

Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland Wärmeleitfähigkeitssonde

Autoren: H. Burkhardt, K. Erbas, H. Honarmand
Institut für Angewandte Geophysik, TU Berlin

Die Wärmeleitfähigkeit (WLF), ein entscheidender Parameter sowohl bei der Bestimmung der terrestrischen Wärmestromdichte als auch für Temperaturprognosen über die erbohrte Tiefe hinaus, ist wie andere Gesteinsparameter eine von Druck und Temperatur abhängige Größe.

Labormessungen können die tatsächlichen Gesteinseigenschaften nur angenähert wiedergeben, deshalb wird eine Bohrlochsonde benötigt, mit der die WLF in situ gemessen werden kann. Hierzu wird eine bestehende Sonde für Flachbohrungen (Villinger, 1983) in einem ersten Schritt für eine Einsatztiefe von 3000 m erweitert sowie Problemlösungen für eine bis zur Endteufe der Tiefbohrung einsetzbare Sonde erarbeitet.

Das Meßprinzip

basiert auf dem einer zylindrischen Heizquelle (Linienquelle). Hierbei ist die Temperatur der Heizquelle, bei zeitlich konstanter Heizleistung, nach einer Mindestheizdauer eine lineare Funktion des Logarithmus der Zeit (Abb. 1). Die in diesem Bereich ($t_1 < t < t_2$) berechnete WLF wird als scheinbare WLF (λ_a) bezeichnet.

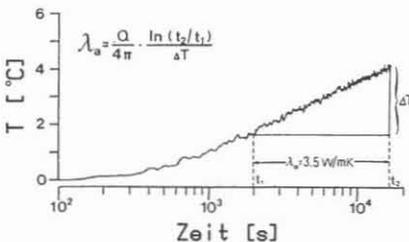


Abb. 1: Beispiel einer Messung im Falkenberger Granitkomplex mit schematischer Darstellung der Auswertung im quasi-linearen Bereich der Aufheizkurve.

Bohrlochdurchmesser 3 3/4"
Heizleistung/Länge (Q) 50 W/m
Scheinbare Wärmeleitfähigkeit (λ_a) 3.5 W/m K

Die Realisierung

der zylindrischen Heizquelle wird dadurch erreicht, daß ein Teil der Wassersäule im Bohrloch durch Doppelpacker vom übrigen Teil getrennt und aufgeheizt wird (Abb. 2). Dieser Teil der Wassersäule dient somit als eine Linienquelle. Die Packer verhindern hierbei einen konvektiven Austausch zwischen der Quelle und dem restlichen Bohrloch.

Die Beheizung erfolgt über eine geregelte Gleichstromquelle. Die kontinuierliche Durchmischung der Wassersäule gewährleistet eine annähernd isotherme Quelle.

Der Einsatz in der Tiefbohrung

bedingt eine Weiterentwicklung und Modifikation der bisherigen Sonde. Hierzu gehört u.a. die Entwicklung und Erprobung von Wireline-Doppelpackern mit großem Setzbereich (3"-9" für 6"-Bohrung). Die Notwendigkeit, die erforderliche Heizenergie auch bei größeren Tiefen verlustarm zu übertragen, führt zu dem in Abb. 3 dargestellten Konzept.

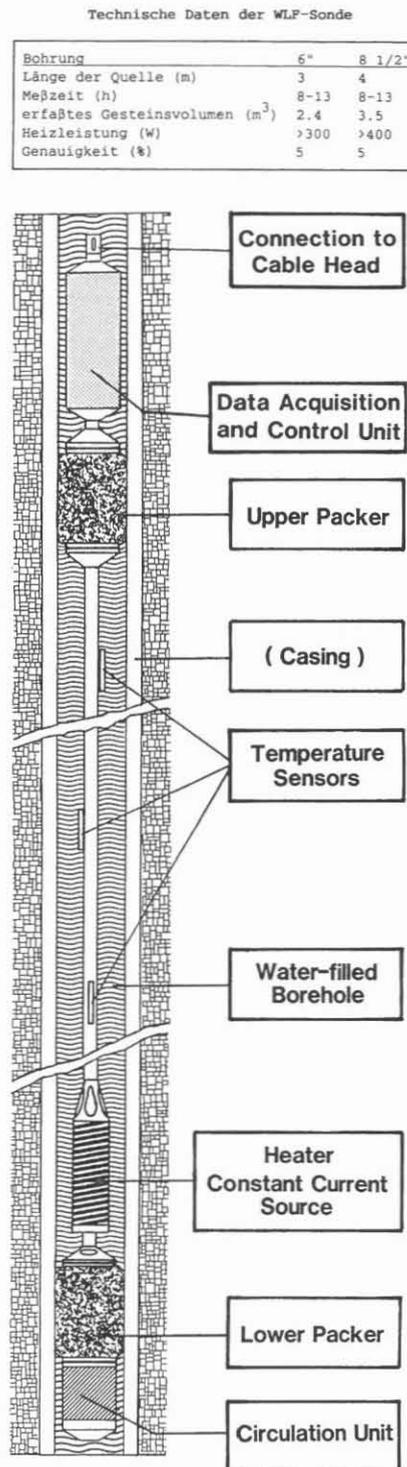


Abb. 2: Schematischer Aufbau der Sonde

Die Meßdaten werden in Frequenzen umgewandelt und auf die Versorgungsleitung aufmoduliert. Diese Form der Datenerfassung und Übertragung gewährleistet bei Verwendung von Hoch-Temperatur-Bausteinen bereits heute einen Einsatz in großen Tiefen. Eine Version der Sondenelektronik (bis 125°C) befindet sich in der Erprobung.

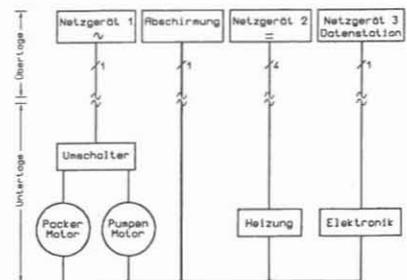


Abb. 3: Konzept der Energieversorgung

Numerische Modellierung

ist notwendig, um die Sondendimensionen zu optimieren. Mit einer 3D-FD-Modellierung werden Parameter wie Sondenlänge, erfaßtes Gesteinsvolumen, benötigte Heizzeit u.a. untersucht. Hiernach unterscheiden sich die Ergebnisse einer 4 m langen Quelle nur geringfügig von denen einer unendlichen Quelle (Abb. 4). Mit einem Extrapolations-Verfahren läßt sich die Berechnung weiter optimieren, sodaß eine Quellenlänge von 4 m für eine 8 1/2" Bohrung festgelegt wurde.

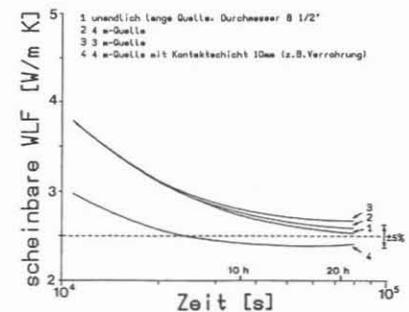


Abb. 4: Einfluß der Quellenlänge und einer eventuellen Kontaktschicht. Ergebnisse der 3D-FD-Modellierung für:
Bohrung 8 1/2"
Wärmeleitfähigkeit des Gesteins 2.5 W/m K

Die physikalische Modellierung

erfolgt an einem 1:1 Bohrlochmodell. Hiermit werden u.a. die Strömungsverhältnisse im Meßraum unter dem Einfluß unterschiedlicher rheologischer Eigenschaften der Spülung untersucht und im Sinne einer isothermen Quelle optimiert. In einem weiteren Ausbau ist die Simulation von Gesteins-Wärmeleitfähigkeiten zur Kalibrierung der Sonde geplant.

Die Fertigstellung

der Sonde für Einsatzstiefen bis 3000 m ist für Ende 1988 geplant.

Literatur:

Villinger, H. (1983): In situ Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit in Bohrungen, Dissertation, Technische Universität Berlin