



## Entwicklung von innovativen Erschließungs- und Bewirtschaftungskonzepten für die nachhaltige Nutzung oberflächennaher Geothermie in Wohngebieten

Thomas Vienken, Sophie Schelenz, Peter Dietrich

Norddeutsche Geothermietagung 2015

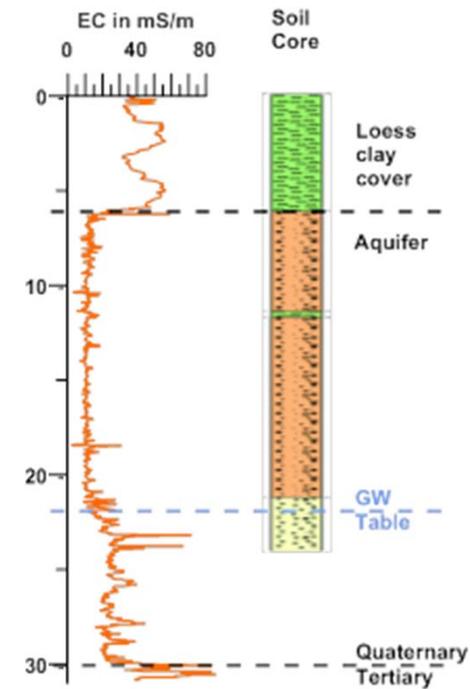
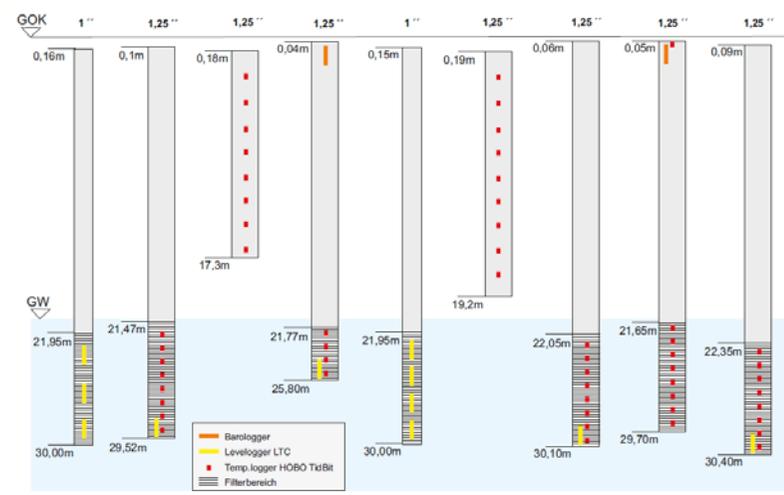
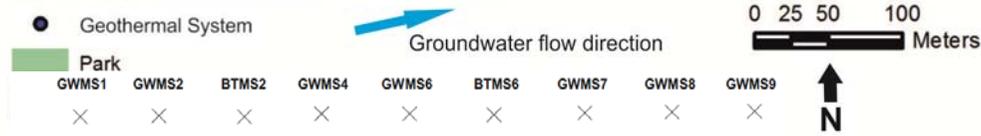
# Intensive geothermische Nutzung



Anzahl geothermischer Anlagen	48 EWS-Systeme (+ 3 offene Systeme)
Anzahl Erdwärmesonden	305
Gesamte Installationslänge [km]	11,174
Gesamtwärmebedarf [kW]	452
Installationszeitraum	2010-2013

- Individuelle, grundstücksbezogene Erschließung und Installation
- Keine detaillierte hydro-(geologische) Vorerkundung (gemessen an Installationskosten von >450000 EUR)
- Zielstellung: Untersuchung der potentiellen Auswirkungen einer intensiven thermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes

# Intensive geothermische Nutzung



[www.onsetcomp.com](http://www.onsetcomp.com)

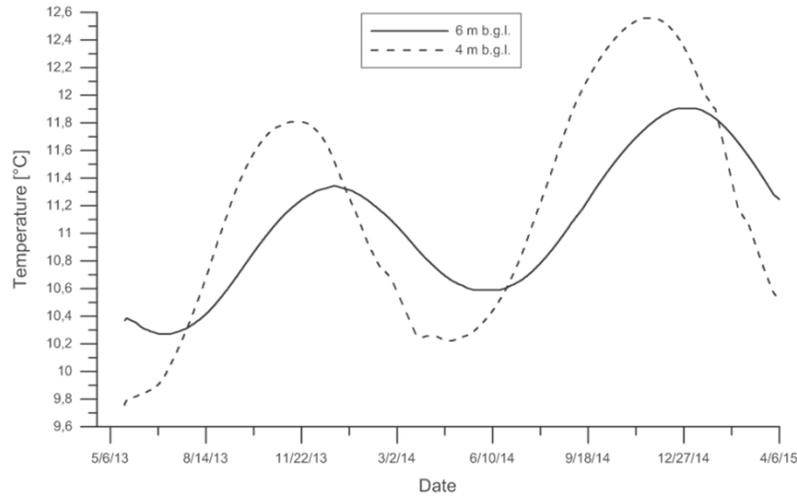


[www.solinst.com](http://www.solinst.com)

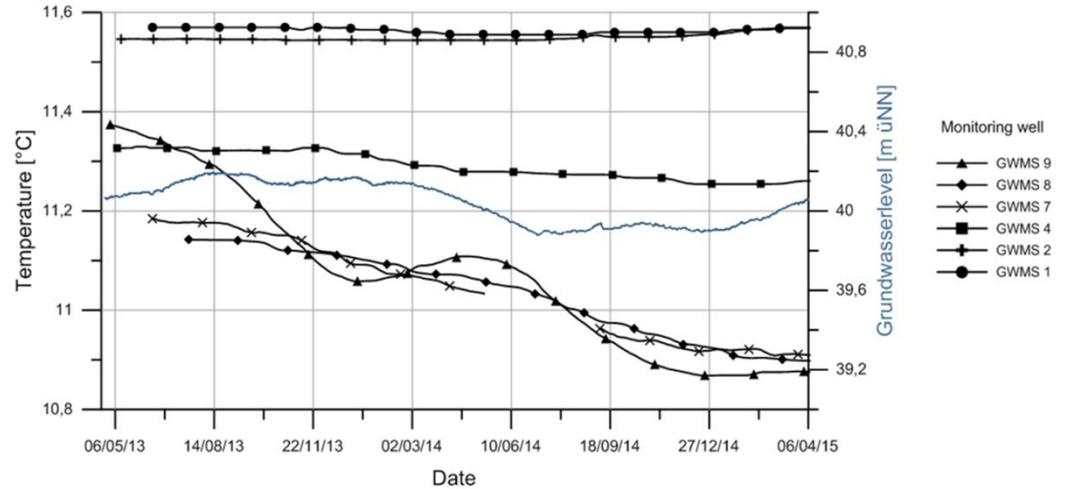


# Intensive geothermische Nutzung

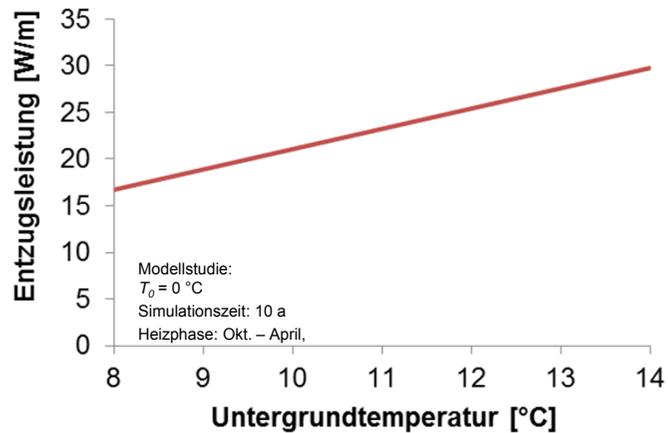
## Bodentemperaturen



## Grundwassertemperaturen



## Bedeutung initialer Untergrundtemperaturen

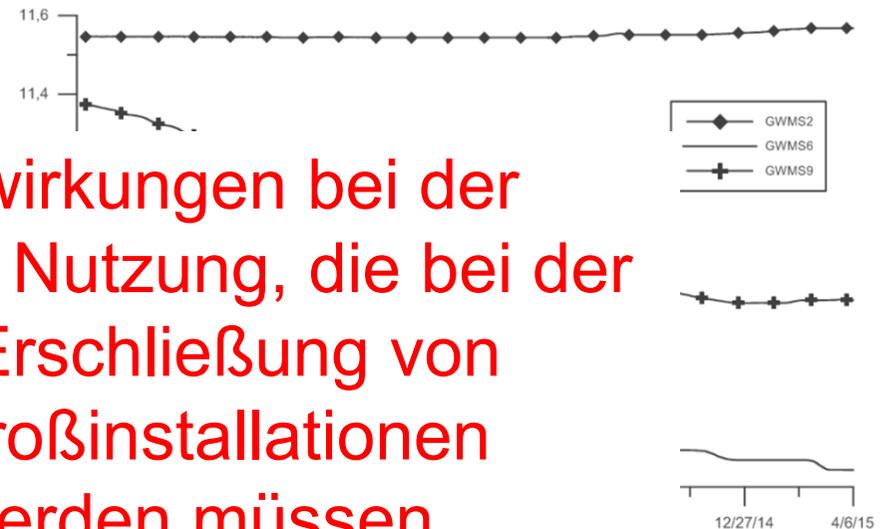


# Intensive geothermische Nutzung

## Bodentemperaturen

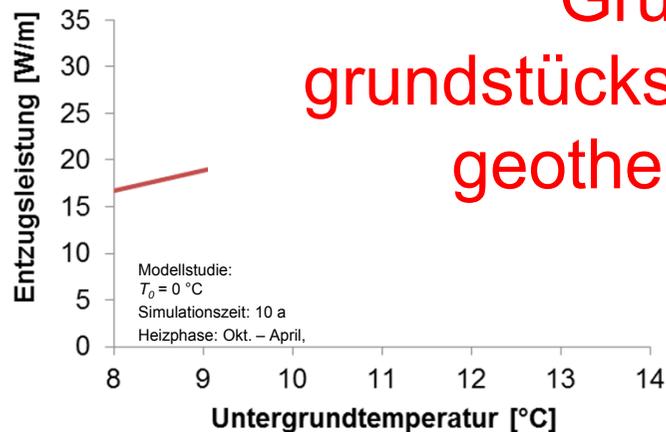


## Grundwassertemperaturen



Es kommt zu Auswirkungen bei der intensiven thermische Nutzung, die bei der geothermischen Erschließung von Wohngebieten/Großinstallationen berücksichtigt werden müssen.

## Bedeutung initialer Untergrundtemperaturen



Grundlage dafür ist die grundstücksübergreifende Betrachtung/ geothermische Erschließung.

Modellstudien bestimmt)

$\text{Nm}^{-1}$

fluids ( $4 \text{ MJm}^{-3}\text{K}^{-1}$ )

sonde [K] (hier mit

# Optionen zur geothermische Erschließung

## 1) Grundstücksübergreifende geothermische Vorerkundung, individuelle Installation

- Bereitstellung der Daten der Untergrunderkundung durch Grundstückerschielßer als Service
- Anlagendimensionierung und Installation durch Grundstücksbesitzer

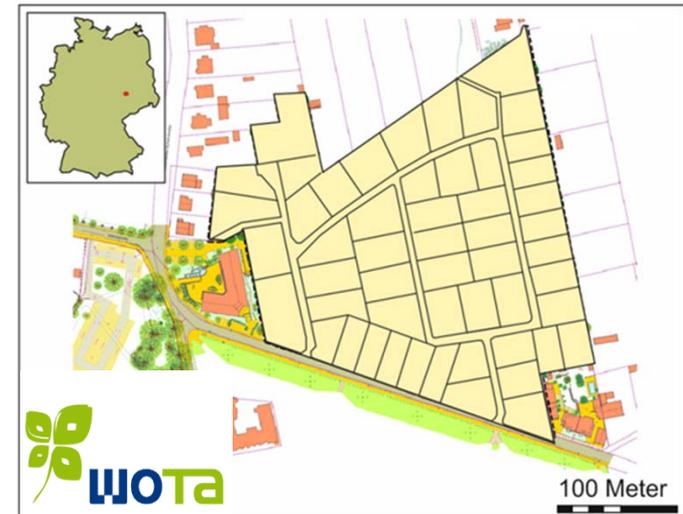
## 2) Gemeinsame Erschließung, koordinierte Installation

- 50 – 75 % der Häuser nutzen Geothermie
- Installation wird durch Grundstücksentwickler koordiniert
- Auswirkungen berücksichtigt; Installation in Abhängigkeit der geologischen und hydraulischen Untergrundbedingungen

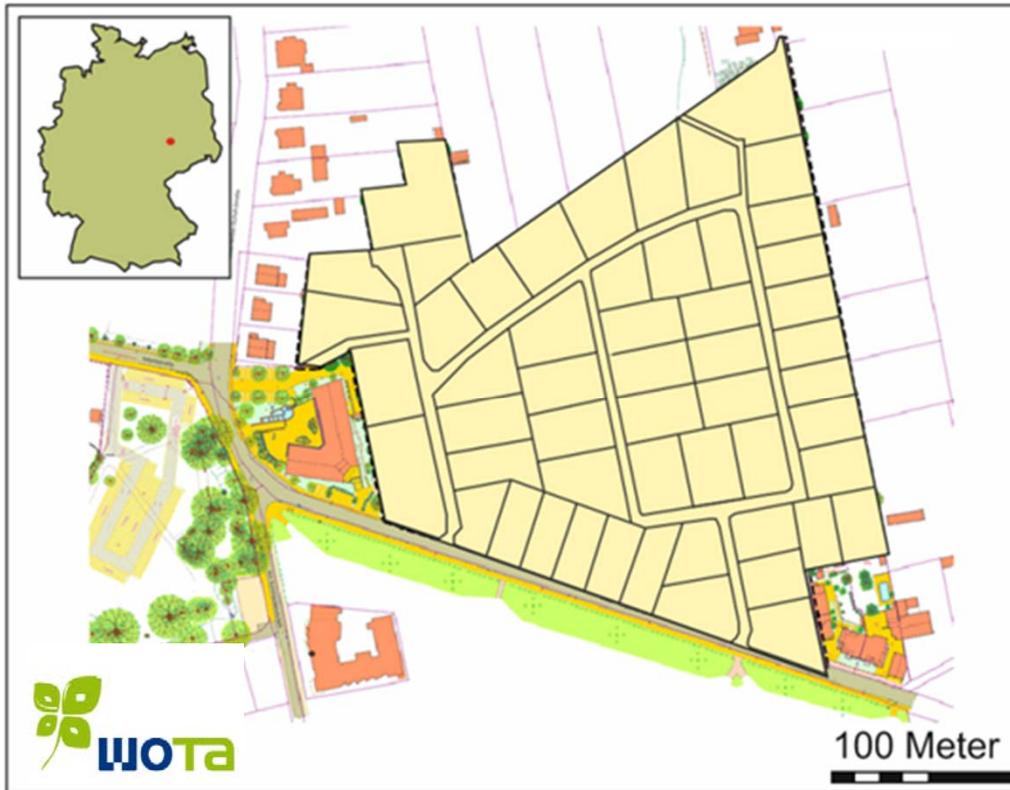
## 3) Geothermisches System (EWS, Brunnendubletten) als Teil der Infrastruktur

- Grundstücksentwickler bietet geothermische Wärmeversorgung als Infrastrukturmaßnahme an (wie z. B. Wasser- und Stromversorgung)
- Zusätzliche Optionen zur Nutzung der Erdwärme: Wärmekollektoren unter Straßen, Sondenfelder, Wärmerückgewinnung aus Abwasser, Kopplung mit Solarthermie, etc.
- Optimierte, grundstücksübergreifende Planung – Berücksichtigung im Bebauungsplan

Wohngebiet in Taucha



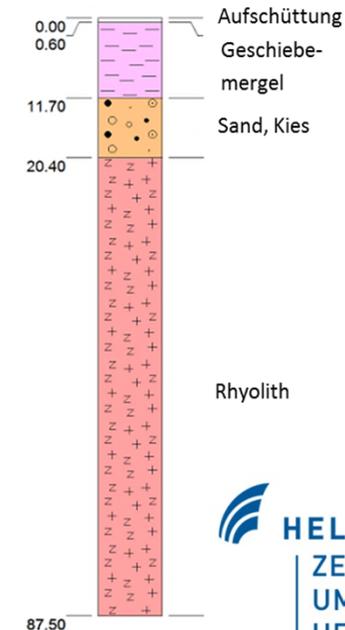
# Fallbeispiel Taucha



## Geplantes Wohngebiet:

- 4,5 ha Fläche
- 53 Wohneinheiten
- Erschließung durch Grundstücksentwickler
- Geothermie erwähnt als Option zur Wärmeversorgung im Bebauungsplan

Geologisches Normalprofil



## Nutzung der Geothermie

Die Nutzung von Geothermie ist in Sachsen erlaubnispflichtig. Auskünfte zum Erlaubnisverfahren erteilt das Landratsamt Nordsachsen, untere Wasserbehörde, als zuständige Behörde.

Bei den Bauarbeiten ist folgendes zu beachten:

Arbeiten, die so tief in den Boden eindringen, dass sie sich unmittelbar oder mittelbar auf die Bewegung, die Höhe oder die Beschaffenheit des Grundwassers auswirken können, sind der zuständigen Behörde einen Monat vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen (§ 49 Abs.1 S.1 WHG). Werden bei diesen Arbeiten Stoffe in das Grundwasser eingebracht, ist anstelle der Anzeige eine Erlaubnis erforderlich, wenn sich das Einbringen nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken kann (§ 49 Abs.1 S.2 WHG).

# Finanzierung

## Zunehmende Planungssicherheit

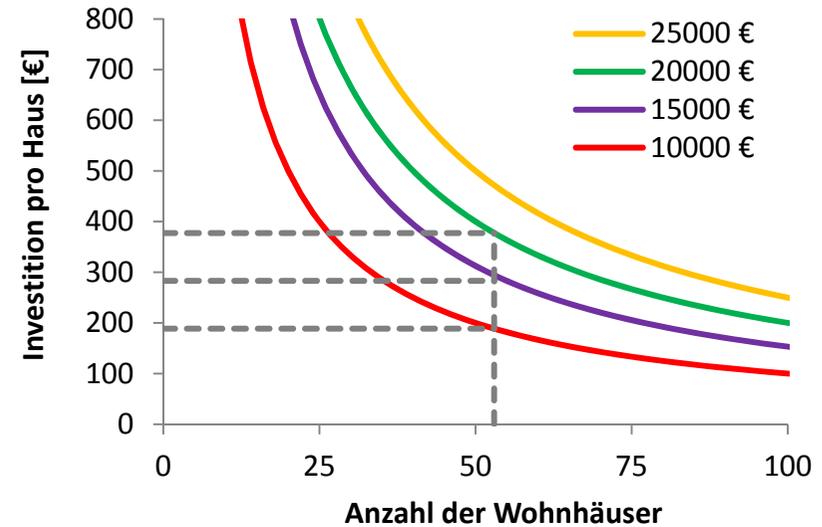
### Konventionelle Vorerkundung:

bei 53 Häusern 200 € / Haus  
 → Gesamtinvestition: 10.600 €

### Standortspezifische Vorerkundung:

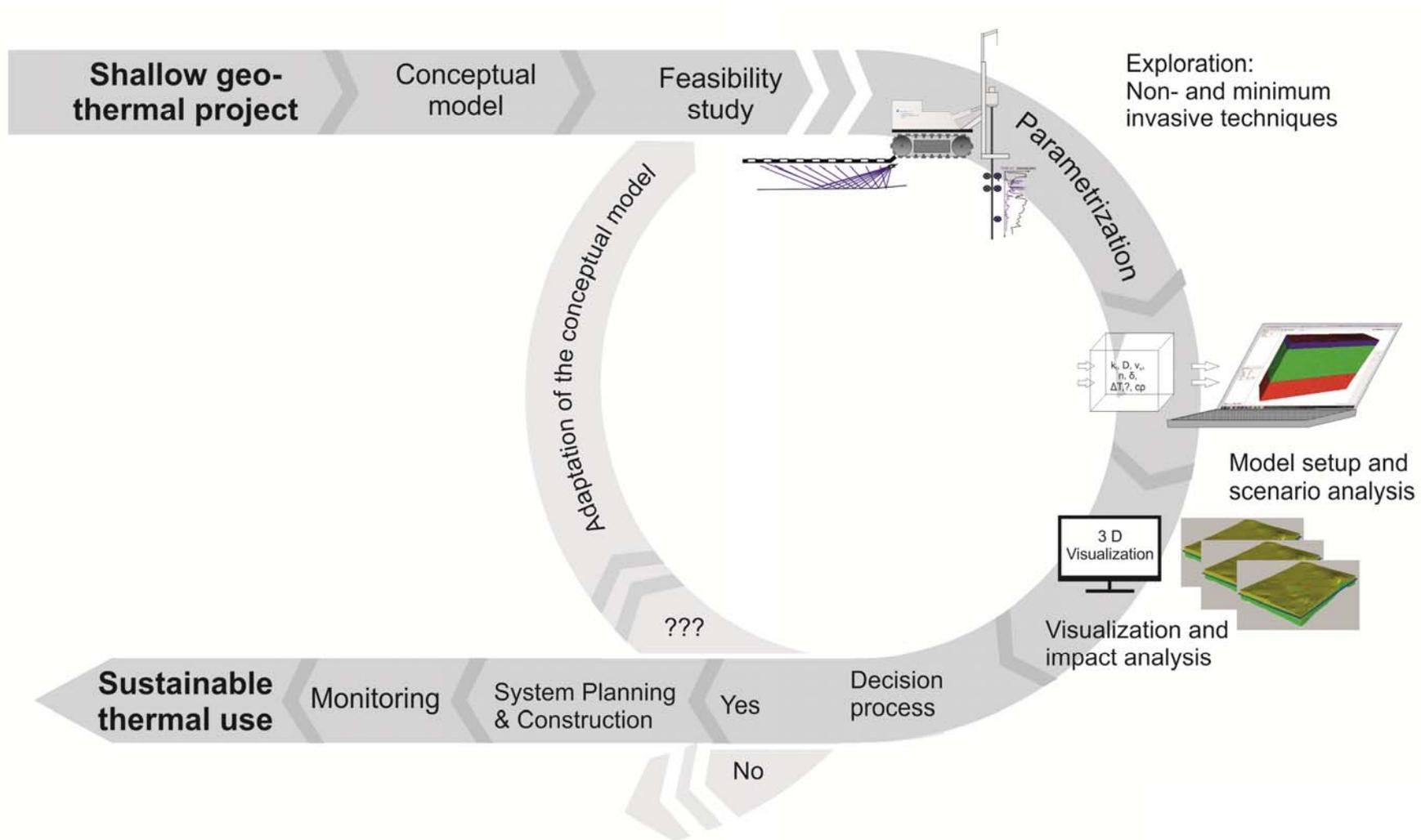
Gesamtinvestition: ca. 20.000 €  
 → bei 53 Häusern ca. 377 € / Haus

nach Schelenz et al. (2015)



Leistung	Geschätzte Kosten [€]
Geophysikalische Erkundung	2500
Erkundungsbohrung, 120 m tief, als EWS ausgebaut	6000
Thermal Response Test	2500
Temperatur-Log	1000
4 EED-Simulationen für verschiedenen Nutzungsintensitäten	3000
Feflow-Modellierung der Grundwasserdynamik und des Wärmetransportes zur Bewertung von Wechselwirkungen zwischen den Anlagen	5000
	<b>∑ 20.000</b>

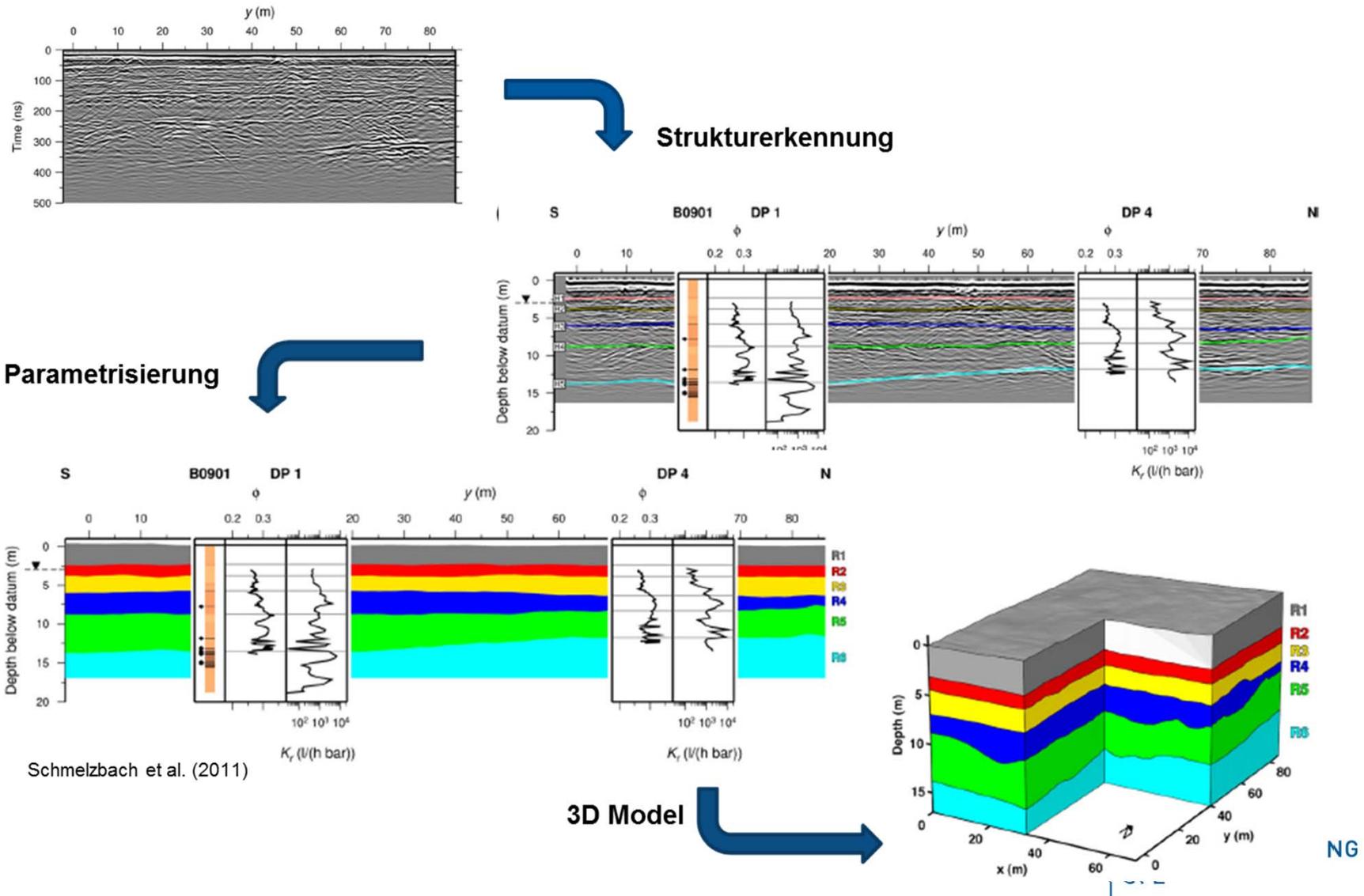
# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung



Vienken, T., Schelenz, S., Rink, K., Dietrich, P., (2015): Sustainable intensive thermal use of the shallow subsurface — a critical view on the status quo. *Groundwater*

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung

Kombination von nicht-invasiven mit minimal-invasiven Erkundungsmethoden:



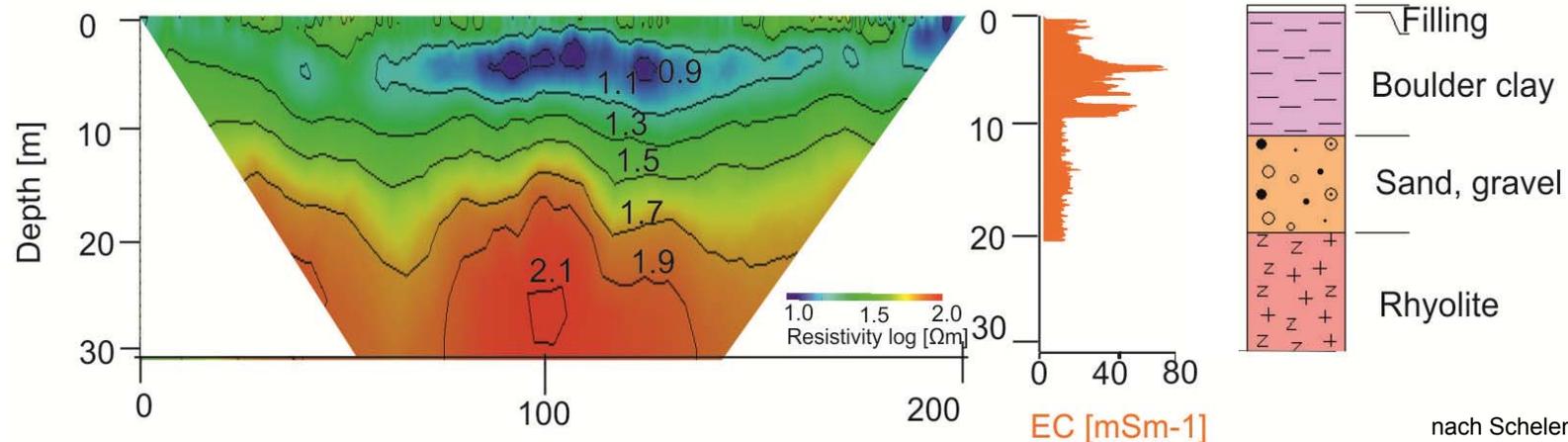
# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung

Kombination von nicht-invasiven mit minimal-invasiven Erkundungsmethoden:



Erkundungsbohrungen / Bodenansprache oder Direct Push Sondierungen

Geoelektrik



nach Schelenz et al. (2015)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Wärmeleitfähigkeit

## Bestimmung im Labor

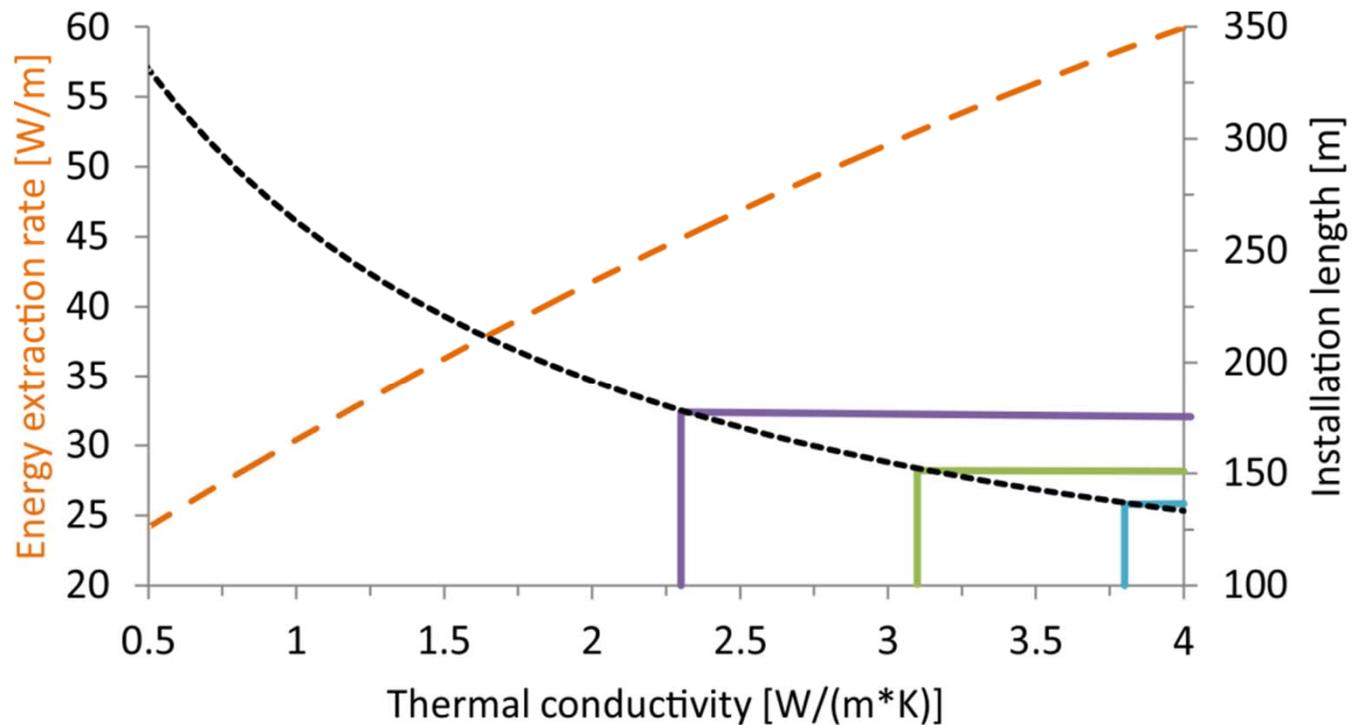
- Minimal gestörte Probenahme
- Ermittlung sedimentspezifischer Schwankungsbereiche durch Variation der Lagerungsdichte und Wassersättigung



Sediment (Verdichtung, Wassergehalt)	Gemessene Wärmeleitfähigkeit [ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ]		Literaturwerte der Wärmeleitfähigkeit [ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ] (VDI 4640-1 (2010))
	Min.	Max.	
1) Geschiebemergel (feucht)	2,37	2,40	1,1 – 2,9 (Geschiebemergel/Lehm)
2) Mittel- bis Grobsand (gering; gesättigt)	2,19	2,53	2,0 – 3,0 (Sand, gesättigt)
Mittel- bis Grobsand (hoch; gesättigt)	2,46	2,68	
3) Grobsand bis Kies (gering, gesättigt)	1,72	2,21	2,0 – 3,0 (Sand, gesättigt)
Grobsand bis Kies (hoch; gesättigt)	2,20	2,79	1,6 – 2,5 (Kiese/Steine, gesättigt)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Wärmeleitfähigkeit

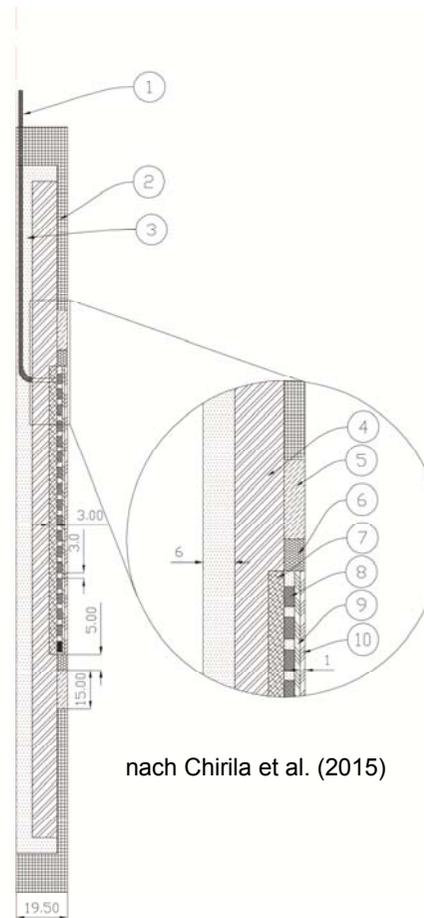
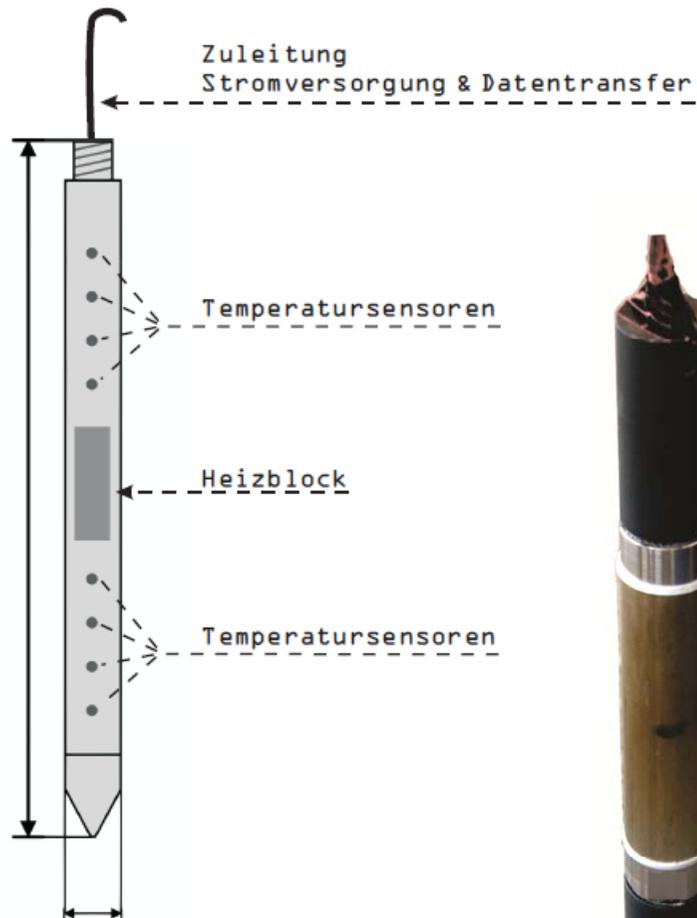
## 1) Optimierung der Installationslänge (Gesamtprofil)



\* Heizbedarf des Hauses = 11,2 kW

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung

## Wärmeleitfähigkeit



nach Chirila et al. (2015)

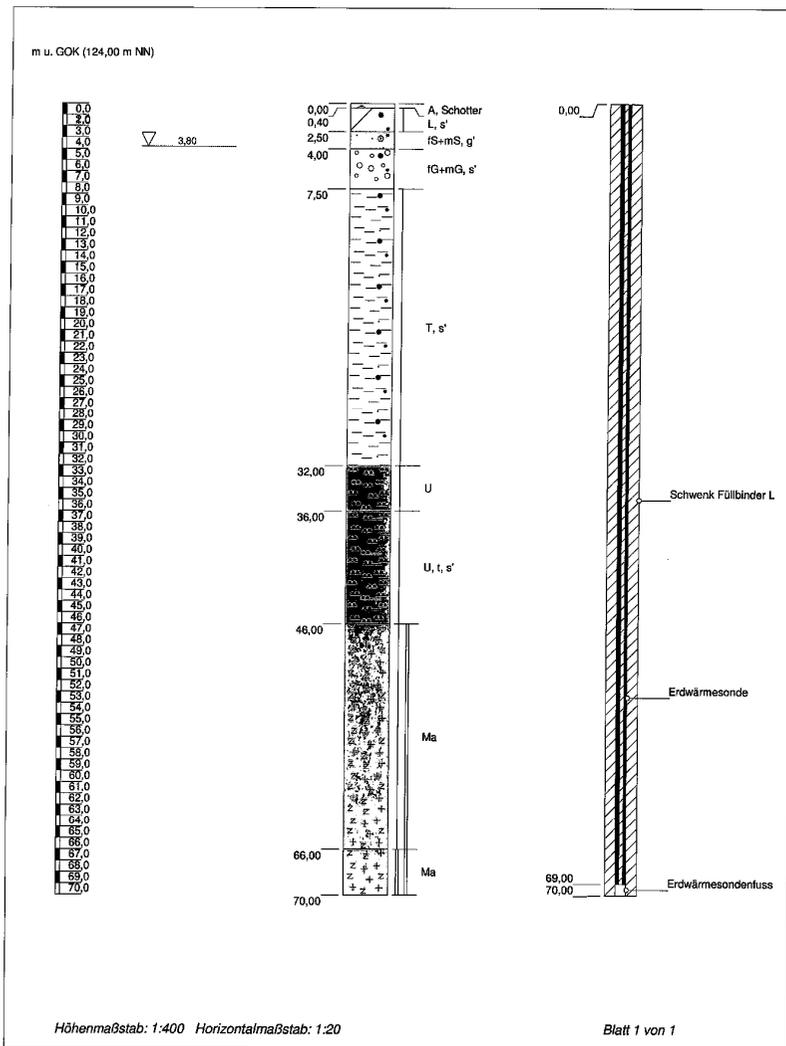
Messsonde und Verfahren zur räumlich aufgelösten Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds

Patent: 10 2011 075 995

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH- UFZ  
(Erfinder: T. Vienken & P. Dietrich)



# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Wärmeleitfähigkeit



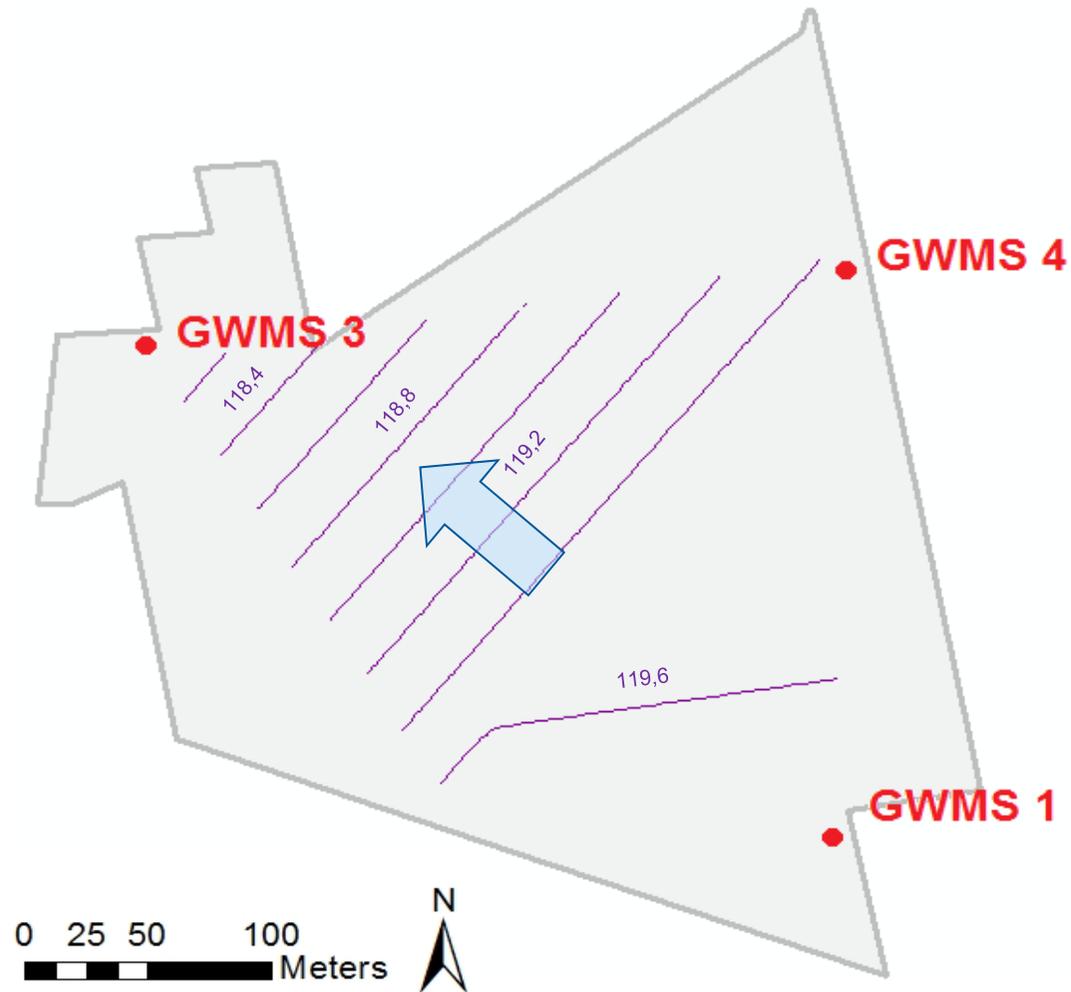
<b>Projekt:</b>	
<b>Bohrung:</b>	
Auftraggeber:	Rechtswert:
Bohrfirma:	Hochwert:
Bearbeiter:	ansatzhöhe: 124,00m
Datum: 26.07.2014	Endtiefe: 70,00m

## Kritische Prüfung verfügbarer Daten



# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Hydrogeologisches Regime

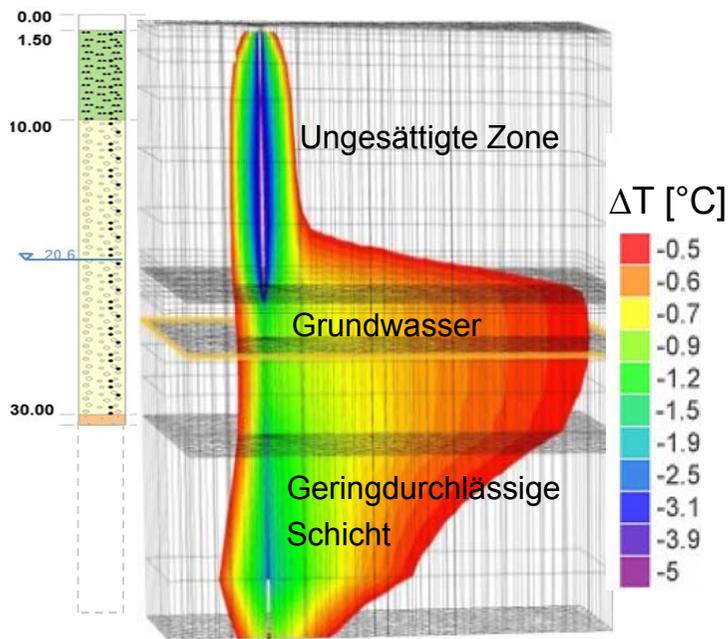
Grundwassergleichenplan



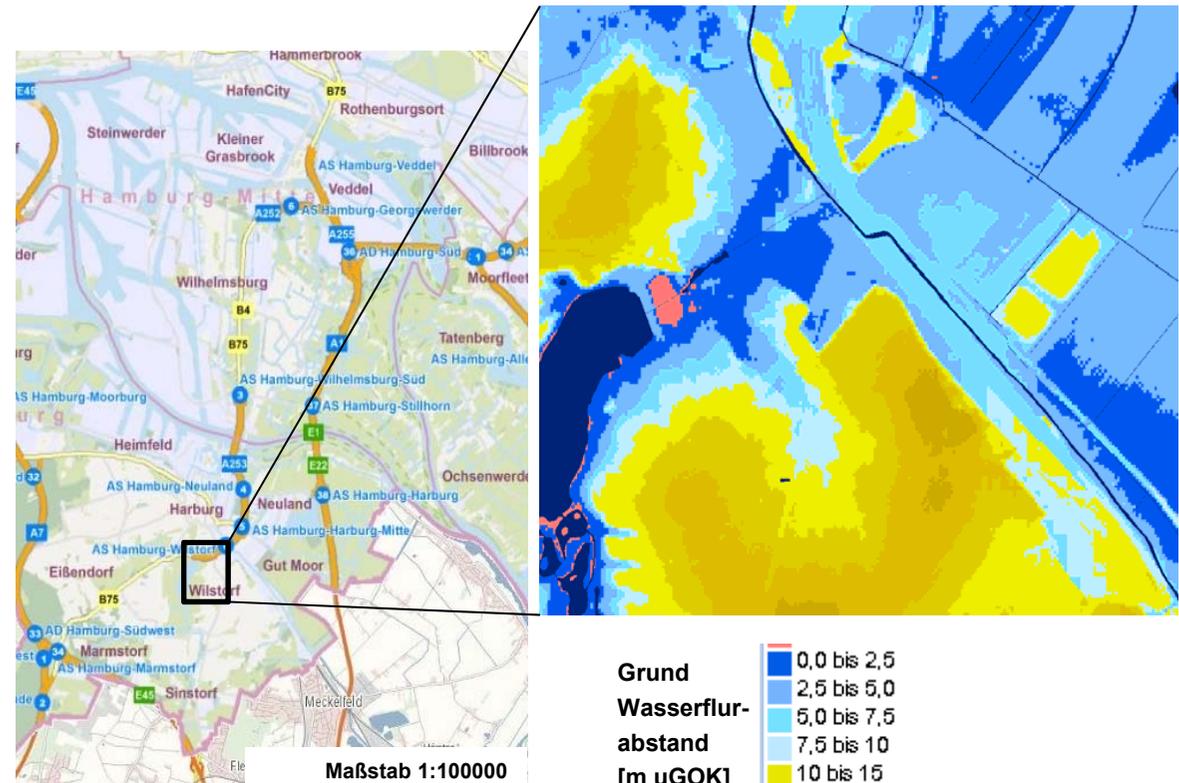
nach Schelenz et al. (2015)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Hydrogeologisches Regime

## 2) Berücksichtigung der ungesättigten Zone



Grundwasserflurabstände in Hamburg (2008)



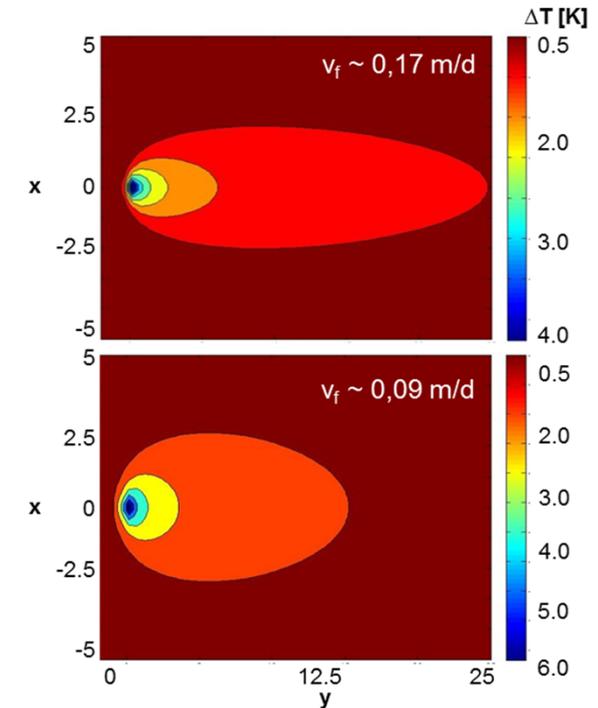
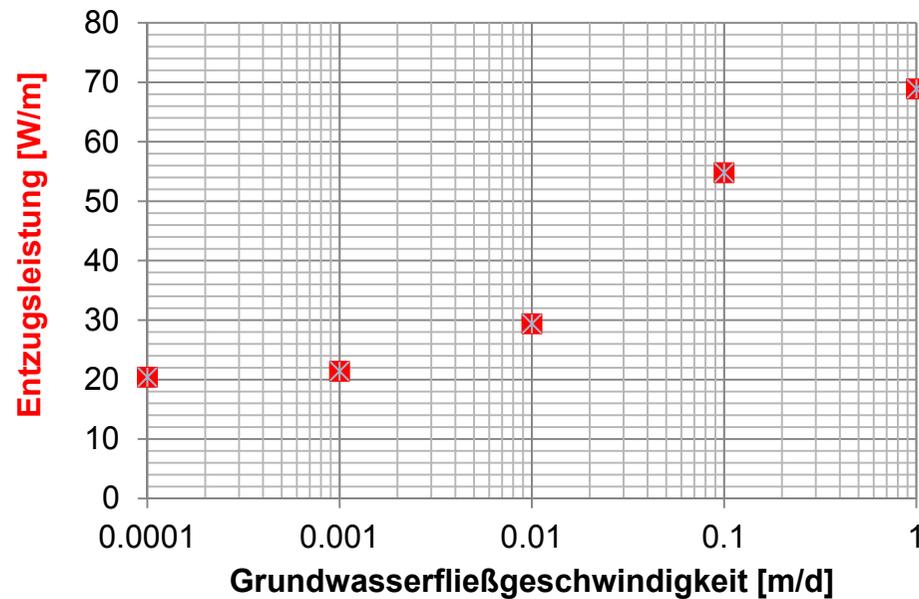
Geo-online Hamburg <http://www.geoportal-hamburg.de/Geoportal/geo-online/index.html> ; 2014)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Hydrogeologisches Regime

## 3) Berücksichtigung advektiver Wärmetransportprozesse

Erhöhte Grundwasserfließgeschwindigkeiten führen zu:

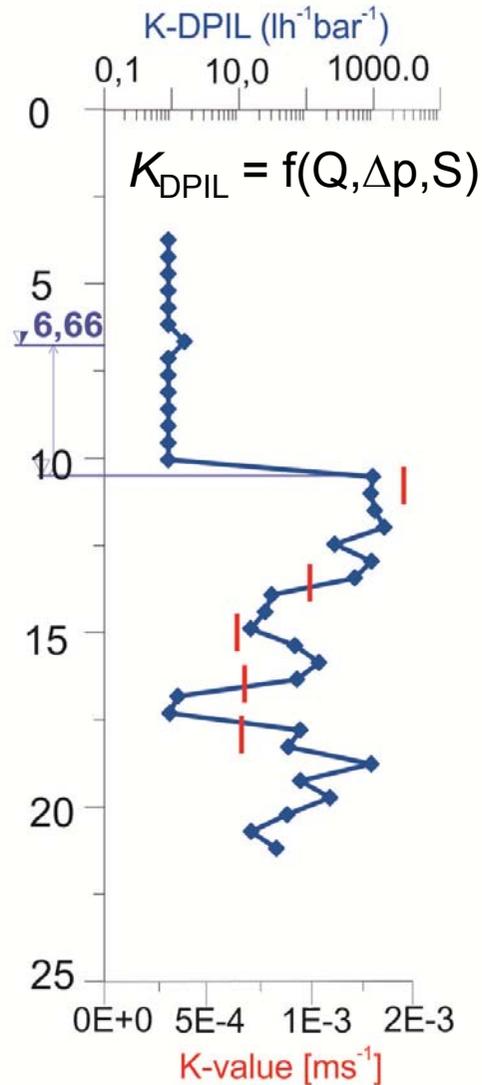
- 1) Verbessertem Wärmetransport aus Untergrund zur EWS
- 2) Optimierung der thermischen Entzugsleistungen
- 3) Steigerung der Anlageneffizienz (COP) bzw. Verringerung der benötigten Bohrmeter



Analytische Lösung: Moving Infinite Line Source  
(Stauffer et al. 2014)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Hydrogeologisches Regime

Profile der relativen und absoluten hydraulischen Leitfähigkeiten (GWMS 2)

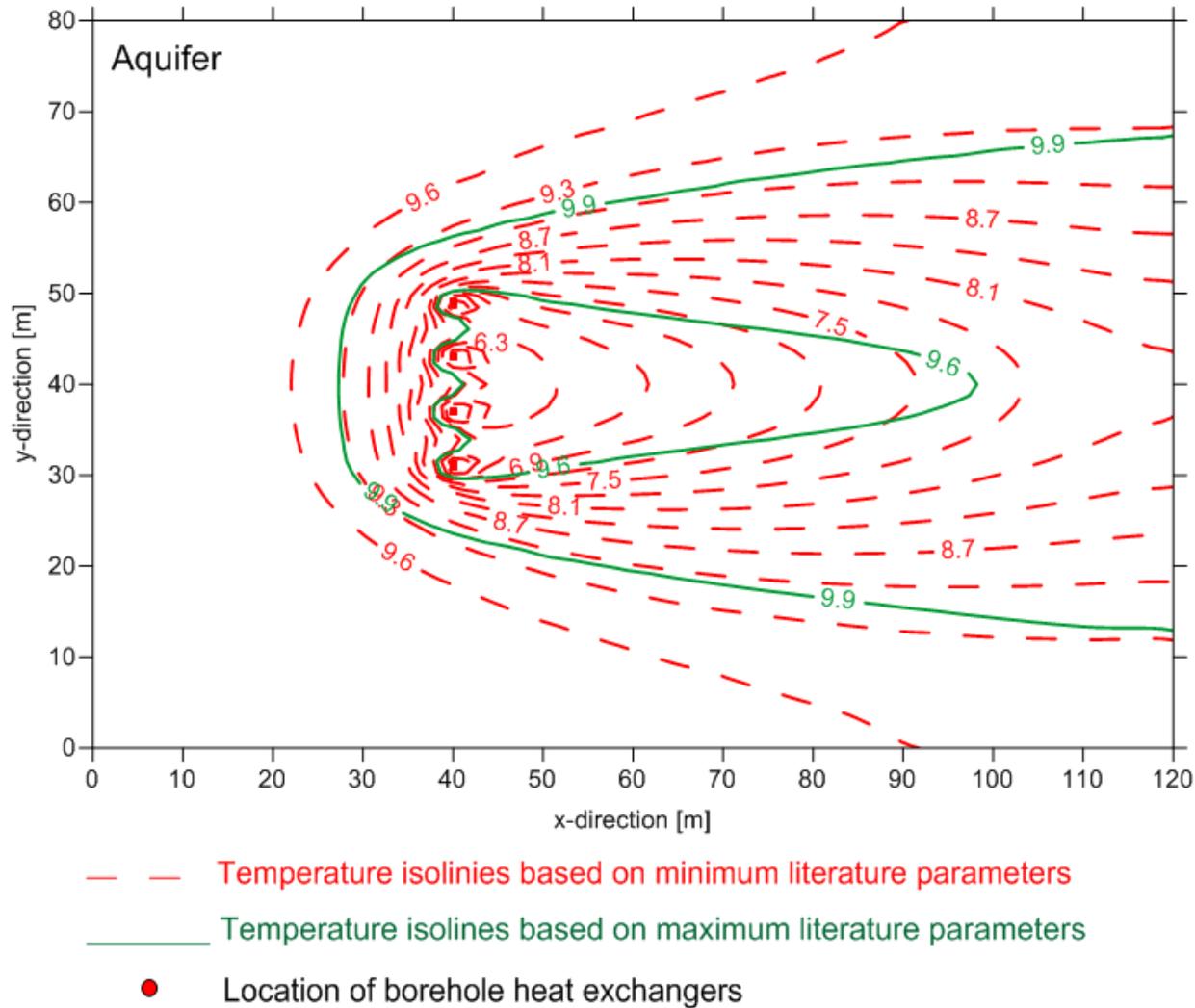


Parameter	Schwankungsbreite aller Messwerte
$k_f$ -Wert [m/s]	5,6E-04 bis 9,7E-04
$i$ [m/m]	0,0034 bis 0,0041
$v_f$ [m/d]	0,16 bis 0,34

nach Schelenz et al. (2015)

# Neue Erkundungsstrategien für die geothermische Erschließung Hydrogeologisches Regime

## Belastbare Vorhersage induzierter Temperaturanomalien



nach Schelenz et al. (2015)

# Vorteile des Erschließungskonzeptes

---

## **Entwicklung eines angepassten Monitoringkonzeptes**

Auf Grundlage der optimierten Parametrisierung des Untergrundes:

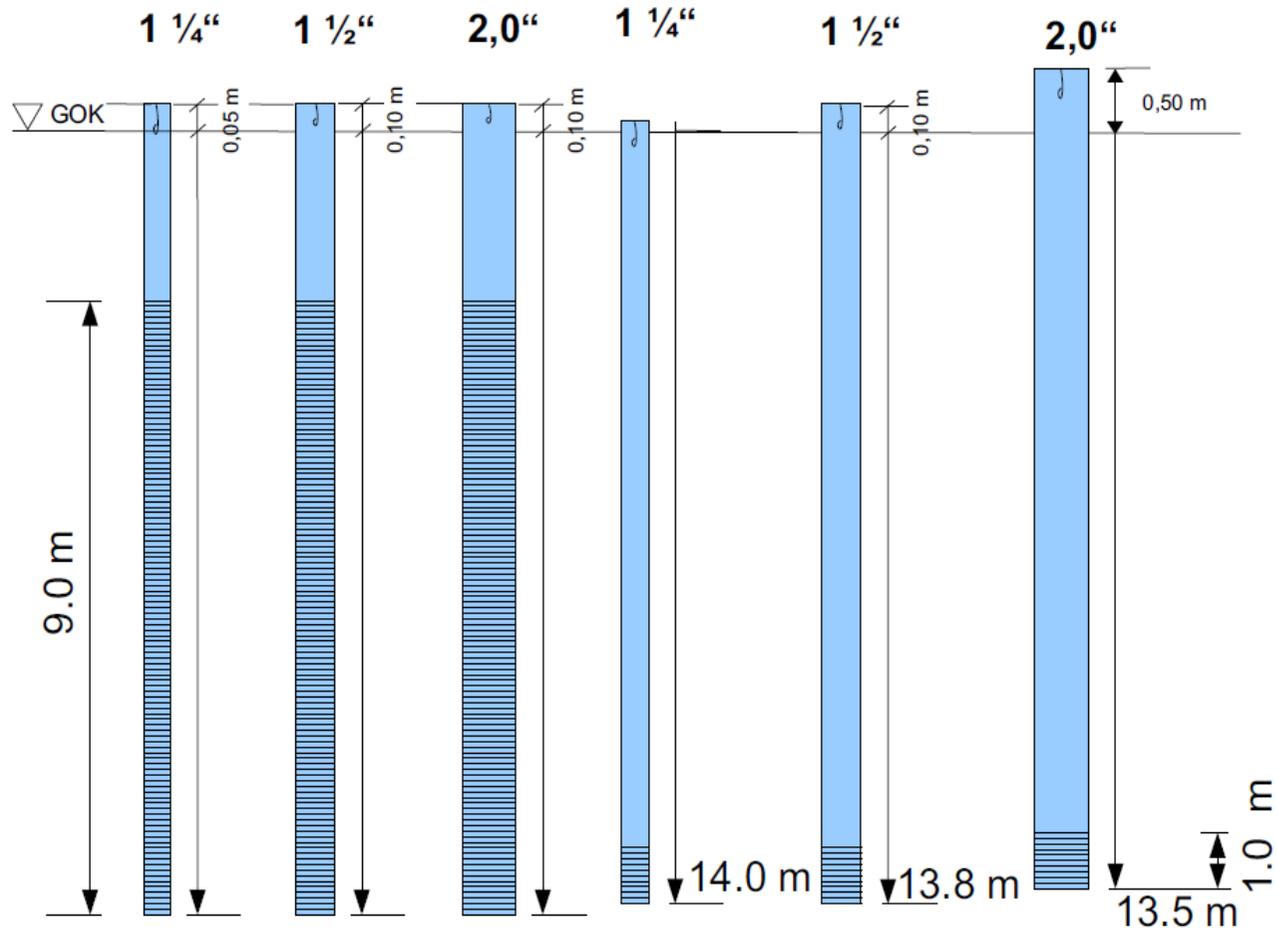
- Verbesserte Vorhersage der zu erwartenden Temperaturänderungen
- Sichere Vorhersage der zu erwartenden räumlichen Ausbreitung

## **Erhöhte Anforderung an Temperaturmessungen**

- Untersuchung induzierter Temperaturanomalien fordert Messung von Temperaturänderungen um wenige Grad
- Ausbau der Messstellen von höherer Bedeutung, da gemessene GW-Temperaturen vom Ausbau der Messstelle beeinflusst werden können
- Berücksichtigung bei der Wahl des Grundwassertemperaturmessgerätes

# Beispiel Temperaturmonitoring

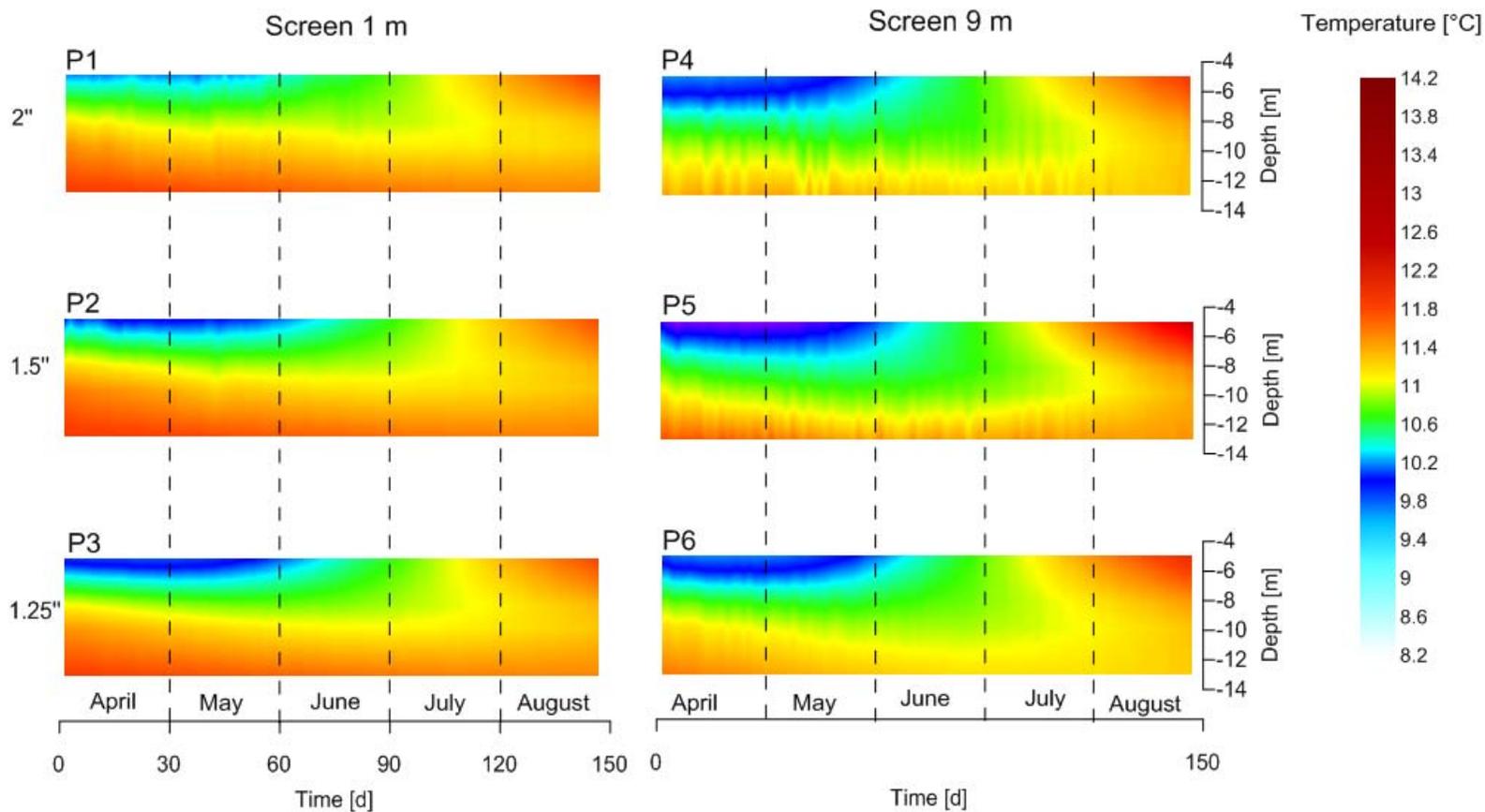
## Ausbau der Messstellen



# Beispiel Temperaturmonitoring

## Ausbau der Messstellen

Temperaturverteilung abhängig vom Messstellenausbau (Bitterfeld 04/2012 – 09/2012)



# Zusammenfassung & Ausblick

---

- Übergeordnete geothermische Erschließung mit entsprechenden Erkundungskonzepten führt zu:
  - verbesserten Bewertung lokaler geothermischer Potentiale mit optimierter Systemauslegung
  - belastbareren Vorhersage von Umweltauswirkungen und möglichen Interaktionen
- Übergeordnete Erschließung ermöglicht standortspezifischen Vorerkundung
- Neue Konzepte für eine nachhaltige geothermische Quartiersbewirtschaftung werden benötigt (z.B. Solarthermie gekoppelte Wärmespeicher)
- Neben ökologischen Randbedingungen werden ökonomische Faktoren über die weitere Implementierung der flachen Geothermie entscheiden

Die vorgestellten Arbeiten werden unterstützt durch:



Weiterer Dank gilt unseren Projektpartnern:



Stadt Taucha



Kontakt:

Dr. Thomas Vienken

Department Monitoring- und Erkundungstechnologien

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

E-Mail: [thomas.vienken@ufz.de](mailto:thomas.vienken@ufz.de)

Tel.: 0341-2351382