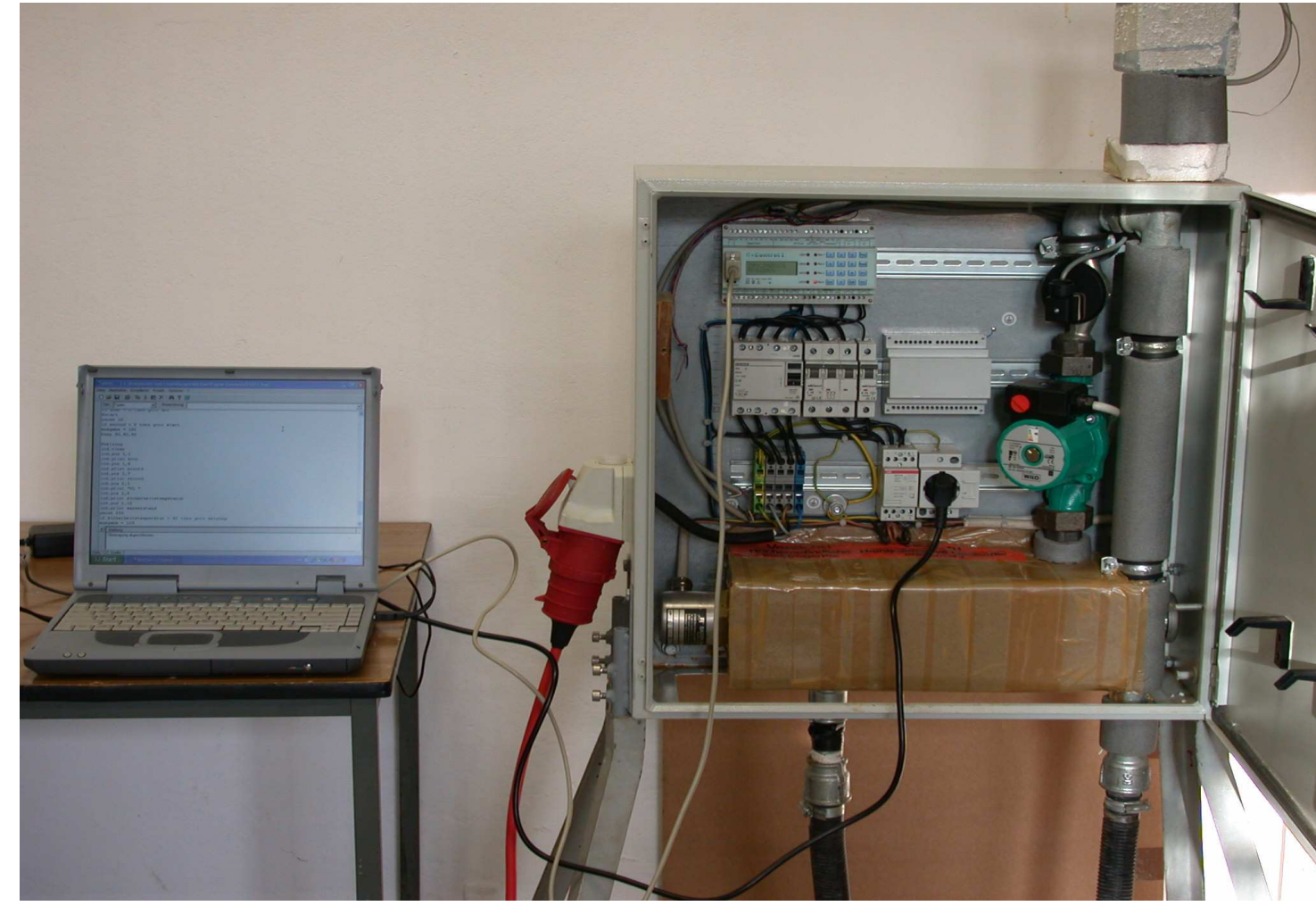


## indirekte Bestimmung geoth. Untergrundparameter

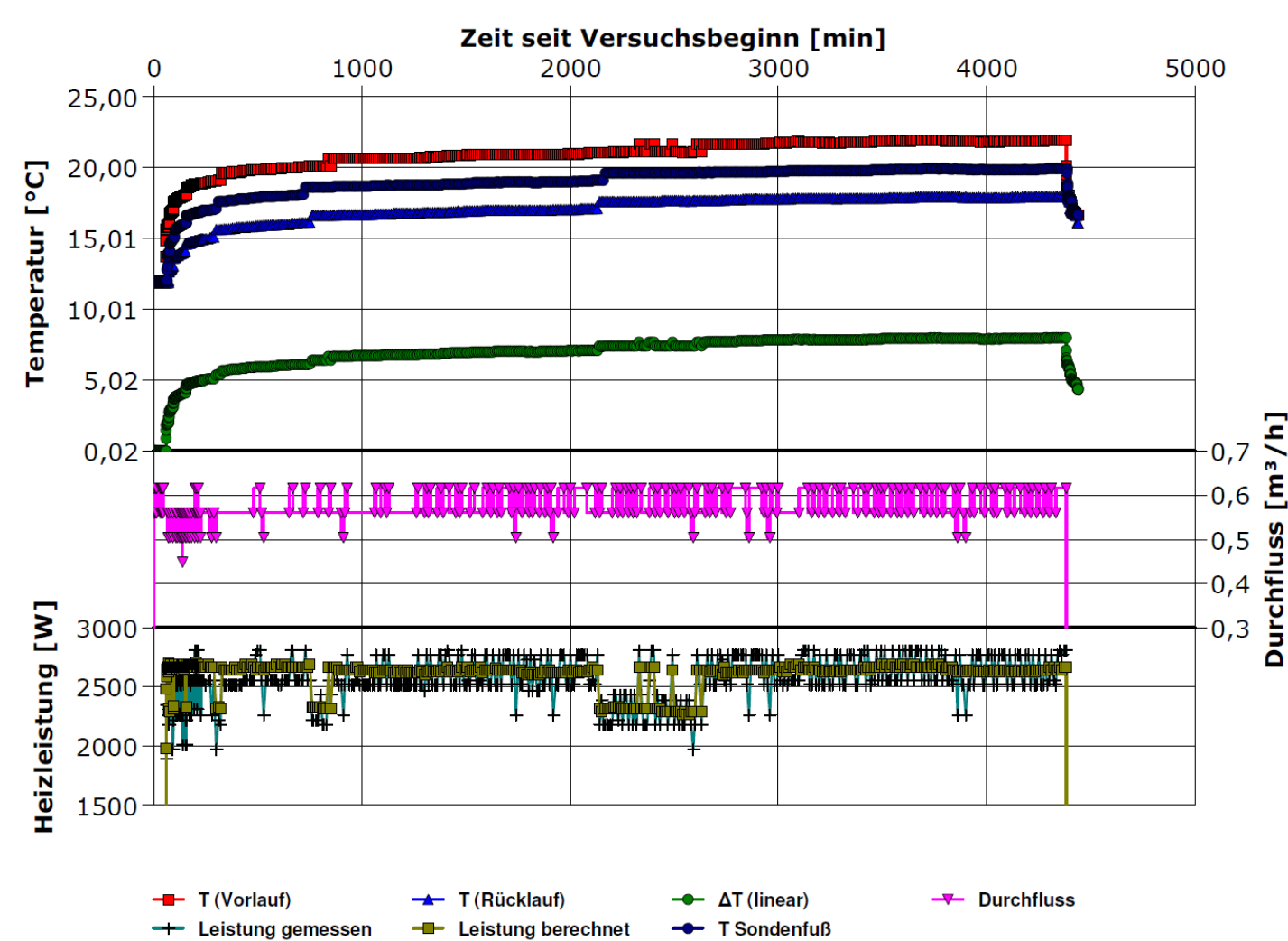
### Geothermal Response Tests und ihre Auswertung

Bestimmung von :

- Wärmeleitfähigkeit des Gebirges [W/(m\*K)]
- vol. Wärmekapazität [MJ/(m<sup>3</sup>\*K)]
- Übergangswiderstand [m\*K/ W]

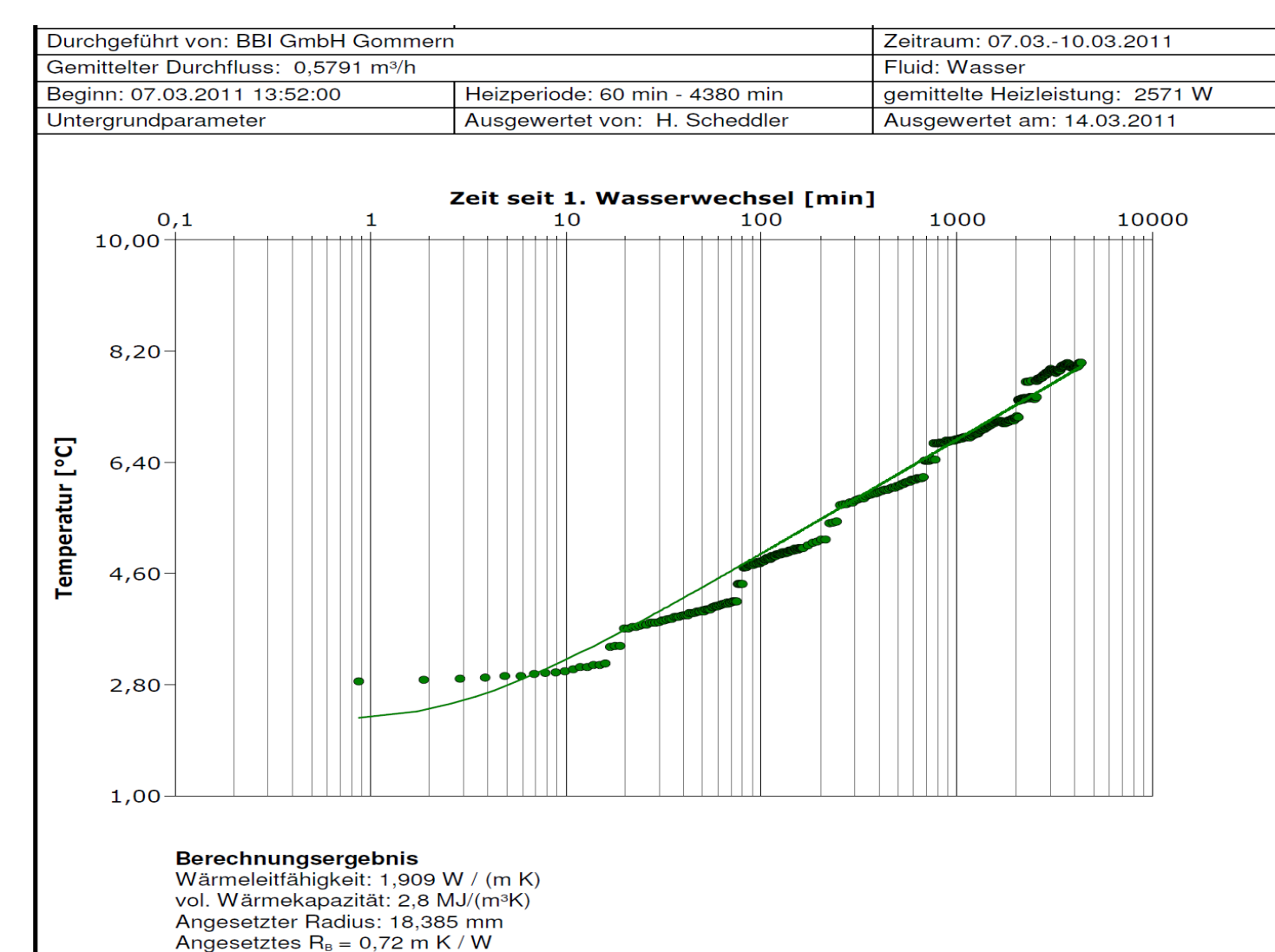


Darstellung der Ganglinien eines GRT mit Referenztemperatur am Sondenfuß, gemessener und berechneter Leistung aus den Vor- und Rücklauftemperaturen. Die Referenztemperatur am Sondenfuß liegt zwischen Vor- und Rücklauftemperatur und ist ein Qualitätskriterium (z. B. Hinweis auf Kurzschluss Vor-/Rücklauf, fehlerhafter GRT)



### Auswertung nach Stand der Technik

- nach dem Linienquellen-Ansatz
- integrale geoth. Untergrundparameter für die Erdwärmesonde
- keine Differenzierung der Gesteinsschichten
- keine Berücksichtigung von Randbedingungen



### Auslegung der Erdwärmesonden

Die Dimensionierung von Erdwärmesonden erfolgt nach Stand der Technik mit einschlägigen Programmen oder nach VDI 4640:

- auf der Grundlage der ermittelten geothermischen Parameter
- unter Berücksichtigung des nutzbaren Platzes zur Anordnung der Sonden
- auf der Grundlage der erforderlichen Heiz- und Kühlarbeit, die durch den Gebäude- oder Heizungsplaner vorgegeben werden

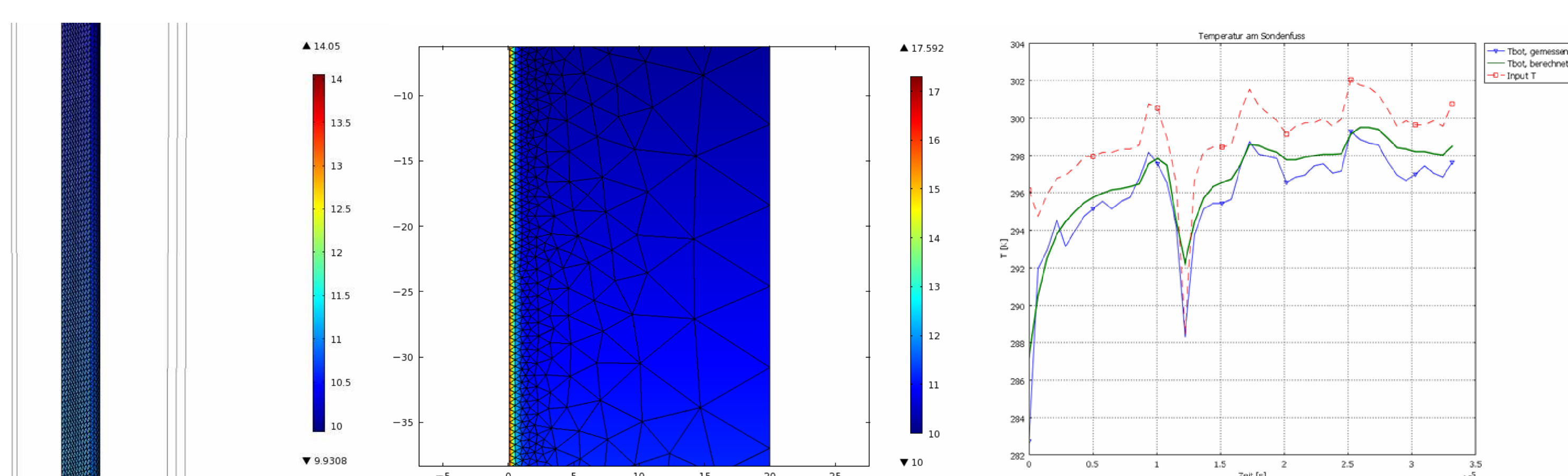
## Simulation mit orts- und zeitdiskreten Lösungsverfahren

Vorteil:

- unbeschränkte Berechnung der Erdwärmennutzung durch einer Erdwärmesonde oder eines Sondenfeldes möglich
- detaillierte Abbildung der Erdwärmesonde mit Ausbau und Hinterfüllung, Parametervariation über die Teufe möglich
- detaillierte Abbildung des Gebirges mit Inhomogenitäten, Gesteinswechsel und Grundwasserfluss
- dadurch kritische Bewertung von GRT und detaillierte Planung des Sondenfeldes!

Nachteil:

- hoher Rechenaufwand erfordert intelligenten Modellansatz



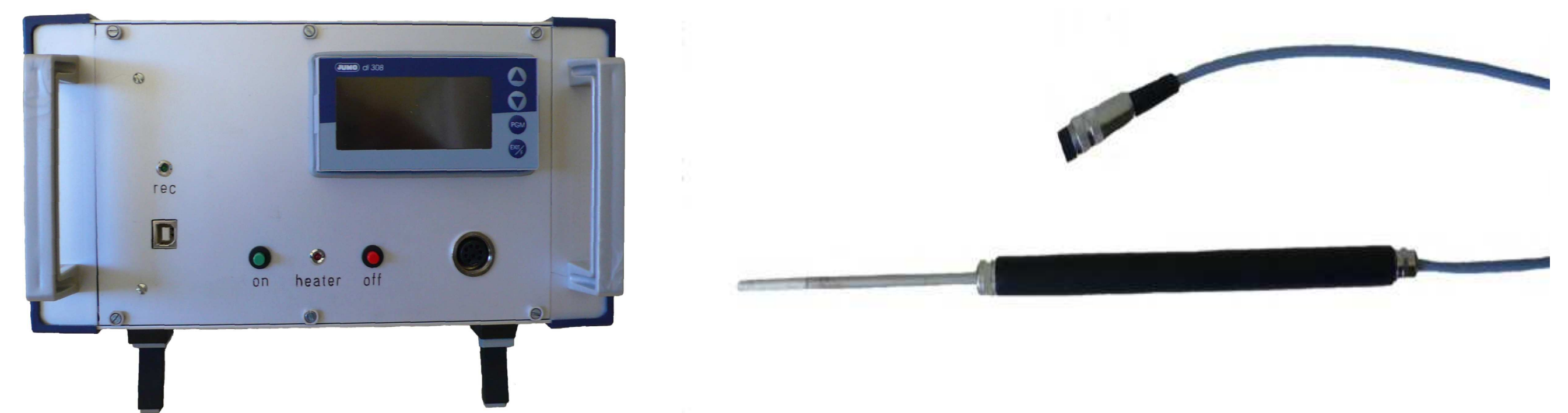
1D-Sondenmodell + 3D-Bohrungsmodell + 2D-radialsymmetrisches Gebirgsmodell

## direkte Bestimmung geothermischer Untergrundparameter

- Messung Temperatur- u. Wärmeleitfähigkeit direkt an Bohrkernen
- Vorteil:
  - ⇒ Temperatur-Messungen sind keine Punktmessungen, sondern werden auf Zylinderoberfläche gemittelt
  - ⇒ Messgerät auch für inhomogenes grobkörniges Material (Bohrkerne)

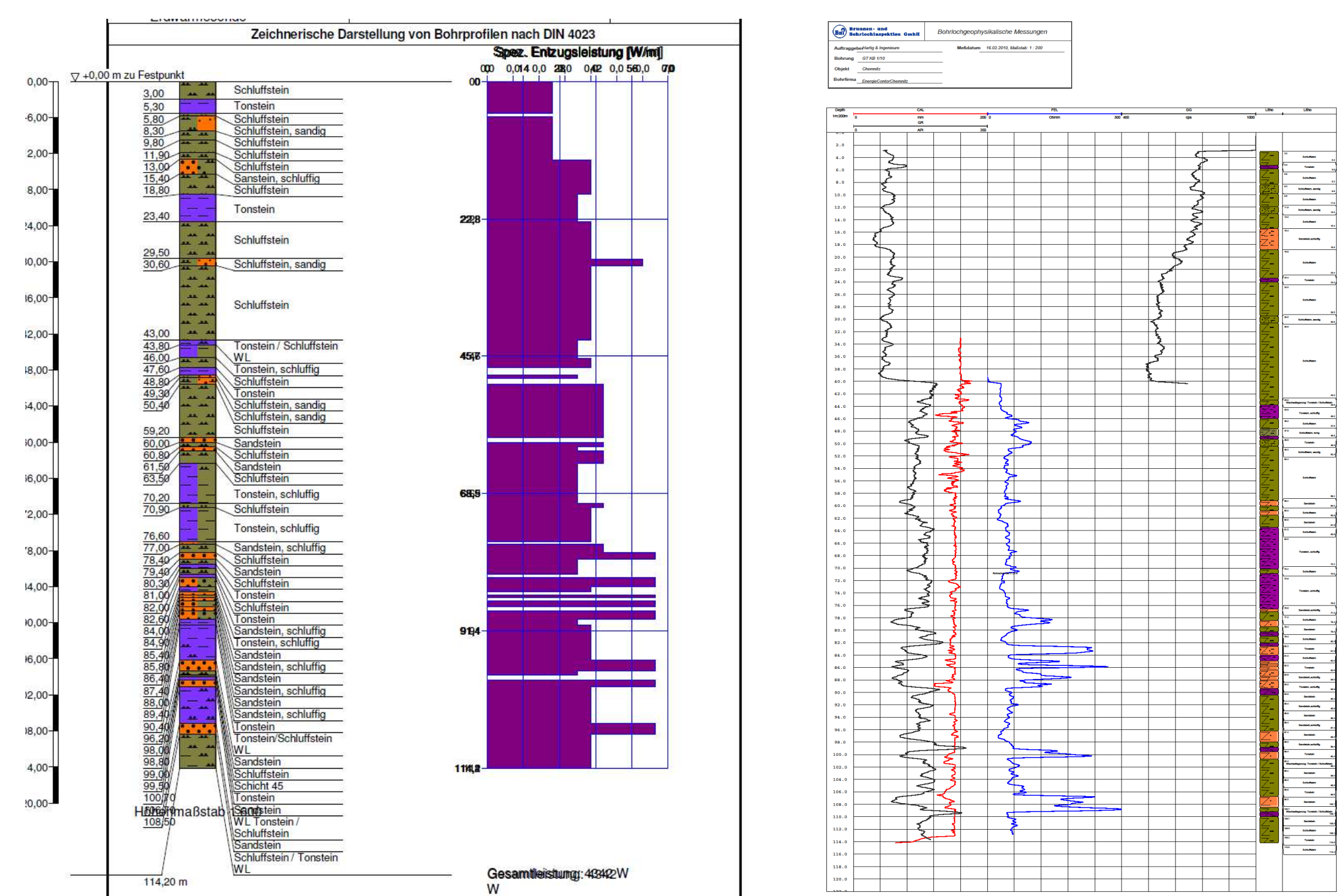
### Messgerät -In Term- zur direkten Bestimmung thermischer Leitfähigkeiten

Das Messgerät ist besonders geeignet, mittlere thermische Leitfähigkeiten von inhomogenem geologischen Material auf einer Länge von ca. 30 mm an der unteren Sondenspitze zu erfassen. Es ist speziell konzipiert für die Bestimmung der Wärme- und Temperaturleitfähigkeit von inhomogenen Stoffen, wie Gesteine oder Bau- und Feuerfeststoffe.



Quelle : Geophysikalisch-Technisches Büro Prof. Dr. Buntebarth Clausthal-Zellerfeld

### Abschätzung der Entzugsleistung aus Schichtenaufnahme und BLM



Unter Einbeziehung einer Bohrlochmessung kann die erbohrte Schichtenfolge sehr gut lithologisch gegliedert werden und ermöglicht damit eine qualifiziertere Abschätzung der Entzugsleistung gemäß VDI 4640, Blatt 2.

## Ausbaukontrollmessungen

Der Überprüfung der Qualität der Zementation der Erdwärmesonden kommt aus folgenden Gründen Bedeutung zu:

- Garantie einer hohen Wärmeleitfähigkeit zwischen Bohrlochwand und Gebirge
- mechanischer Schutz der Erdwärmesonde
- Grundwasserstockwerkstrennung aus wasserrechtlicher Sicht

Möglichkeiten der Ausbaukontrolle:

- herkömmliche Bohrlochmessverfahren bei Installation von Koaxialsonden DN 50
- Messungen mit klein dimensionierten Spezialsonden in U- und Doppel - U Sonden möglich
- Bestimmung der Abbindewärme des Zements über Temperaturmessungen

## Ausblick

- Aufbau eines Erdwärmesondenmodells mit einem Finite- Elemente Simulator, welches dreidimensional die Differentialgleichung von Stoff- und Energietransport im Untergrund und in der Erdwärmesonde löst
- Aufbau eines mathematischen Modells der Abkühlung unter Ausnutzung der Abbindewärme des Zements und Vergleich mit Messwerten zur Qualitätskontrolle
- Parameteridentifikation mit dem orts- und zeitdiskreten Modell zur Ermittlung der geothermischen Parameter