

Magnetfeldmessungen in der KTB-Hauptbohrung

Fieberg, F.C., Glatfmeier, K.-H., Kuhnke, F.K., Weddig, S.
 Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig

Die KTB-Lokation liegt im Zentrum einer starken magnetischen Anomalie, die aus aeromagnetischen Messungen und Beobachtungen an der Erdoberfläche bekannt ist (vgl. z. B. Pucher und Wonik, 1990). Zur Vermessung des magnetischen Feldes in der übertiefen Hauptbohrung wurde an unserem Institut ein 3-Achs-Fluxgate-Magnetometer als Hochtemperatursonde (bis 300° C) entwickelt. Das Instrument hat eine Auflösung von 0,1 nT und verfügt in seiner letzten Version über eine aktive Kompensation von Temperatureinflüssen im Sensor (vgl. Kuhnke und Musmann, 1991). Systematische Fehler durch den nicht exakt rechtwinkligen Aufbau des Sensortrips, die zu den für 3-Achs-Magnetometer typischen "Headings" führen, konnten durch einen Entzerrungsalgorithmus eliminiert werden. Damit verfügt das Gerät über eine hohe absolute Genauigkeit von ±10 nT über den gesamten Arbeitsbereich.

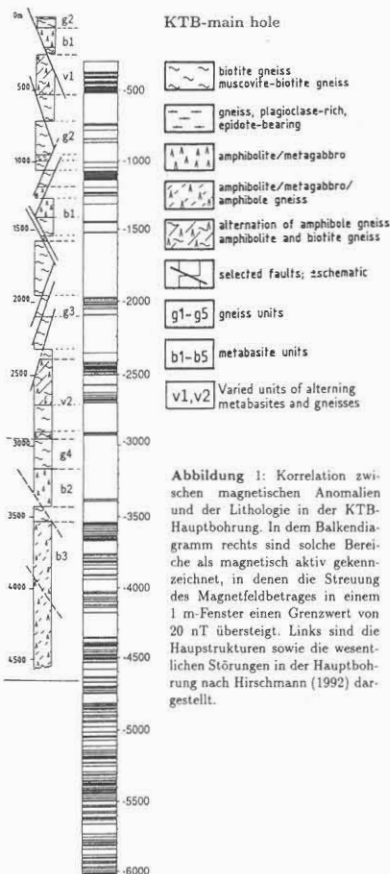


Abbildung 1: Korrelation zwischen magnetischen Anomalien und der Lithologie in der KTB-Hauptbohrung. In dem Balkendiagramm rechts sind solche Bereiche als magnetisch aktiv gekennzeichnet, in denen die Streuung des Magnetfeldbetrages in einem 1 m-Fenster einen Grenzwert von 20 nT übersteigt. Links sind die Hauptstrukturen sowie die wesentlichen Störungen in der Hauptbohrung nach Hirschmann (1992) dargestellt.

Mit der Sonde konnte die Hauptbohrung bisher im Bereich 300 m - 6000 m vermessen werden, für die Vorbohrung liegen Daten von 500 m bis 3700 m vor. Es wurde eine ganze Anzahl von direkt durchbohrten magnetischen Anomalien gefunden, die sich im Magnetiklog durch starke, kleinräumige Fluktuationen (Störfelder) bemerkbar machen. In Abb. 1 sind diese "magnetisch aktiven" Bereiche dem lithologischen Profil (nach Hirschmann, 1992) gegenübergestellt. Die stärksten magnetischen Anomalien finden sich im Bereich der Wechsellagerung v1 zwischen 370 m und 520 m. Hier wurden Störfelder mit Amplituden von bis zu 5000 nT gemessen. In den darunterliegenden Anomalien bis 6000 m sind die Störfelder durchweg um etwa eine Größenordnung kleiner. Magnetische Anomalien treten in allen Gesteinstypen auf, zum Teil sind sie aber deutlich mit eingeschobenen Störungszonen korreliert (1080 m - 1150 m, 1970 m - 2110 m). Im oberen Teil der Bohrung sind die Anomalien scharf von der unmagnetisierten Umgebung getrennt, der b3/b4 Komplex unterhalb 3515 m dagegen ist durchgehend leicht magnetisiert.

Die starken Magnetfeldfluktuationen in den durchbohrten Anomalien deuten auf einen sehr heterogenen Aufbau der Magnetisierung im Gestein hin. Zur Bestimmung einer mittleren Magnetisierung wurden die Daten zunächst tiefpaßgefiltert, das Ergebnis ist in Abb. 2 zu sehen. Für eine erste Interpretation der einzelnen Anomalien wurden homogen magnetisierte, horizontale Zylinder mit zentrischer Durchbohrung zugrundegelegt. Die Modellparameter wurden so gewählt, daß die gemessene Horizontal- und Vertikalkomponente des Magnetfeldes im Bereich der Anomalie möglichst gut angepaßt wird. Dabei mußte fast durchweg eine stärkere horizontale als vertikale Magnetisierung angenommen werden (bei rein induzierter Magnetisierung wäre das Verhältnis genau umgekehrt). In Abb. 2 sind die Ergebnisse für die stärksten der in Abb. 1 aufgeführten Anomalien zusammengefaßt, die berechneten Magnetisierungen liegen im Bereich 0,02 A/m - 1 A/m. Als ungestörtes Normalfeld wurde das IGRF zugrundegelegt. Die lokal erbohrten magnetischen Anomalien lassen sich mit Hilfe dieses einfachen Modells erklären.

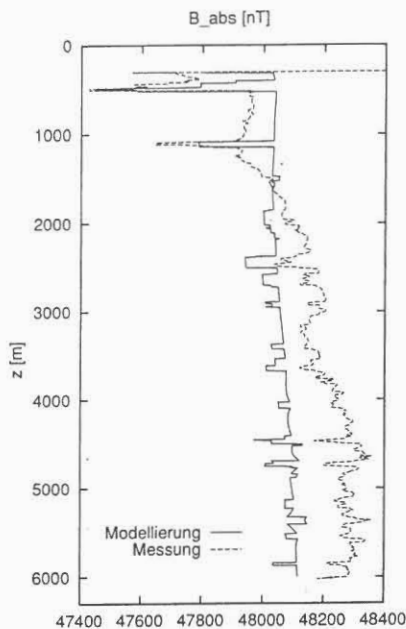


Abbildung 2: Modellrechnung für die kleinräumigen Anomalien in der KTB-Hauptbohrung. Die durchgezogene Linie zeigt den Betrag des Magnetfeldes als Ergebnis einer Modellierung für die stärksten der in Abb. 1 aufgeführten Anomalien. Als ungestörtes Normalfeld wurde das IGRF zugrundegelegt. Gestrichelt sind die gefilterten Daten dargestellt (laufender 40 m-Median-Tiefpaß).

Darüberhinaus tritt jedoch ein großräumiger Trend im Magnetfeld auf, der nicht auf die durchbohrten, magnetisierten Bereiche zurückgeführt werden kann. Besonders deutlich ist er in der Komponentendarstellung des Magnetfeldes in Abb. 3 zu sehen. Der obere Bereich bis etwa 2,5 km kann in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Aeromagnetik auf Einflüsse oberflächennaher Störkörper in der weiteren Umgebung der KTB-Lokation zurückgeführt werden. Ein entsprechendes Modell findet sich bei Bosum et al. (1993). Zur Erklärung der Gradienten im unteren Teil der Bohrung wurden von uns zwei Modelle mit einer tiefen- (also temperatur-) abhängigen Magnetisierung und tiefliegenden magnetisierten Störkörpern zwischen 7 km und 9 km vorgestellt (s. Fieberg et al., 1993). Tatsächlich wurde inzwischen, wie in Abb. 4 zu sehen, im Bereich 7320 m bis 7880 m ein sehr starker magnetischer Störkörper erbohrt. Aufbauend auf diesem Befund berechneten wir ein neues Modell, dessen Ergebnisse in Abb. 3 mit eingezeichnet sind. Das Modell geht von einer tiefliegenden magnetisierten Schicht (Zylinderradius 3 km) zwischen 7,3 km und 7,9 km aus. Die Magnetisierung weist eine Stärke von 2 A/m,

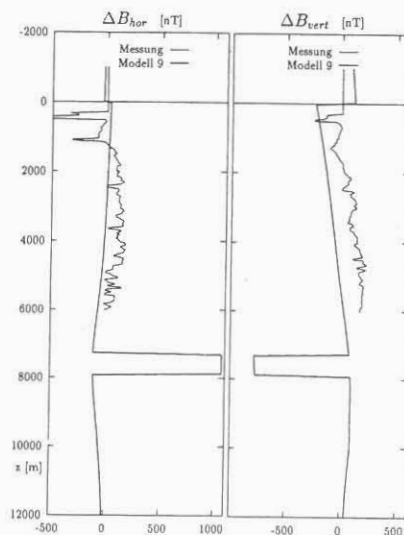


Abbildung 3: Horizontal- und Vertikalkomponente der magnetischen Störfelder in der KTB-Hauptbohrung. Dargestellt sind die Residuen zwischen den gefilterten Daten (laufender 40 m-Median-Tiefpaß) und dem IGRF als ungestörtem Normalfeld. Das eingezeichnete Modell geht von einem tiefliegenden magnetisierten Störkörper zwischen 7,3 km und 7,9 km und einer mit der Tiefe abnehmenden induzierten Magnetisierung aus (Einzelheiten s. Text).

eine Inklination von 20° und eine Deklination von 0° auf. Zusätzlich tritt in einem Bereich von 5 km um die Bohrung eine induzierte Magnetisierung auf, die von 0,3 A/m an der Oberfläche auf 0 A/m in 10 km Tiefe abnimmt. Das Modell beschreibt die gemessenen Gradienten bis 6 km Tiefe gut, der Verlauf der Vertikalkomponente in den untersten hundert Metern der Bohrung deutet aber möglicherweise auf weitere, bisher nicht berücksichtigte Störkörper hin.

Trotz intensiver Bemühungen war es nicht möglich, unsere magnetische Vermessung der Hauptbohrung fortzusetzen, da die hierfür benötigten Meßzeit nicht freigegeben bzw. aus Sicherheitsgründen eine Einfahrt nicht gestattet wurde. Daher liegen unterhalb von 6 km keine hochauflösenden Magnetikdaten vor. Die Bohrung wurde bereits bis 8,6 km verbohrt, so daß auch eine nachträgliche Vermessung nicht mehr möglich ist. Als einziges Magnetometer wurde ein Schlumberger GPIT gefahren, dessen Daten im nachhinein von uns entzerrt werden konnten. Das Ergebnis ist der in Abb. 4 dargestellte Magnetfeldbetrag, der zumindest eine qualitative Ansprache der magnetisierten Bereiche ermöglicht. Demnach setzt sich die ab ca. 3500 m auftretende durchgehend leicht magnetisierte Einheit (nach Hirschmann: b3, b4) bis ca. 6600 m fort. Es folgt ein magnetisch eher ruhiger Bereich (v3). Die bislang stärkste magnetische Anomalie in der gesamten Hauptbohrung mit Störfeldern von z. T. mehr als 5000 nT schließt sich von 7320 m bis 7880 m an (v4). Auch die magnetische Suszeptibilität der Cuttings (Förnrohr et al., 1994) weist hier mit $1.5 \cdot 10^{-2}$ SI die bislang höchsten Werte auf. Der darunterliegende Bereich bis 8630 m ist wiederum nur schwach magnetisch, insbesondere ab 8350 m. Eine quantitative Analyse der Daten zur Fortsetzung der Untersuchungen zum großräumigen Magnetfeldtrend ist wegen der geringeren Genauigkeit und vor allem der fehlenden Kalibrierung des GPIT-Tools nicht möglich. Wir hoffen jedoch weitere Aufschlüsse aus einer Vermessung des noch zu erbohrenden Bereiches bis 10 km zu gewinnen.

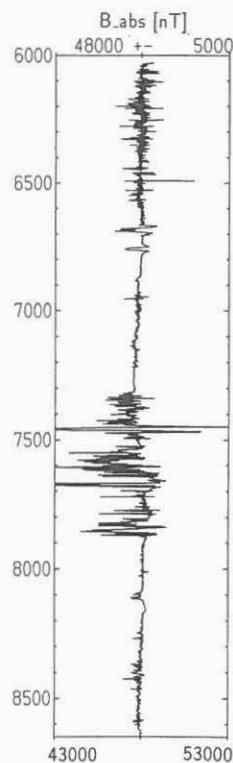


Abbildung 4: Der Magnetfeldbetrag in der KTB-Hauptbohrung, 6000 m - 8630 m. Dargestellt sind die Daten des Schlumberger GPIT, welches zur Orientierung der Sonde im FMS eingesetzt wurde (als "Kompaß" zur Bestimmung der Nordabweichung der Bohrung). Die Rohdaten wurden nachträglich mit den für unser Instrument entwickelten Verfahren aufbereitet. Dabei konnten Headings durch Fehlwinkel auf weniger als 200 nT reduziert werden, Temperatureinflüsse lassen sich jedoch nicht mehr berücksichtigen.

Literaturhinweise:

- Bosum, W., Röttger, B., Schmidt, H., 1993. Detailed Interpretation of Magnetic Anomalies in the KTB-Area in Connection with Boreholemagnetic Anomalies. *KTB-Report*, 93-2, 323 - 326.
- Fieberg, F., Worm, H.-U., Kuhnke, F., Bosum, W., 1993. Magnetic Anomalies in the KTB Pilot and the Main Drillholes. *KTB-Report*, 93-2, 337 - 342.
- Förnrohr, R., Köstler, H., Pribnow, D., Rauen, A., Spangenberg, E., Winter, H., 1994. Geo-Profil des KTB-Feldlabors, *Geowissenschaften* 12 (1994), Heft 4, 113.
- Hirschmann, G., 1992. The geological section of the KTB-Hauptbohrung - correlation with the KTB-Vorbohrung and preliminary structural interpretation. *KTB Report*, 92-2, B47 - B52.
- Kuhnke, F., Musmann, G., 1991. KTB high temperature triaxial magnetometer. *Scientific Drilling*, 2, 166 - 179.
- Pucher, R., Wonik, T., 1990. Eine Karte der Magnetfeldanomalien für die Umgebung der KTB-Bohrlokation in der Oberpfalz. *Geol. Jb.*, E 44, 3 - 13.