

Schnelle Änderung des Erdmagnetfeldes

Das Magnetfeld der Erde entsteht nach heutigen Theorien durch elektrische Ströme im äußeren Erdkern (2900 bis 5100 km). Als dessen Hauptbestandteil wird flüssiges Eisen angenommen. Wegen des Temperaturunterschieds zwischen der Grenze zum inneren Kern und der Kern-Mantel-Grenze oder wegen Unterschieden im Chemismus bildet sich eine konvektive Strömung aus, in der durch das anfangs vorhandene Magnetfeld Ströme induziert werden. Diese erzeugen ihrerseits wiederum das Magnetfeld (Dynamoeffekt). Ändern sich die Strömungen, so kann sich die Polarität des Feldes umkehren. Solche Feldumkehrungen gab es in der Erdgeschichte häufiger. So findet man am mittelozeanischen Rücken „Streifenmuster“ mit abwechselnd normaler und inverser Polarität. Für die Übergangszeit von der einen zur anderen Polarität werden 2–10.000 Jahre veranschlagt (SOFFEL 1991).

Nun haben COE et al. (1995) in Lavaergüssen bei Steens Mountain (Oregon) eine Winkeländerung der Magnetfeldrichtung der Erde von etwa 6 Grad pro Tag nachgewiesen. Dies ist 1000mal schneller als die heute beobachtete Rate.

Die Konservierung der Feldrichtung funktioniert wie folgt: Erhitzt man ein magnetisierbares Material über eine gewisse Temperatur T_c (Curie-Temperatur), so verliert es seine Magnetisierung bis auf einen kleinen Anteil. Kühlt es sich dann wieder unter T_c ab, so behält das Gestein eine remanente (d. h. unabhängig vom äußeren Magnetfeld vorhandene) Magnetisierung in Richtung des Magnetfeldes zum Abkühlungszeitpunkt. Falls keine nachträgliche Veränderungen mehr erfolgen, dokumentiert das Gestein so die Richtung und Intensität des Erdfeldes.

Die Wissenschaftler hatten bereits früher (PRÉVOT et al. 1985) 56 Lavaschichten untersucht, die radiometrisch auf 16,2 Ma datiert wurden. Diese dokumentieren eine Umpolung des Erdmagnetfeldes von inverser zu normaler Polarität. Dabei treten neben vielen kleineren Änderungen drei Sprünge in der Magnetisierungsrichtung auf, d. h. zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schichten ist ein großer Unterschied in der Richtung der Magnetisierung festzustellen. Den ersten dieser Sprünge untersuchten die Autoren vor einigen Jahren (COE et al. 1989) und fanden eine Änderungsrate von 3 Grad pro Tag, konnten aber damals eine viskose Magnetisierung des Gesteins nicht ausschließen. (Unter viskoser Magnetisierung wird ein zeitlich verzögertes Einstellen der Magnetisierung unter dem Einfluß eines außerhalb des Gesteins wirkenden Magnetfeldes verstanden.) Deshalb wurde der zweite Sprung nun genauer untersucht. Die Magnetisierung wurde für verschiedene Höhen über der

Schichtgrenze für mehrere Schichten gemessen (Abb. 1). Dabei zeigte sich, daß die Magnetisierungsrichtung im Inneren der Schicht D41 um bis zu 60 Grad von der der darunterliegenden D42 abweicht, während sie an den Grenzflächen von D41 unverändert ist. Die Abweichung in D41 liegt dabei immer zwischen der alten D42-Richtung und der neuen der darüberliegenden Schichten. Dies entspricht genau der Erwartung, wenn sich die Feldrichtung während des Abkühlens von D41 geändert hat. Denn ein Lavaerguß kühlt im Inneren langsamer ab als an den Grenzflächen, so daß T_c dort später unterschritten wird und das Innere die Feldrichtung zu einem späteren Zeitpunkt dokumentiert.

Die Autoren diskutieren verschiedene Effekte, die zu falschen Ergebnissen führen können. Nachträgliches Erhitzen scheidet wegen der mit D42 übereinstimmenden Magnetisierung der oberen Schichtgrenze von D41 aus. In D41 könnte horizontal ein neuer Erguß eingedrungen sein. Dieser müßte aber vor dem Erstarren eingedrungen sein, da er sonst im Gefüge zu erkennen wäre. In diesem Fall kann er aber die Größenordnung der Abkühlungsdauer nicht wesentlich verändern, so daß diese Erklärungsmöglichkeit ausscheidet. Für eine materialbedingte Abweichung der Magnetisierungsrichtung von der des erzeugenden Feldes (magnetische Anisotropie), die eine starke Richtungsänderung bewirken könnte, fanden die Autoren keine Hinweise. Da alle beobachteten Richtungen weit von der Gleichgewichtslage des Erdfeldes entfernt sind und der Viskositätsindex (er beschreibt die Änderung der Feldrichtung pro Zeit) in D41 nicht mit der beobachteten Winkelabweichung korreliert ist, ist eine nachträgliche viskose Änderung (s. o.) als Erklärung nicht möglich.

**Diese Ergebnisse sind mit dem
herkömmlichen Bild vom Erdinnern
schwerlich in Einklang zu bringen.**

Für eine Ummagnetisierung durch chemische Prozesse finden die Autoren nach Untersuchungen zur Mineralogie und Korngröße keine Hinweise. Modellrechnungen zur Abkühlung der Schicht D41 mit verschiedenen Materialgrößen ergeben, daß die Abkühlung in der Nähe des Punktes am längsten dauert, der die größte Abweichung zeigt. Außerdem ergibt sich aus der gleichen Rechnung, daß die Abkühlungszeit zwischen 6 und 15 Tagen liegt. Zudem zeigt sich ein Zusammenhang zwischen errechneter Abkühlungsdauer und Magnetfeldänderung: Die Magnetisierung ändert sich innerhalb der Schicht

kontinuierlich vom Wert vor dem Sprung zu dem Wert der maximalen Abweichung. Daraus ergibt sich eine Änderung pro Tag von ungefähr 6 Grad.

Diese Ergebnisse sind mit dem herkömmlichen Bild vom Erdinnern schwerlich in Einklang zu bringen. Eine schnelle Änderung des Magnetfelds im Erdkern sollte nämlich wegen der Leitfähigkeit des Erdmantels stark gedämpft werden, so daß sie an der Oberfläche nicht zu sehen sein sollte. Lediglich solche mit Perioden ab einem Jahr sollte man beobachten können. Die Autoren nehmen nun eine sehr geringe Leitfähigkeit des Mantels an und zeigen, daß Nichtdipolanteile des Feldes gerade noch Änderungen mit der beobachteten Geschwindigkeit bewirken könnten. Dazu müßte allerdings ihr Anteil am Magnetfeld unerwartet groß gewesen sein. Zweitens und noch wichtiger ist, daß Vorgänge, die eine Magnetfeldänderung bewirken können, um Größenordnungen schneller abgelaufen zu sein scheinen als die Theoretiker aufgrund der Dynamothorie erwarten. Dies könnte dafür sprechen, dass auch die Feldumkehrungen als Ganzes viel schneller ablaufen können, als bisher angenommen wird.

Oliver Beck

Literatur

COE RS & PRÉVOT M (1989) Evidence suggesting extremely rapid field variation during a geomagnetic reversal. *Earth planet. Sci. Lett.* 92, 292-298

COE RS, PRÉVOT M & CAMPS P (1995) New Evidence for extraordinarily rapid change of the geomagnetic field during a reversal. *Nature* 374, 687-692

MERRILL RT (1995) Principle of least astonishment. *Nature* 374, 674-675.

PRÉVOT M, MANKINEN EA, GROMME CS, COE RS (1985) How the geomagnetic field vector reverses polarity. *Nature* 316, 230-234

SOFFEL HC (1991) Paläomagnetismus und Archäomagnetismus. Berlin, Heidelberg, S. 208.

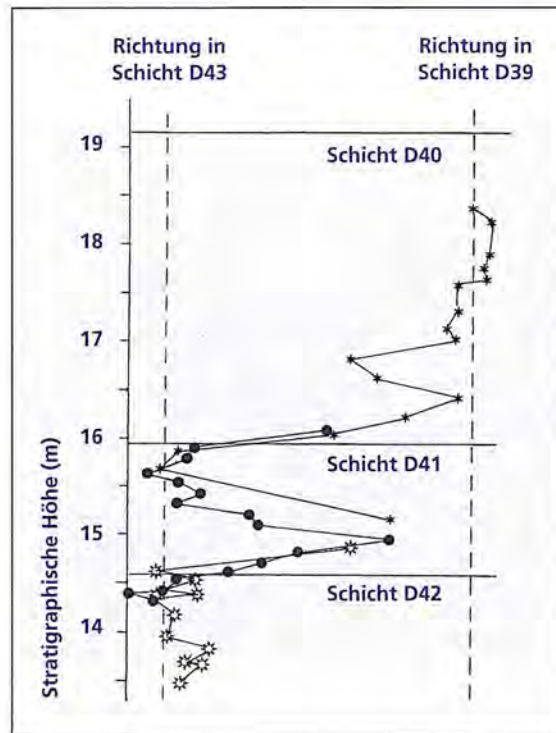


Abb. 1: Winkeländerung der remanenten Magnetisierung nach thermischer Demagnetisierung bis 500 °C in den Lavaschichten D42 bis D40. Näheres im Text. Für die verschiedenen vertikalen Profile wurden unterschiedliche Symbole verwendet. Nach COE et al. (1995).

Schnelle Evolution der Samenverbreitung bei Pflanzenpopulationen auf küstennahen Inseln

In letzter Zeit mehren sich Hinweise darauf, daß Mikroevolution sehr schnell ablaufen kann. Man vergleiche hierzu etwa die Beiträge über die Mikroevolution an Sonnenblumenarten (*Helianthus*) in dieser Ausgabe (KUTZELNIGG 1997) sowie über die Gauklerblumen (*Mimulus*) in *Studium Integrale Journal* 3/1 (KUTZELNIGG 1996).

Nun legen CODY & OVERTON (1996) als weiteres Beispiel schneller Evolution Untersuchungen über das Besiedlungsverhalten von küstennahen Inseln durch Pflanzen vor, die durch den Wind verbreitet werden. In der Familie der Korbblütler (Asteraceae) erfolgt die Windverbreitung der Früchte – die Fruchtwand umschließt hier fest den einzigen Samen – vielfach mit Hilfe eines schirmförmigen Haarkranzes oder Pappus. Die Situation ist z.B. durch den Löwenzahn allgemein bekannt (Schirmchenprinzip der Pustelblume, Abb. 1). Als Faust-

regel gilt, daß die Früchte desto besser fliegen, je größer der Schirm und je kleiner der Samenanteil ist. CODY & OVERTON untersuchten über acht Sommer hinweg das Verhalten verschiedener Korbblütler auf etwa 200 kleineren Inseln vor der kanadischen Westküste. Neun Arten wurden in die engere Wahl gezogen. Acht davon sind bekannte Arten Mitteleuropas, die sich in der dortigen Gegend eingebürgert haben. Die deutlichsten Ergebnisse lieferten der Mauerlattich (*Myelis muralis*, Abb. 2) und das Gemeine Ferkelkraut (*Hypochoeris radicata*). Das sind ausdauernde, krautige Pflanzen, die sowohl auf dem Festland als auch auf den Inseln inzwischen häufig sind.

Die Untersuchungen zeigten folgende Ergebnisse: In den ersten Jahren nach der Neubesiedlung war die Ausbreitungsfähigkeit relativ gut. Sie war besser als der Durchschnitt der Schwankungsbrei-



Abb. 1: Typischer Schirmchenbau einer Korbblütlerfrucht (Achäne) mit dem Pappus (Haarkranz).