

Beispiel (Erdmagnetfeld¹): Als Erdmagnetfeld wird das die Erde umgebende und größtenteils vom so genannten Geodynamo erzeugte irdische Magnetfeld bezeichnet, also die Magnetosphäre der Erde. Der Hauptanteil des Feldes geht vom Erdkern aus und kann nahe der Erdoberfläche als Feld eines magnetischen Dipols beschrieben werden, welches oberhalb der Erdatmosphäre durch den Sonnenwind verformt wird. Die magnetischen Feldlinien treten im Wesentlichen auf der Südhalbkugel aus der Erde aus und durch die Nordhalbkugel wieder in die Erde ein. Im Erdmantel verändert sich die Form des Magnetfeldes zu einem Quadrupol- bzw. Multipolfeld.

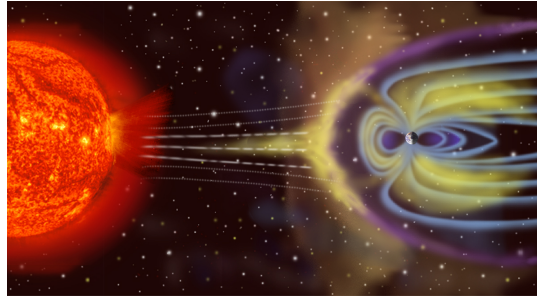


Abbildung 1: Die Magnetosphäre schirmt die Erdoberfläche von den geladenen Partikeln des Sonnenwindes ab (nichtmaßstabgetreue illustrierende Darstellung).

Die magnetischen Pole sind nicht ortsfest. Der arktische Magnetpol in Kanada wandert derzeit etwa 90 Meter pro Tag in Richtung Nord-Nordwest, entsprechend 30 Kilometer pro Jahr. Sowohl die Richtung als auch die Geschwindigkeit ändern sich fortlaufend.

In Inklinationskarten ist der Winkel des Magnetfeldes zur Erdoberfläche abhängig vom Ort aufgetragen. Wie der magnetische Pol wandert dieses Muster ständig. Wenn man alle Orte mit der Inklination Null – Magnetfeld verläuft parallel zum Boden – verbindet, erhält man den „magnetischen Äquator“.

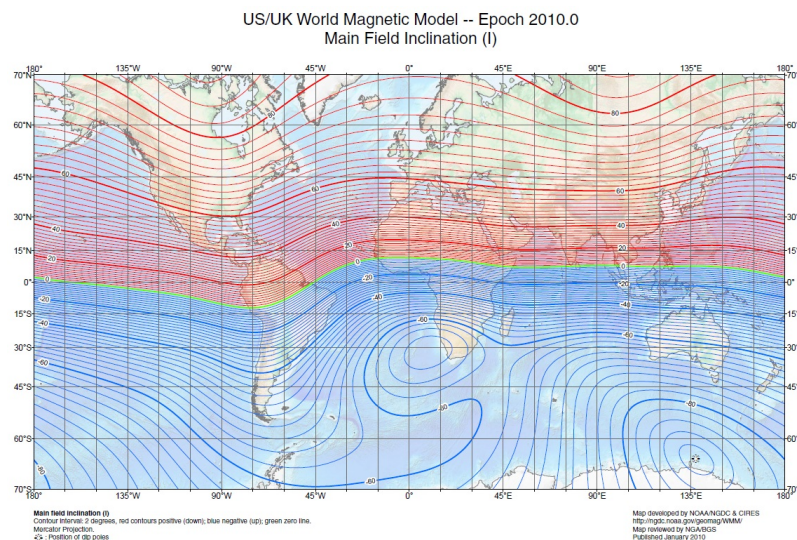


Abbildung 2: Inklinationskarte für 2010. Die grüne Isoklinie für 0° stellt den magnetischen Äquator dar.

Der Hauptanteil des Erdmagnetfeldes verändert sich nur sehr langsam (Säkularvariation) im Zeitraum von tausenden von Jahren. Heute ist seine horizontale Komponente auf weiten Teilen der Erdoberfläche grob in geographische Nord-Süd-Richtung gerichtet. Abweichungen von dieser Ausrichtung bezeichnet man als Missweisung oder Geographische Deklination. In mittleren und hohen Breiten kommt zu der nordweisenden Horizontalkomponente eine (deutlich stärkere) Vertikalkomponente hinzu, die auf der Nordhalbkugel nach unten, auf der Südhalbkugel nach oben weist. Den Inklinationswinkel der Feldlinien kann man mit einer Kompassnadel messen, deren Drehachse horizontal gelagert ist. Er beträgt in Deutschland etwa 60° gegen die Horizontale. Am magnetischen Nord- und Südpol ist er 90°, am magnetischen Äquator 0°.

In guten Magnetkompassen ist die Nadel so austariert, dass sie vor allem auf die Horizontalkomponente anspricht und daher in den meisten Gebieten etwa nach Norden weist. Am geomagnetischen Nordpol befindet sich aus physikalischer Sicht ein magnetischer Südpol. Daher wird dieser Pol besser als der nordanziehende Pol des Erdmagnetfeldes

¹Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdmagnetfeld>

bezeichnet oder als der im Norden liegende Pol des Erdmagnetfeldes. Der Magnetkompass wird bis heute zur Navigation eingesetzt.

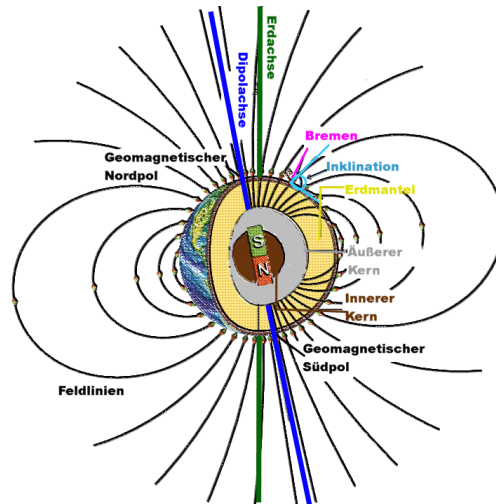


Abbildung 3: Das Erdmagnetfeld ist gegenüber der Erdachse verschoben und geneigt.

Bei geeigneter Wahl des Koordinatenursprungs und seiner Ausrichtung lässt sich das Erdmagnetfeld an der Oberfläche zurzeit zu 90 Prozent durch ein Dipolfeld beschreiben.

Die geomagnetischen Pole der Erde fallen dabei nicht genau mit den geographischen Polen der Erde zusammen. Zurzeit (Stand 2007) ist die Achse des geomagnetischen Dipolfeldes um etwa 11.5° gegenüber der Erdachse geneigt.

In erster Näherung entspricht das Dipolfeld dem eines gekippten Stabmagneten, der um ca. 450 km aus dem Erdmittelpunkt in Richtung 140° östlicher Länge verschoben ist (siehe auch Südatlantische Anomalie). Das Dipolmoment M beträgt:

$$M = 7.746 \cdot 10^{24} [\text{nT} \cdot \text{m}^3] \text{ (Stand IGRF-11, 2010) , die jährliche Veränderung zurzeit: } -0.006 \cdot 10^{24} [\text{nT} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{a}}].$$

In SI-Einheiten wird das magnetische Dipolmoment m in Am^2 angegeben ($[m] = \text{Am}^2$) und gemäß (mit μ_0 : Magnetische Feldkonstante) $m = \frac{4\pi}{\mu_0} \cdot M$ umgerechnet: $m = 7.746 \cdot 10^{22} [\text{Am}^2]$.

Zur näherungsweisen Berechnung des Dipolfelds in Abhängigkeit vom Abstand R dient die Dipolformel:

$$\text{(Dipolformel) } B(R, \lambda) = \frac{M}{R^3} \sqrt{1 + 3 \cdot \sin^2(\lambda)} \quad \text{mit } \lambda : \text{ magnetische Breite.}$$

Am Äquator hat das Magnetfeld eine Stärke von ca. $30 \mu\text{T} = 30.000 \text{nT}$. An den Polen ist der Betrag doppelt so groß. In Mitteleuropa sind es ca. $48 \mu\text{T}$, wobei ca. $20 \mu\text{T}$ in der horizontalen und ca. $44 \mu\text{T}$ in der vertikalen Richtung auftreten.

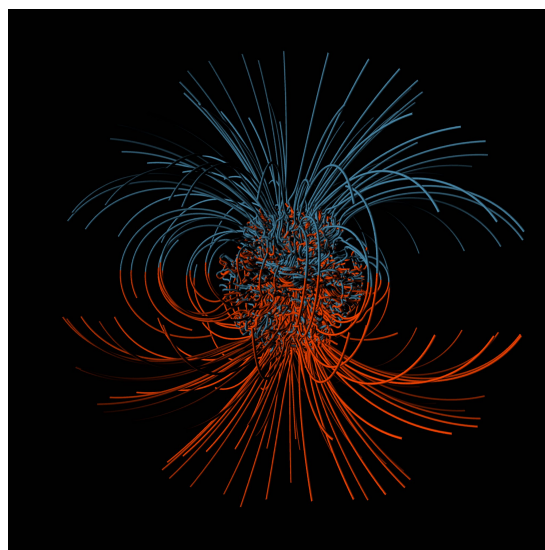


Abbildung 4: Simulation des Magnetfelds in der Erde. Die vereinfachte Dipolnäherung ist nur im Außenbereich gültig.