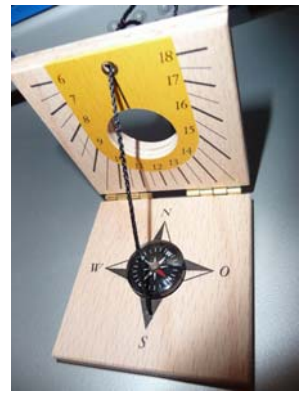


# Die Veränderung des Erdmagnetfeldes und ihre Folgen

Wird es zukünftig bei Reisesonnenuhren Probleme mit der Kompassausrichtung geben? →



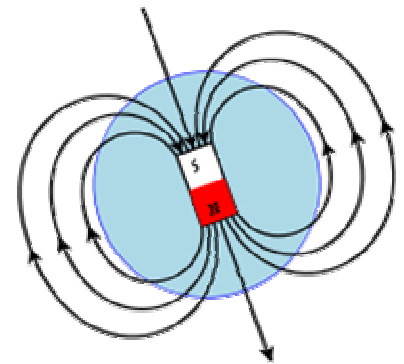
1. Wie entsteht ein Stabmagnet aus Stahl?

Bild 1 >

Eine der möglichen Methoden ist, das Eisenstück auf über 768° Celsius zu erhitzen, denn dann verliert der Stahl seine ferromagnetischen Eigenschaften. Der anschließende Abkühlungsvorgang findet in einem (möglichst starken) Dauermagnetfeld statt. Dabei richten sich die Eisen-Elementarmagnete nach dem fremden Magnetfeld aus, und verharren in kaltem Zustand in dieser Lage. – ein Magnet ist entstanden.

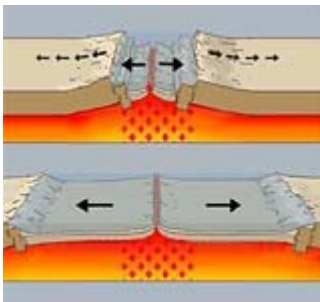
2. Auch die Erde besitzt ein Magnetfeld. Dessen Stärke und Richtung verändert sich in erdgeschichtlichen Zeitabschnitten.

Bild 2 >



Woher weiß man das?

Bild 3



In den Tiefseeegräben der Ozeane quillt ständig heiße Magma hoch erkaltet vor Ort. Wie in einem Förderband wandert dabei der Meeresboden von der Bruchkante weg (Kontinentaldrift) und es entsteht durch ständigen Magma-Nachschub kontinuierlich neuer Meeresboden. Die in der eisenhaltigen Magma enthaltenen Molekularmagnete richten sich im Erdmagnetfeld beim Erstarrungsvorgang dauerhaft aus. Dadurch sind die letzten 100 Millionen Jahre magnetischer Erdgeschichte gut dokumentiert:

**Erkenntnis.**

**Alle 200 000 Jahre polt sich das Erdmagnetfeld um (Mittelwert).  
Doch der letzte Polwechsel fand vor 780 000 Jahren statt.  
Eine Umpolung ist also praktisch überfällig.**

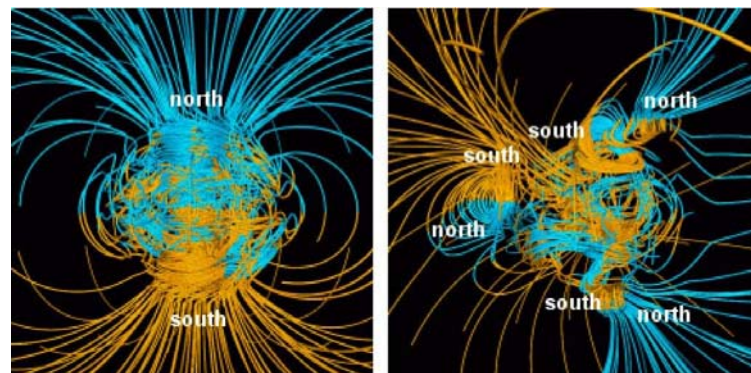
**Vor 780 000 Jahren gab es noch keinen Menschen!**

**Wir besitzen also keine Erfahrung mit diesem Ereignis, können die Folgen nur erahnen!**

Welche Zeit benötigt der Wechsel und wie verläuft er?

Bild 4 >

In **4000 bis 10 000 Jahren**. Er beginnt mit der Abnahme der mag. Feldstärke, und einer schnelleren „Wanderung“ der Magnetpole. Später entstehen mehrere Polpaare. (viele Magnetnord- und viele Magnetsüdpole auf der Erdoberfläche).



Wie verhielt sich das Erdmagnetfeld in jüngster Vergangenheit?

**Bild 5** >

In den letzten 180 Jahren hat die mag. Feldstärke um knapp 10% abgenommen, davon 6% im 20. Jahrhundert.

Die jährliche Wanderung der Magnetpole hat sich von 30km/Jahrauf 50km/Jahr gesteigert.

- das sind über 130 Meter pro Tag und entspricht der Geschwindigkeit einer „schnellen“ Schnecke.



Wanderung des arktischen Magnetpols

3. Wie stark ist das Erdmagnetfeld.

Stärke: am Äquator ca.30Mykro-Tesla an den Polen ca. doppelt so stark.

Hier ca. 45 Mikro-Tesla. Zum Vergleich: Im Kernspintumograph 3 Tesla.

4. Wie viel Energie steckt im Erdmagnetfeld?

Im äußeren Magnetfeld der Erde stecken ca.  $10^{18}$  Joule.

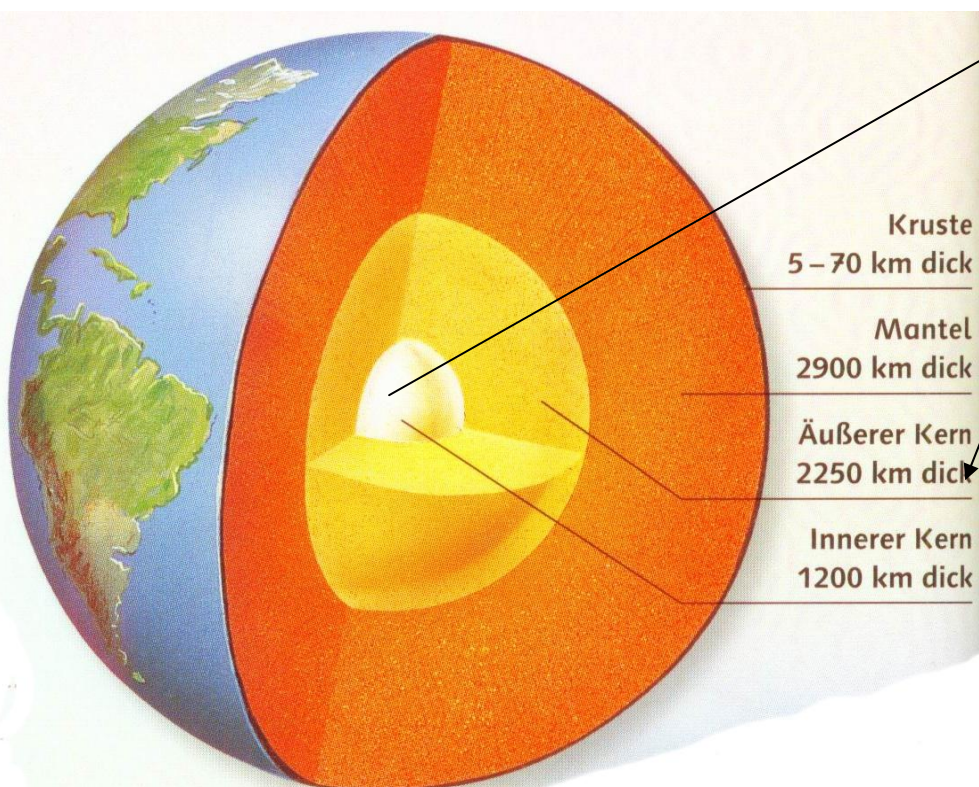
Das entspricht ca. dem halbjährlichen Stromverbrauch in Deutschland.

Die Ursache des Erdmagnetfeldes.

**Bild 6**

Ab 20km Tiefe ist die Temperatur größer als  $800^{\circ}$  Celsius. Daher kann das Erdmagnetfeld nicht ferromagnetisch sein. Lediglich die Erdkruste hat stellenweise die Eigenschaften eines Dauermagneten. Diese verzerren örtlich das Gesamt-Magnetfeld der Erde (z. B. im Bereich großer Eisenerz-Lagerstätten.)

Das Eisen im Erdinnern ist also nicht selbst magnetisch, das Erdmagnetfeld wird durch die bewegten freien Elektronen des Erdkerns erzeugt. Man spricht von einem **Geodynamo**.  
Im Einzelnen:



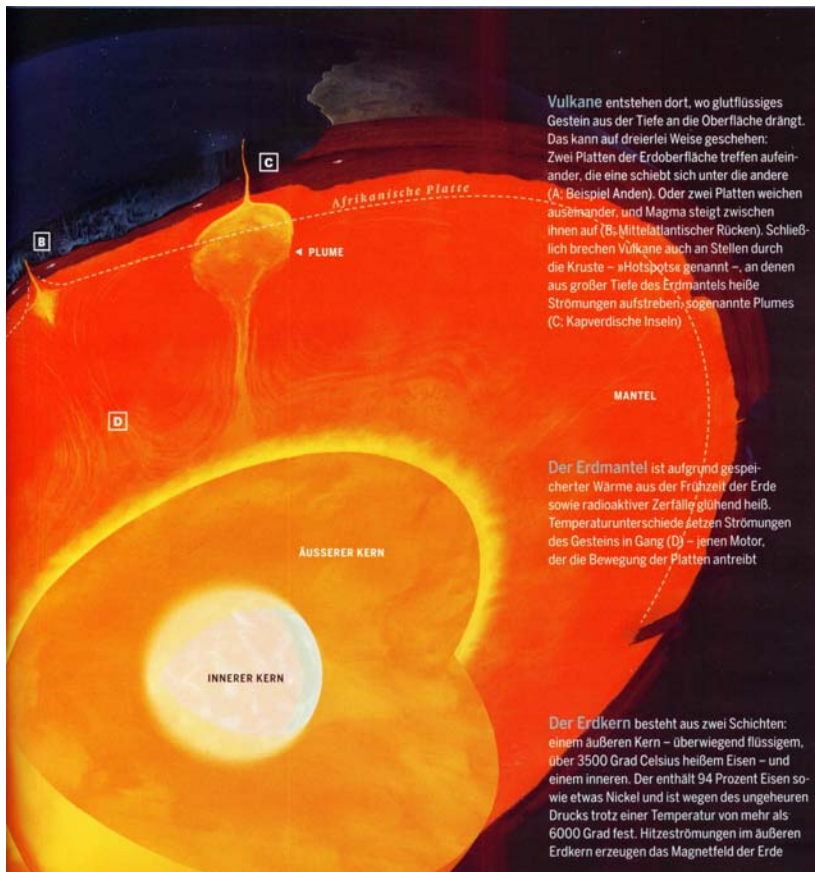
Der **innere Erdkern** besteht aus fast reinem Eisen, und ist durch den gewaltigen Druck **fest**.

Durch den Zerfall radioaktiver Elemente (Uran...) erzeugt er ständig Wärmeenergie.

Der **äußere Erdkern** hat das 6fache Volumen des Mondes, besteht aus Eisenverbindungen, und ist **dünflüssig**.



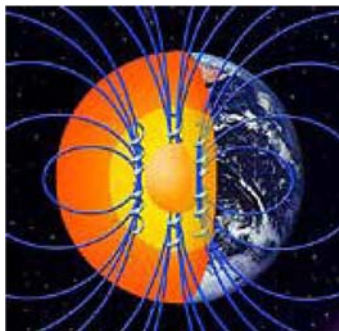
Bild 7



Der innere feste Kern schwebt also in einer Flüssigkeit. Daher rotiert er wahrscheinlich etwas langsamer als die übrigen Erdbestandteile. Zusätzlich heizt er durch radioaktiven Zerfall (Uran..) den äußeren Erdkern ständig auf. Durch den Wärmetransport „nach oben“ entstehen Konvektionsströme senkrecht zur Erdrotation. Die Corioliskräfte verdrehen diese Strömungen im äußeren Erdkern, so dass es trotz der geringen Drehzahlen zu höheren Geschwindigkeiten in den Verwirbelungszonen kommt. Da innerer wie äußerer Erdkern aus ionisiertem Eisen besteht ist das gesamte Material sehr gut elektrisch leitend. Durch die gegenseitigen Bewegungen werden el. Spannungen induziert, die hier starke Ströme hervorrufen. Diese erzeugen Magnetfelder, die ihrerseits die Induktionsspannungen erhöhen. Die verschiedenen Magnetfelder verstärken sich auf diese Weise selbst, so dass ein beträchtliches Gesamtmagnetfeld der Erde wirksam wird. Da der Entstehungsort der

Störungen unzugänglich ist, versucht man über unterschiedliche indirekte Messungen genaue Daten zu erheben.

Bild 8



Strömungsmodell des äußeren Erdkerns -

In Modellen des Strömungsverlaufs des flüssigen Kerns stießen Forscher auf eine zuvor unbekannt Torsionswelle, die alle sechs Jahre auftritt. Wenn sie diesen sich verwindenden Eisenstrom in die Berechnungen des Magnetfelds mit einbezogen, kamen sie auf eine Feldstärke von vier Millitesla im Erdkern – und damit in den Größenbereich der numerischen Vorhersagen. Damit war es erstmals gelungen, die auf geomagnetischen und geodätischen Daten beruhenden Ansätze mit den numerischen Simulationen der Vorgänge in Einklang zu bringen.

Über lange Zeiträume bewirken die Gezeitenreibung und andere Gravitationseinflüsse eine zunehmende „Verwirbelung“ des flüssigen äußeren Erdkerns. Dessen „Störmagnetfelder“ werden stärker und bewirken langfristig eine Richtungsänderung der Kernströmung. Durch den Drehimpuls der Flüssigkeit wird sich auch der äußere Kern weiterhin „mit der Erde drehen“ doch die magnetisch relevanten Turbulenzströmungen kreisen dann anders.

## 5. Die Auswirkungen des schwächeren Magnetfeldes.

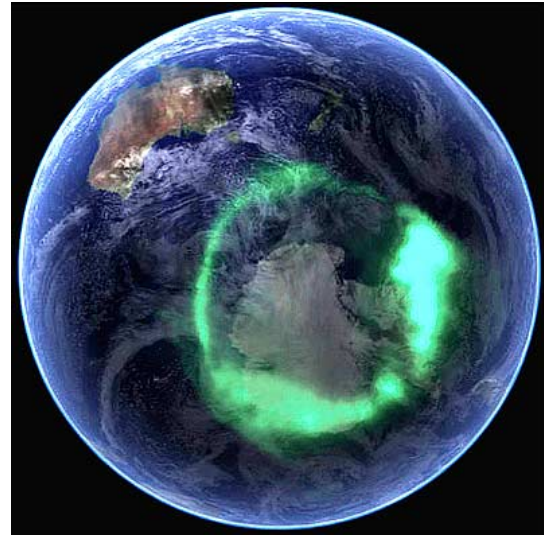
*Bild 9*

Das Erdmagnetfeld lenkt die geladenen Teilchen des Sonnenwindes ab und wird dadurch in großen Höhen stark verformt. An den magnetischen Polen ist dieser Schutz nicht gegeben, - Polarlichter sind die Folge. *Dieses gewaltige ringförmige Polarlicht um den Südpol wurde vom Weltraum aus fotografiert.* >

Dass der Sonnenwind Störungen in elektrischen Schaltkreisen verursachen kann ist bewiesen, - über entsprechende Schutzmaßnahmen wird man zukünftig nachdenken müssen.

Nach Meinung einiger Wissenschaftler kann ein fehlendes Magnetfeld das irdische Leben in seiner Gesamtheit nicht gefährden. Trotzdem fällt auf, dass in den Sedimentschichten aus Zeiten mit **schwachem Erdmagnetfeld ein häufigerer Artenwechsel von Kleinorganismen** stattfand. Wahrscheinlich ist die erhöhte Mutationsrate auf eine verstärkte Strahlung – den Sonnenwind - zurückzuführen.

Ob und wie die Menschheit einen „künstlichen magnetischen Abwehrschild“ erstellen muss ist derzeit nicht vorhersehbar. Bei diesem Projekt verbleibt uns ja „Gott sei Dank“ noch etwas Zeit.



Gnomonix