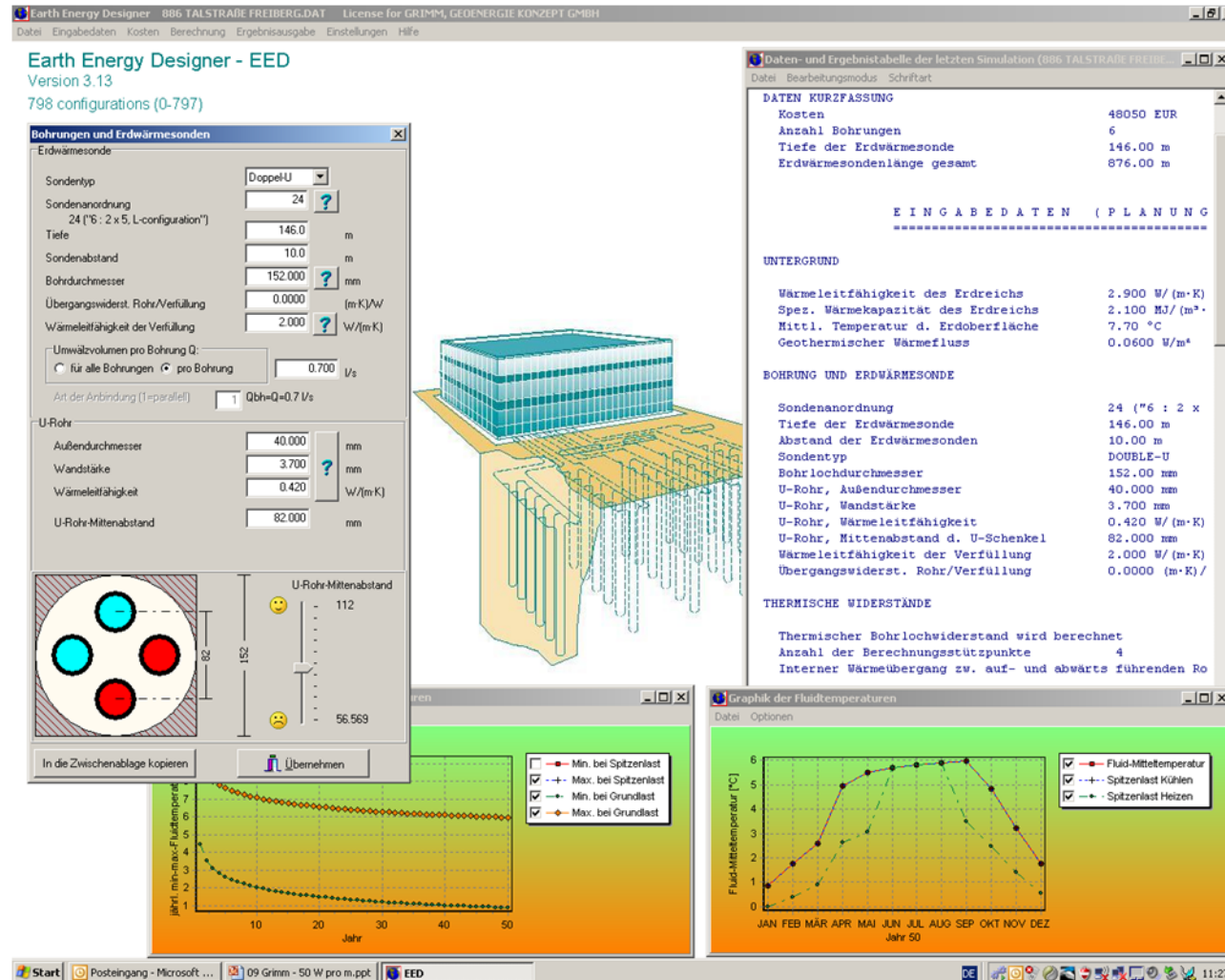


Die Punktzahl berechnet sich als die im Zeitraum installierte Leistung in kW pro 100.000 Einwohner. Die Daten beziehen sich auf die vom Marktanreizprogramm des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) geförderten Wärmepumpen im Jahr 2009.

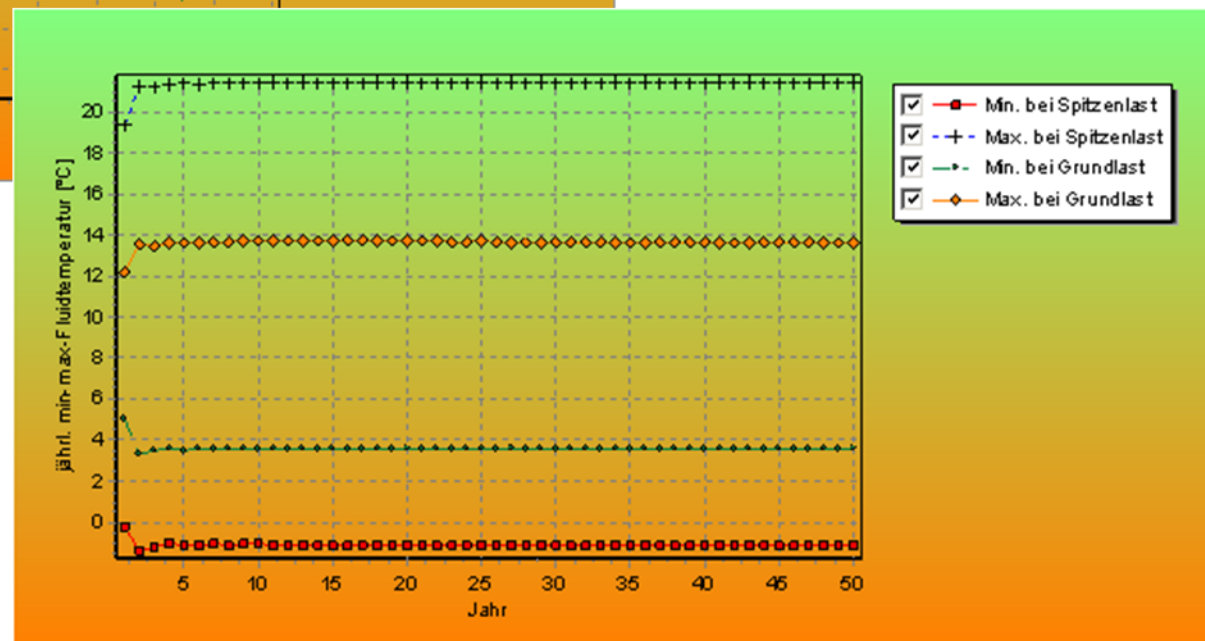
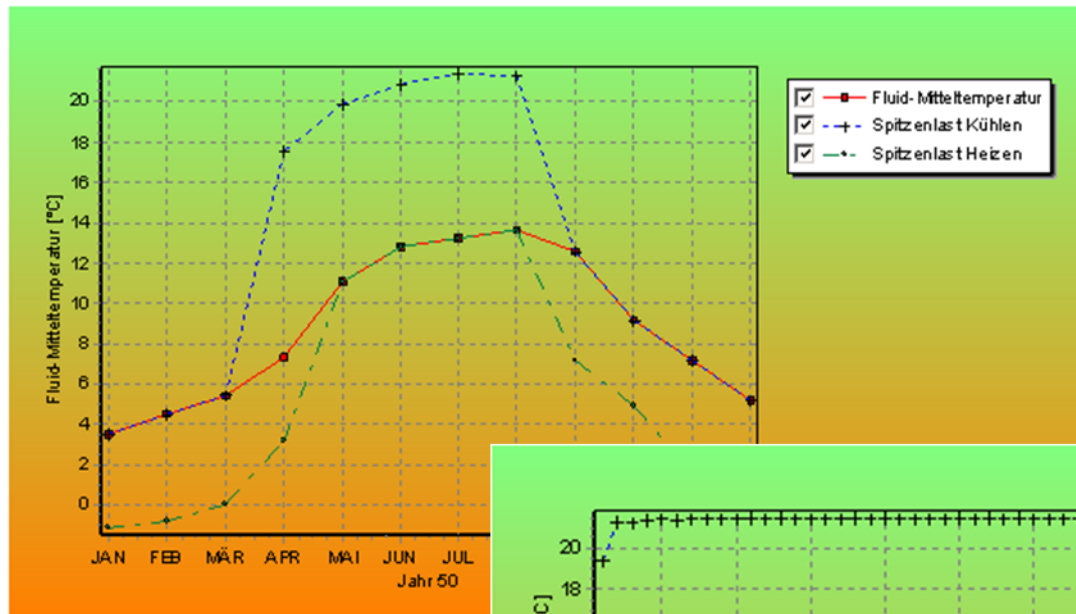
Projektphasen (7 Schritte zur Erdwärme)



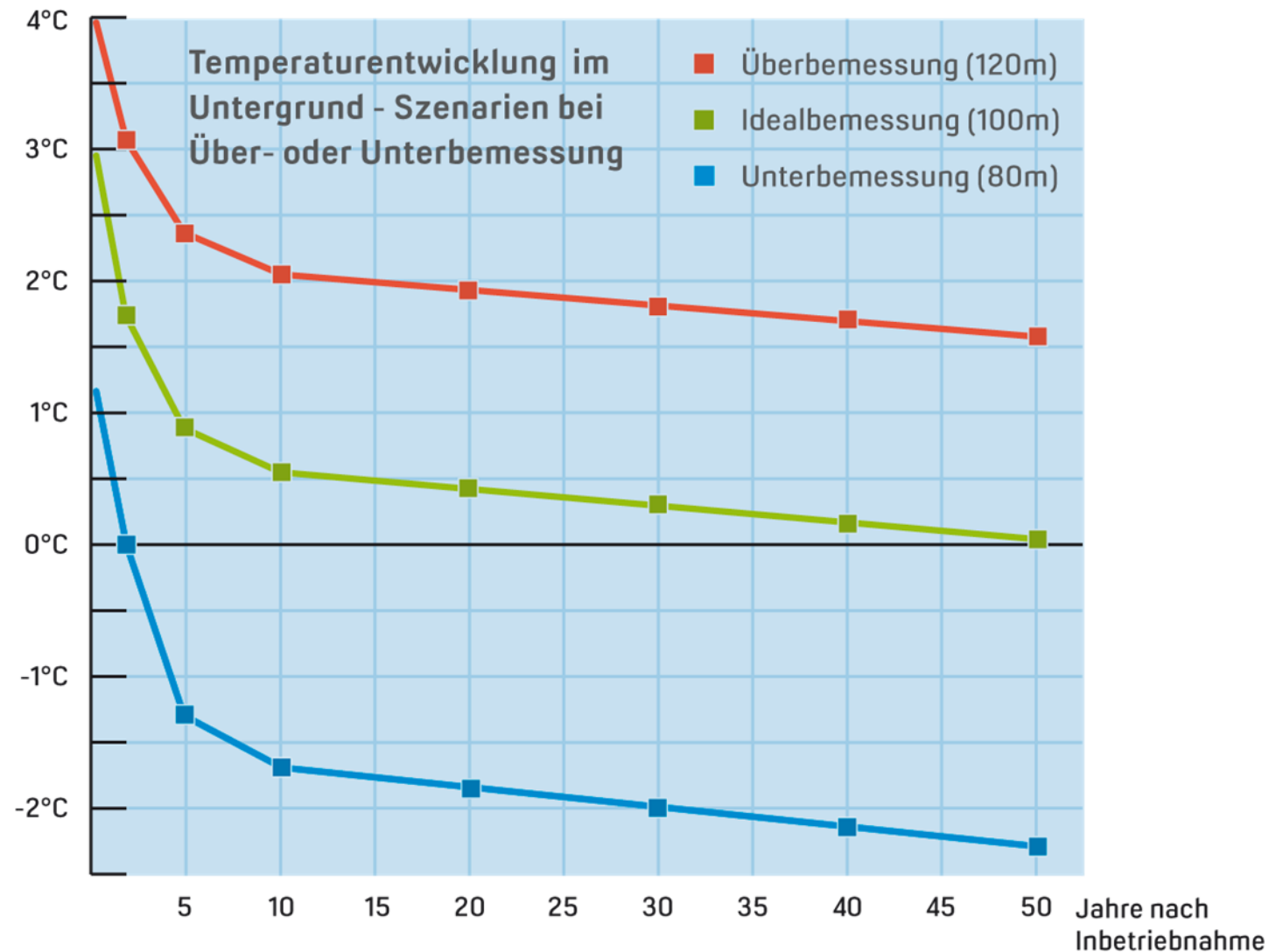
Simulation mit Fachsoftware EED



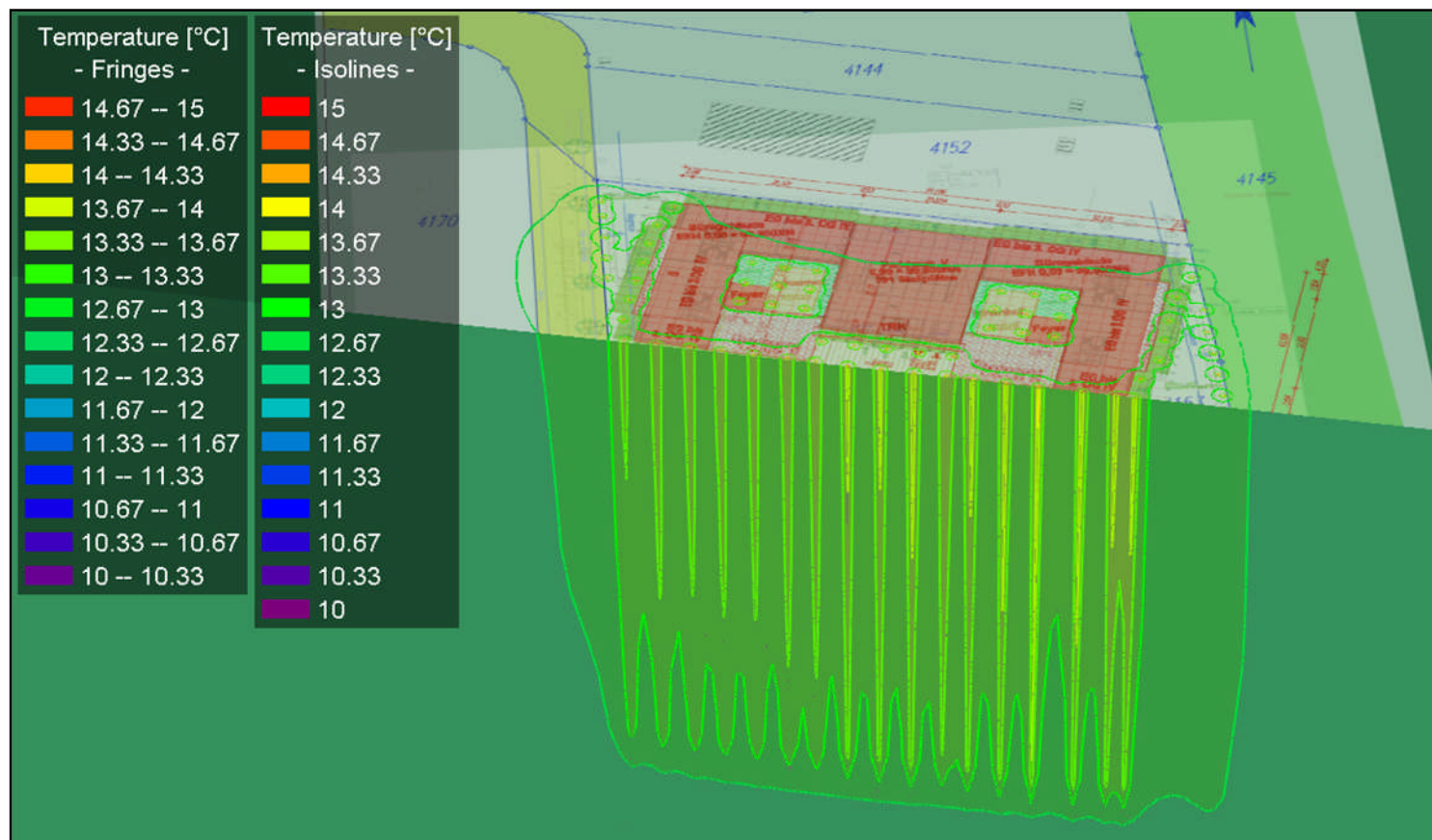
Ziel: „ausgeglichener Temperaturhaushalt“



Über-/Unterdimensionierung



Thermohydrodynamische Simulation



VDI 4640, Blatt 2, Tabelle 2

Untergrund	spez. Entzugsleistung	
	für 1800 h	für 2400 h
Allgemeine Richtwerte:		
Schlechter Untergrund ($\lambda < 1,5 \text{ W/m/K}$)	25 W/m	20 W/m
Normales Festgestein und wassergesättigtes Sediment		
Festgestein	<u>NIRGENDWO steht hier 50 W/m!</u>	
Einzelne Gesteine:		
Kies, Sand trocken	<25 W/m	<20 W/m
Kies, Sand wasserführend	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
Ton, Lehm feucht	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m
Kalkstein (massiv)	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m
Sandstein	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
Saure Magmatite (z.B. Granit)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m
Basische Magmatite (z.B. Basalt)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m
Gneis	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m
Starker Grundwasserfluss in Sand/Kies für Einzelanlagen		80 – 100 W/m

„Mythos“ 50 W/m

- Begriff stammt aus der VDI 4640 und ist international weit verbreitet
- W/m bezeichnet eine „Entzugsleistung“
 - relevant für das Verhalten im Untergrund ist aber die Arbeit (kWh/a)
 - 10 kW x 1.500 h/a ist nicht gleich 10 kW x 3.000 h/a
- W/m ist ein „Hilfsinstrument“ für den Häuslebauer
 - bezieht sich auf ein „Musterhaus“
 - Lastverteilung über das Jahr kann bei identischen kW verschieden sein
- Gesteine haben (sehr) unterschiedliche physikalische Eigenschaften
 - Wärmeleitfähigkeit (Faktor 4)
 - Bandbreite innerhalb eines Gesteins (Faktor 2)
 - Grundwasser in Lockergesteinen (Faktor 6)

Beispiel: MFH Talstraße 5-9 in Freiberg

- 885 m² Wohnfläche
- 12 Wohnungen
- 40 Bewohner
- 90 kWh/m²*a
- Baukosten: 1,36 Mio. €
- Mietpreis: 7,10 €/m²
- NK Wärme: 0,25-0,35 €/m²



Ausgangssituation

- Schätzung des Architekten
 - $75 \text{ kW} = 50 \text{ W/m} \times 1.500 \text{ m} = 15 \times 100 \text{ m}$
 - $89.000 \text{ €} + 10\% \text{ Unsicherheit} = 98.000 \text{ €}$
 - 7,2% der Bausumme
- Heizlastberechnung des Haustechnikplaners
 - 48 kW ohne Warmwasser
 - $39 \text{ Personen} \times 0,3 \text{ kW} = 12 \text{ kW}$
 - incl. Reserve für Abschaltzeiten 5% = 60 kW
 - Jahreswärmebedarf:
 - 65.000 kWh/a Heizung
 - 15.000 kWh/a Warmwasser



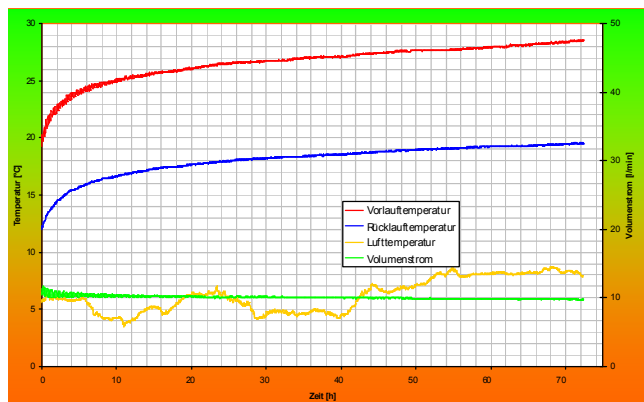
Vorplanung

- Machbarkeitsstudie „Erdwärmenutzung“
 - Untergrund Gneiss
 - 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



Thermal Response Test

- Pilotbohrung erforderlich
 - möglichst in der Tiefe des späteren Feldes
- Sonde ist ins spätere Feld problemlos integrierbar
- TRT zur Ermittlung von
 - mittlere Wärmeleitfähigkeit
 - ungestörte Untergrundtemperatur
 - Bohrlochwiderstand
- 72 h Messzeitraum
- wesentliche Planungsgrundlage



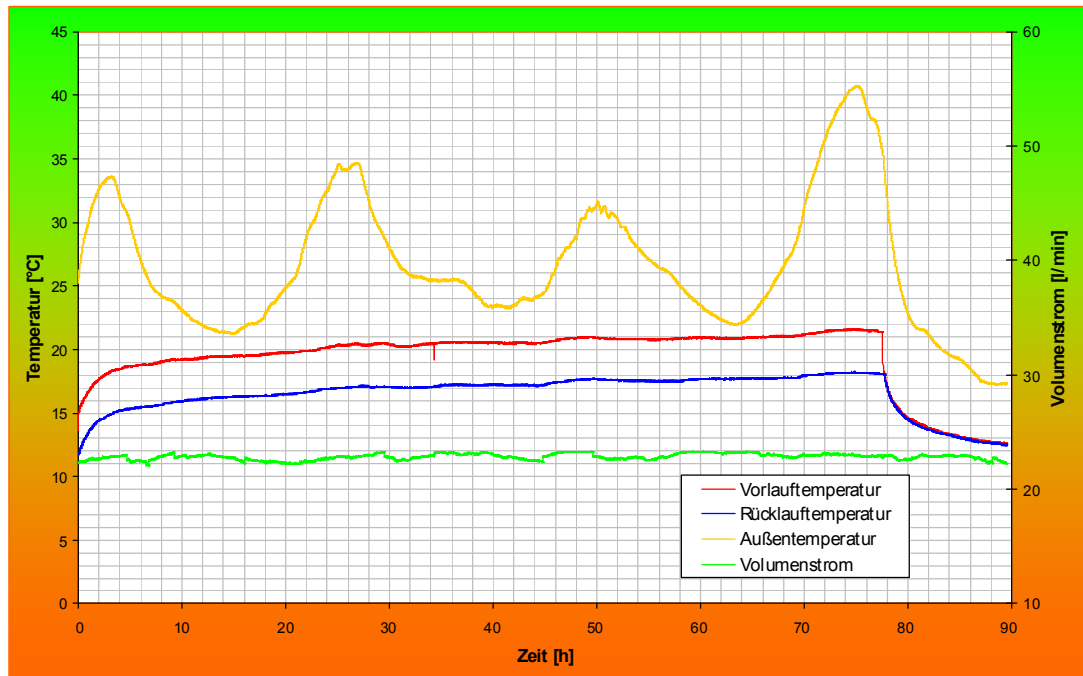
Pilotbohrung & Testarbeiten

bis	Schicht	Wärmeleitfähigkeit λ	
		W/(m*K)	W/Schicht*K
0,2	Mutterboden	0,5	0,00
1,0	Auffüllung, steinig, Ziegel	0,8	0,01
3,0	Gneis, zersetzt	2,6	0,04
6,0	Gneis, verwittert	2,7	0,07
50,0	Gneis, kompakt, trocken	2,8	1,03
120,0	Gneis, kompakt, Kluftwasser	2,9	1,69
mittlere spezifische Wärmeleitfähigkeit λ		2,84	W/(m* K)

Randbedingungen der Messung		
Messzeitraum	14.05.2009 - 18.05.2009	
Gehäuse-Innentemperaturen	17,2 ... 40,7 °C	
Parameter der Bohrung		
Sondenlänge nach Bohrdokumentation	120,0	m
mittlerer Bohrlochdurchmesser	153	mm
Sondentyp	Doppel-U; 32 x 2,9 mm	
Verpressmaterial	Stüwatherm	
Parameter Thermal Response Test		
mittlere Heizleistung	5211,36	W
Heizarbeit	404,59	kWh
Durchsatz	22,86	l/min
Temperaturspreizung	3,27	K
Strömungsregime	turbulent	



Messreihe & Ergebnisse

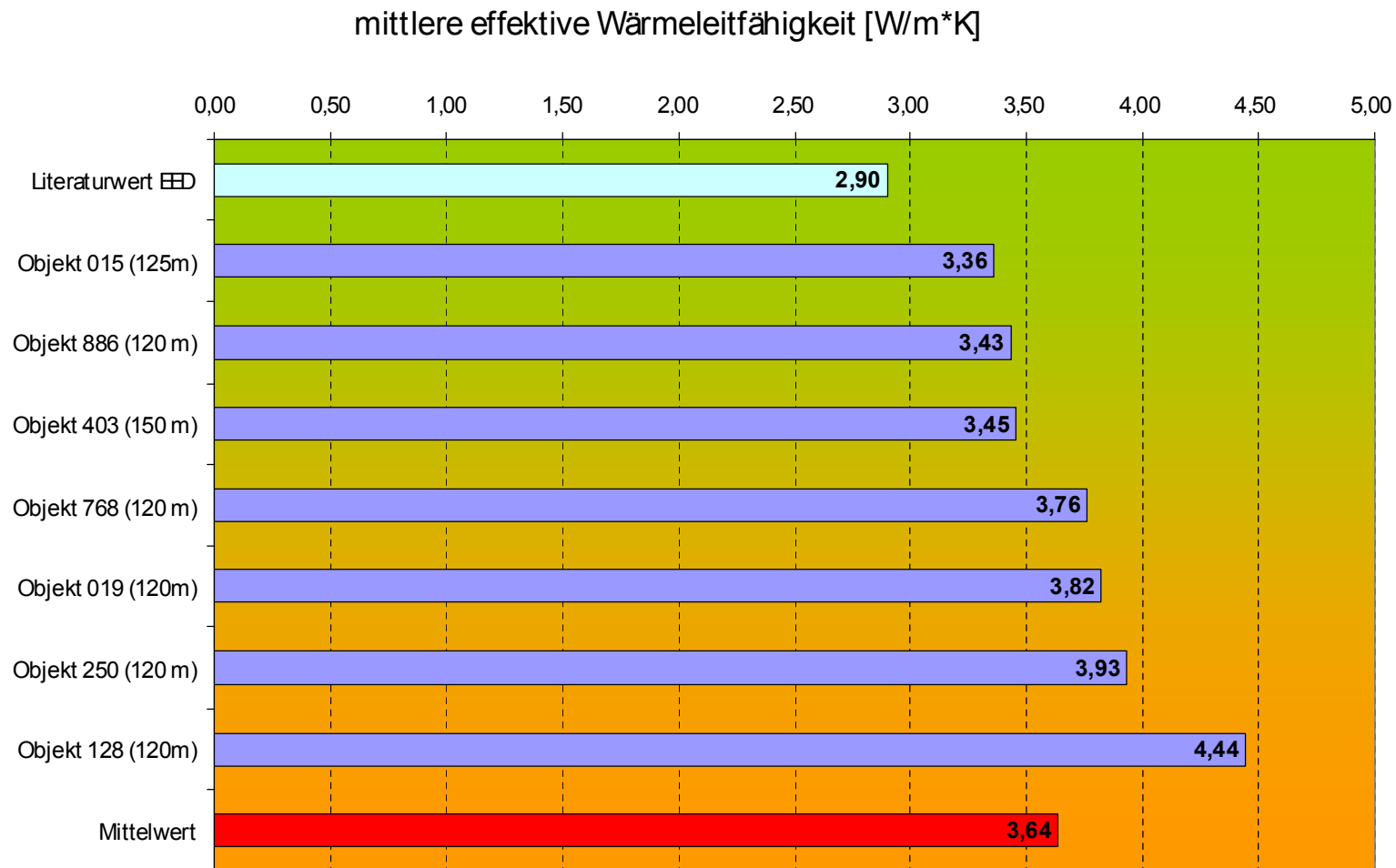


Ergebnisse des Thermal Response Tests

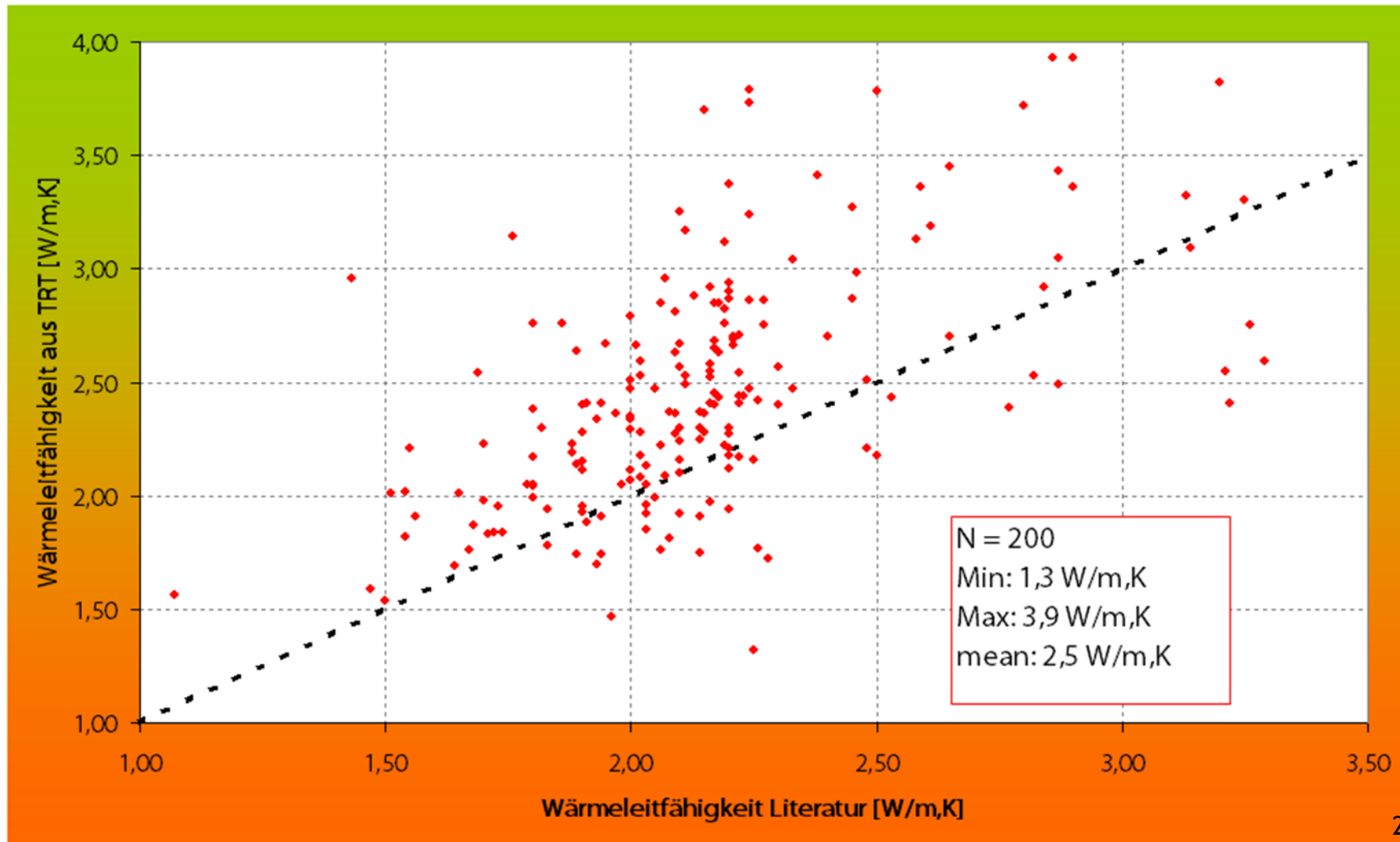
mittlere ungestörte Untergrundtemperatur	T_{mittel}	10,74 °C
grund surface temperature	T_{ground}	9,69 °C
effektive Wärmeleitfähigkeit	λ^*	3,43 W/m,K
thermischer Bohrlochwiderstand	R_b	0,085 K/W/m
Sondenlänge (berechnet aus TRT)	l_{TRT}	120 m



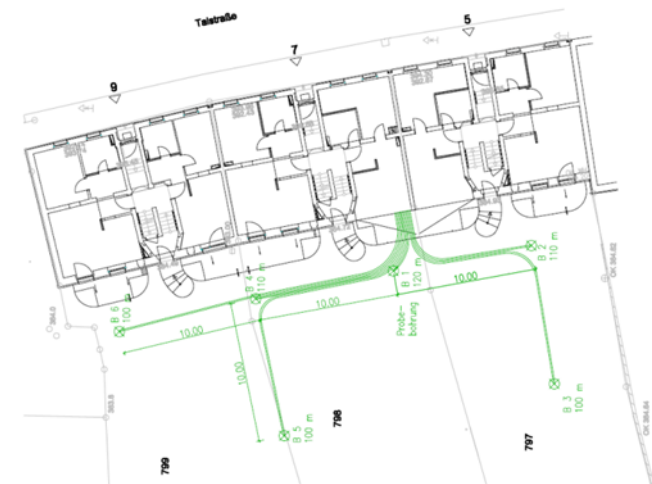
Vergleich Testergebnisse TRT - 3,43 W/m,K



Testergebnisse vs. Literatur



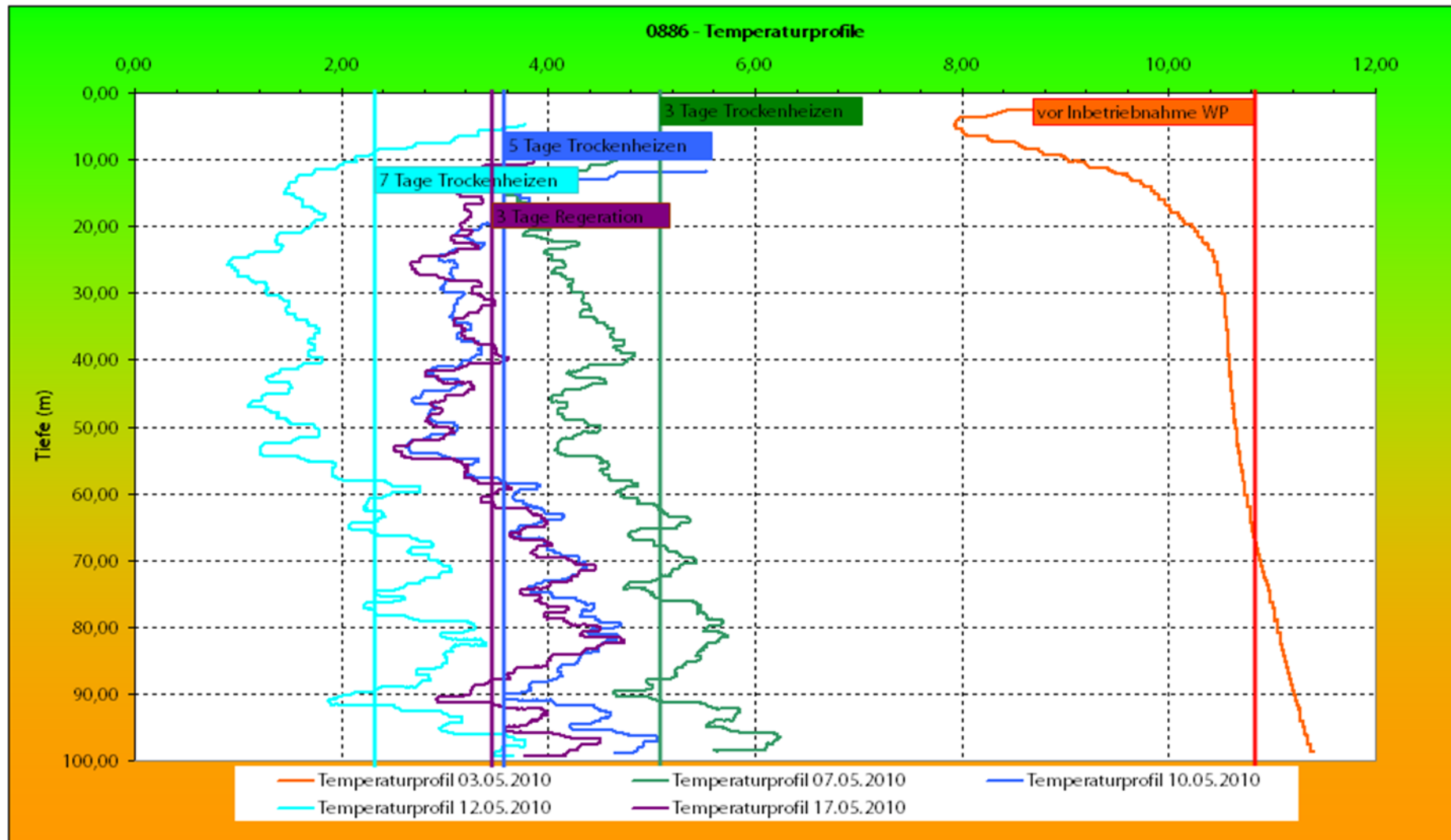
- Reduzierung der Bohrmeter
 - $6 \times 10^7 \text{ m} = 640 \text{ m}$
 - Vergleiche:
 - 1.500 m (Architekt)
 - 840 m (Vormodell)
- Optimierung des Sondenfeldes
 - Hydraulik
- Präzisierung Kostenschätzung
 - 42.000 €



Warum Temperaturmessungen?

- in der Planungsphase (Test)
 - mittlere Untergrundtemperatur
 - Verteilung über die Tiefe
 - geothermischer Gradient
- während des laufenden Betriebs (Monitoring)
 - Überwachung Trockenheizen
 - Einhaltung von Genehmigungsauflagen
 - Betriebsoptimierung
 - Kontrolle Speicherbeladung

Trockenheizen mit Wärmepumpe?



Zusammenfassung

- Bei der Planung von Erdwärmeanlagen spielen die Untergrundparameter eine wesentliche Rolle in der Dimensionierung und damit für die Investitionskosten.
- Testarbeiten sind in der oberflächennahen Geothermie Stand der Technik.
- Neben den herkömmlichen Ergebnissen (Wärmeleitfähigkeit, Temperatur) kann eine Vielzahl von Zusatzinformationen abgeleitet werden.
- Durchaus vertretbare Mehrkosten bringen Planungssicherheit und erleichtern die Genehmigungsfähigkeit.

Keine Angst!

Es ist genug
Erdwärme
für alle da!



www.geoenergie-konzept.de