

Messungen mit dem Göttinger Bohrlochmagnetometer in der HSDP-Bohrung Hilo/Hawaii

E. Steveling, J. B. Stoll, M. Leven, Institut für Geophysik, Universität Göttingen

Die Hawaii-Inseln entstehen über einem Hot Spot. Dabei werden die Inseln durch einen nahezu ständigen Lavafluß schichtweise aufgebaut. Ein Teil dieser Schichten wird von der Hilo-Hauptbohrung durchteuft. Zum Zeitpunkt unserer Messungen im Juni/Juli 1999 war die Bohrung bis zu einer Teufe von 604m verrohrt und vom Rohrschuh bis zur Endteufe bei 1820m auf etwa 250mm bis 380mm Durchmesser erweitert worden. Das Alter der Lavaflüsse bei Endteufe beträgt etwa 500ka.

Messungen

Gemessen wurde mit dem Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM), das neben einer 3-achsigen Förstersonde auch einen 2-achsigen Neigungsmesser enthält. Zwei unmagnetische Zentrierer sorgten während der Sondenfahrt für eine zentrische Führung. Registriert wurde mit einer Magnetometer-Auflösung von 12nT und einer Digitalisierungsrate von 1Hz. Da die Göttinger Aufzeichnungseinheit keinen Teufenmesser enthält, lief gleichzeitig ein GFZ-Datenlogger mit, so daß über parallel aufgezeichnete Uhrzeiten beider Systeme eine Teufenzuordnung möglich war. Aus einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 0.1m/s und der Digitalisierungsrate folgt eine Teufenauflösung von etwa 0.1m.

Zur Überprüfung des Meßsystems, einer Nullpunktkorrektur der Neigungsmesser und einer Bestimmung des erdmagnetischen Hauptfeldes an der Erdoberfläche wurde das GBM zunächst senkrecht auf dem Bohrplatz aufgestellt und nach geomagnetisch Nord ausgerichtet. Folgende Hauptfeldelemente wurden mit dem GBM bestimmt (in Klammern die mit dem IGRF95 berechneten Werte): Horizontal $H_0 = 28720\text{nT}$ (28091nT), Vertikal $Z_0 = 21140\text{nT}$ (21090nT), Total $F_0 = 35660\text{nT}$ (35127nT), Inklination $I_0 = 36^\circ 24'$ ($36^\circ 54'$). Berücksichtigt man, daß der Bohrplatz in einem aufgelassenen Basaltsteinbruch lag und in der näheren Umgebung viele bohrtechnische Eisenkonstruktionen waren, ist die Übereinstimmung zwischen GBM-Messung und IGRF95 hinreichend gut.

Darstellung von Magnetik-Logs

Mit dem GBM erfolgen die Messungen in einem sondenfesten x, y, z – System. Ein typischer Verlauf der diesen Achsen zugeordneten X, Y, Z - Magnetfeldkomponenten ist in den 3 linken Spalten von Abb. 1 wiedergegeben. In X und Y sieht man in erster Linie die durch Rotation der Sonde im horizontalen erdmagnetischen Feld während der Sondenfahrt verursachte Magnetfeldvariationen. Da die Hilo-Bohrung nahezu senkrecht (siehe Abb. 2) abgeteuft wurde, war der Z-Magnetfeldsensor vertikal orientiert, hat also immer das vertikale Hauptfeld Z registriert.

Die beiden rechten Spalten geben die aus den Komponenten berechneten Horizontal- und Totalfelder wieder. Die Feldelemente Z, H und F sind bei Ein- und Ausfahrt der Sonde fast deckungsgleich, abgesehen von etwa 0.5m Teufenversatz. Man kann also davon ausgehen, daß jede Magnetfeldauslenkung in dieser und den beiden folgenden Abbildungen deutlich über dem Rauschpegel liegt und eine gesteinsmagnetische Ursache hat!

Für den gesamten unverrohrten Bereich sind die Messungen in Abb. 2 zusammengestellt. Auffallend ist erstens, daß es bezüglich der Magnetfeldvariationen „gestörte“ und „ungestörte“ Teufenbereiche gibt. Bei etwa 1090m liegt der Übergang vom subaerischen zum submarinen Bereich. Offenbar zeichnet sich der subaerische Bereich durch besonders große

Magnetfeldvariationen ab. Andeutungsweise, aber nicht immer, ist auch eine Korrelation mit dem Caliper, also Bohrlochwandausbrüchen, zu vermuten.

Dann ist zweitens ein Trend im Verlauf der Magnetfeldelemente zu erkennen. Von oben nach unten nimmt die Vertikalkomponente Z um etwa 2000nT zu, die Horizontalkomponente H um etwa 1000nT ab und die Inklination I um etwa 5° zu. Z, H und I haben bei der Endteufe etwa wieder ihren Oberflächenwert erreicht. Das Totalfeld F variiert um den Oberflächenwert F_0 .

In Abb. 3 werden die Magnetometer-Daten mit der aus Bohrkernen bekannten Lithologie verglichen. Im „Differential Magnetic Field Vector“ sind zwar deutlich Strukturen zu erkennen, doch haben diese vermutlich nichts mit der Wechselfolge von aa-Lava und pahoehoe-Lava im subaerischen Bereich (oben) zu tun. Im submarinen Bereich (unten) dagegen, wo Hyaloclastite und massive Laven einander abwechseln, ist eine gute Korrelation gestörter Magnetfelder mit massiven Laven zu erkennen.

Ausblick

Sobald Suszeptibilitäten von Bohrkernen vorliegen, soll eine Trennung von induzierter und remanenter Magnetisierung versucht werden. Dann sind 3 Ziele erreichbar:

- 3D-Modellierung des regionalen Magnetfeldes unter Einbeziehung von Aeromagnetik
- Bestimmung von magnetischen Events
- Korrelation zwischen Magnetik und Lithologie

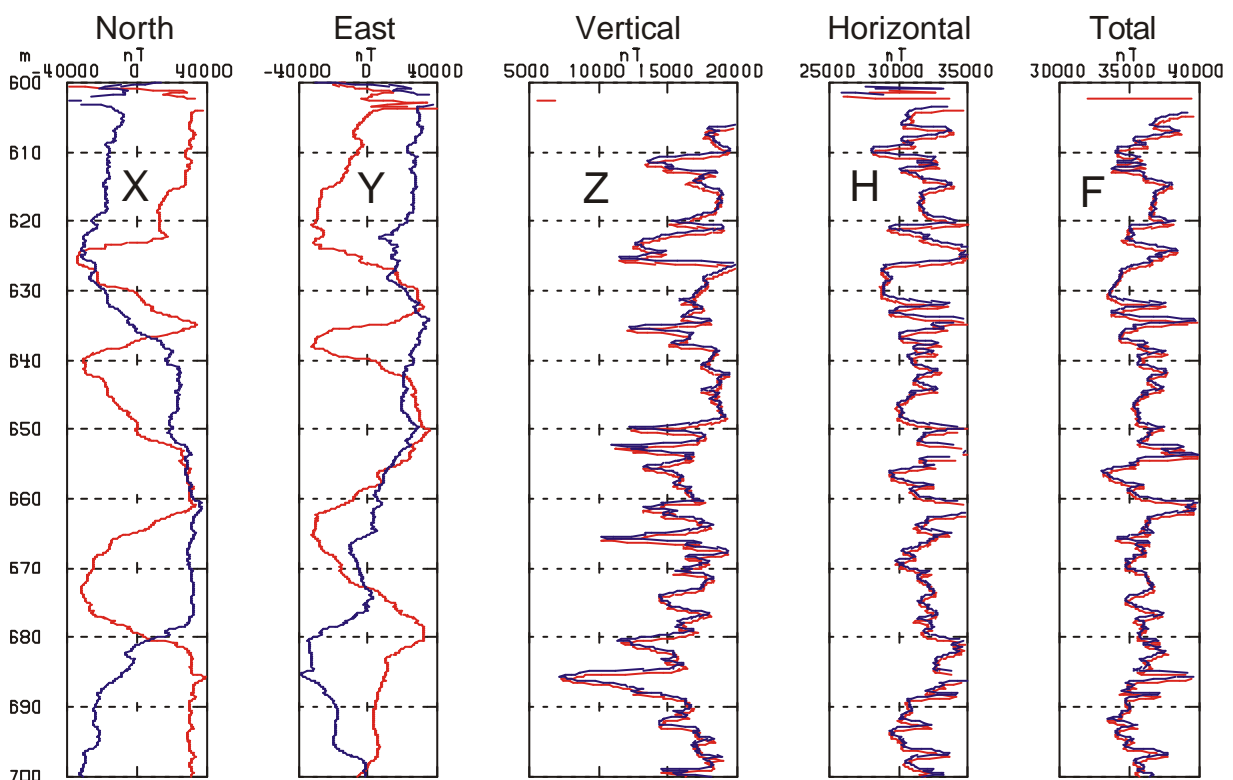


Abb. 1: Sowohl beim Ein- als auch beim Ausfahren der Sonde registriertes Teufenintervall von 600m bis 700m. X, Y sind die auf das Bohrlochmagnetometer bezogenen Nord- bzw. Ost-Komponenten. Die großen Oszillationen von etwa ± 28000 nT werden durch die Rotation der Sonde im horizontalen erdmagnetischen Feld H verursacht. Wegen der fast senkrechten Bohrung entspricht die dargestellte Z-Komponente dem tatsächlichen erdmagnetischen Feld Z. Das Horizontalfeld H und das Totalfeld F wurden aus X, Y, Z berechnet. Abgesehen von einer kleinen Teufendifferenz stimmen Z, H, F bei Ein- und Ausfahrt sehr gut überein.

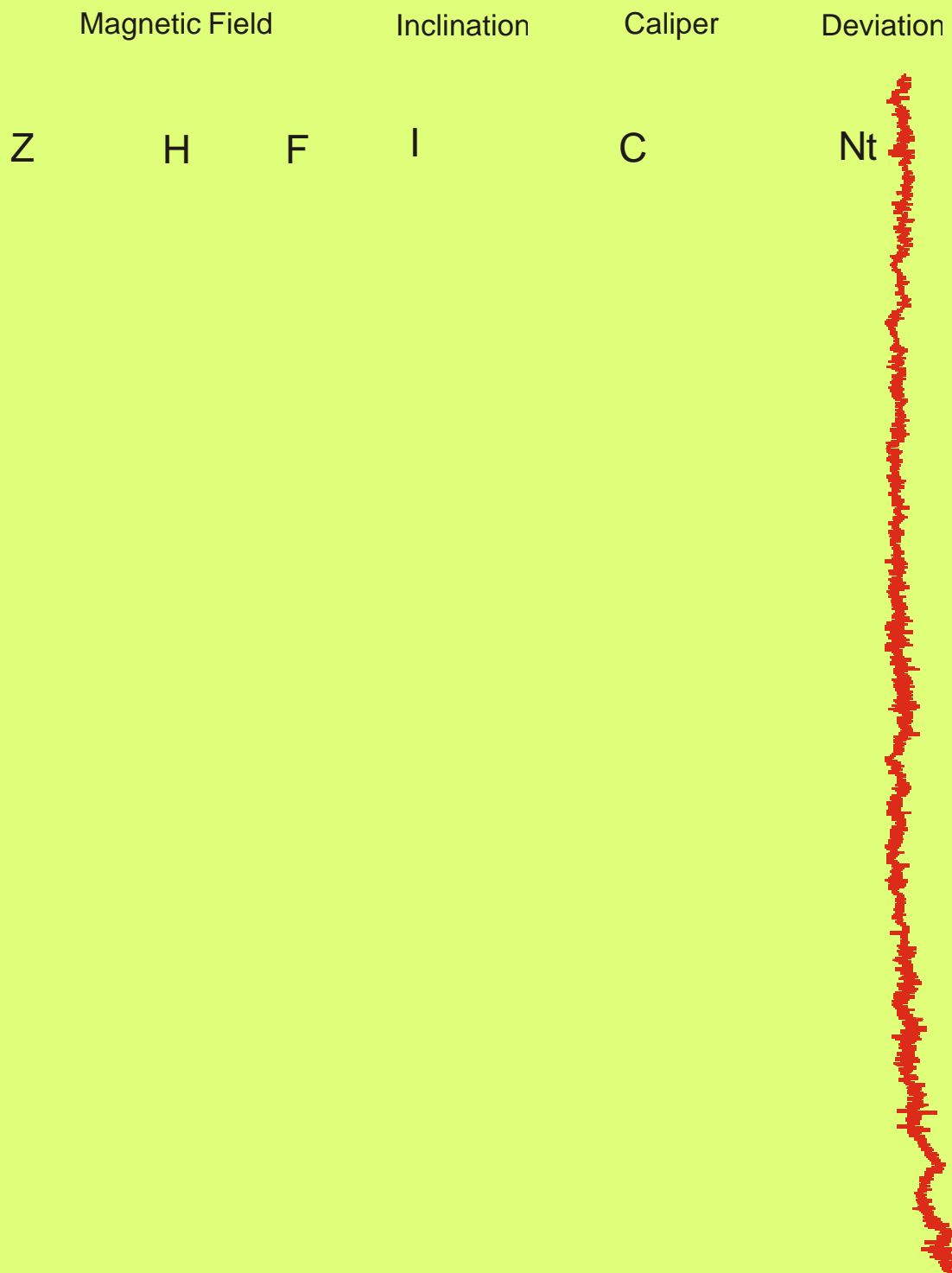


Abb. 2: Gesamter vermessener Teufenbereich vom Ende der Stahlverrohrung bei 604m bis zur Endteufe 1820m. Z ist die gemessene Vertikalkomponente, H die aus X und Y berechnete Horizontalkomponente, F die aus X, Y, Z berechnete Totalkomponente, I die aus Z und H berechnete Inklination des erdmagnetischen Feldes. C ist ein Caliper-Log der Universität von Hawaii, Nt die totale Neigung der Bohrung, berechnet aus N_x und N_y , den mit dem Bohrlochmagnetometer gemessenen Neigungskomponenten. Die vertikalen Linien neben Z, H, F, und I sind die aus dem IGRF95 berechneten Werte an der Erdoberfläche für die Elemente des erdmagnetischen Hauptfeldes (Z_0 , H_0 , F_0 , I_0).

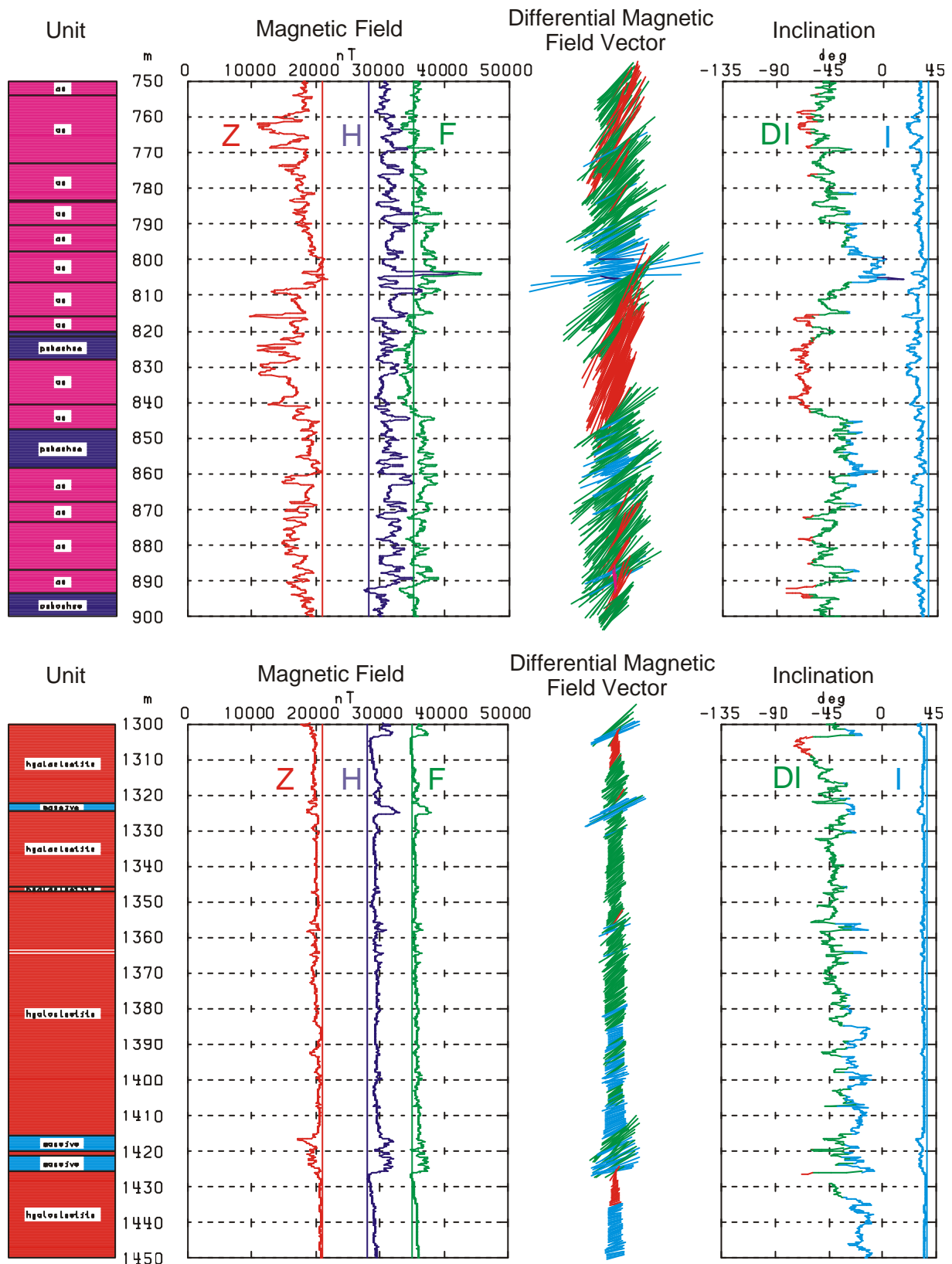


Abb.3: Vergleich der Magnetometer-Messungen mit der Lithologie. Die Lithologie ist links als Flow Units der Lavaströme angegeben. Für die Darstellung des „Differential Magnetic Field Vector“ wurde das Oberflächenfeld abgezogen, horizontal ist also $H-H_0$ und vertikal $Z-Z_0$ aufgetragen worden. Die Richtung des Vektors ist rechts daneben zusätzlich als Inklinationswinkel DI angegeben. Der Tiefenbereich 750m bis 900m (oben) ist subaerisch, der Bereich 1300m bis 1450m (unten) submarin.