

# Die Kraft aus dem Kern

Vor mehr als 3,5 Milliarden Jahren hat im Erdinneren ein gigantischer Dynamo den Betrieb aufgenommen. Er erzeugt einen unsichtbaren Schild, der uns vor der Strahlung aus dem All schützt.

Innerhalb des magnetischen Schirms der Erde existieren Reservoire aus geladenen Teilchen verschiedenen Ursprungs, die so genannten **Strahlungsgürtel**. Verformt ein Sonnensturm das Erdmagnetfeld, kann die Schockwelle die in diesen Gürteln gefangenen Partikel stark beschleunigen und so die Funktion von Satelliten und sensiblen elektronischen Geräten etwa in Krankenhäusern beeinträchtigen.

Das schützende Erdmagnetfeld hat seinen Ursprung im flüssigen **Äußeren Kern** des Planeten: Dort wälzt sich geschmolzenes Eisen unter dem Einfluss von Hitze und Erdrotation ständig um einen festen Eisenkern. Diese Ströme wirken wie ein riesiger Dynamo und erzeugen ein Magnetfeld.

Auf der sonnenabgewandten Seite der Erde läuft das **Magnetfeld** in einem Millionen Kilometer langen, stromlinienförmigen Schweif aus. Auf einem Umweg gleichsam und weit entfernt von dem Planeten, dringen durch diesen Teil des Erdmagnetfeldes die meisten Sonnenpartikel in das Magnetfeld ein und lösen Polarlichter aus.

In den Polregionen laufen Kraftlinien der irdischen und der solaren Magnetosphäre trichterförmig zusammen. Vom Erdmagnetfeld eingefangene Partikel des Sonnenwindes, die den Feldlinien folgen, können hier in die Erdatmosphäre eindringen. Durch Wechselwirkungen mit Luftteilchen entstehen spektakuläre Leuchtkränze: die **Polarlichter**.

Von den extrem heißen Gasen der Sonne geht ein kontinuierlicher Strom elektrisch geladener Teilchen aus. Dieser **Sonnenwind** durchweht das gesamte Planetensystem und tritt unablässig mit dem irdischen Magnetfeld in Wechselwirkung.

Auf der brodelnden Sonnenoberfläche entstehen immer wieder neue Aktivitätszentren. Zwischen diesen **Sonnenflecken** bilden sich starke lokale Magnetfelder. Entlang der bogenförmigen Kraftlinien dieser Felder schleudert das Gestirn heiße Plasmawolken aus geladenen Teilchen empor, die ihrerseits das solare Magnetfeld verändern.

Einige der herausgeschleuderten **Plasmawolken** fallen auf die Sonne zurück, andere lösen sich und schnellen ins All. Durch solche Ausbrüche kann der Sonnenwind sich zum Sturm steigern, der mit hoher Geschwindigkeit auch in Richtung Erde rast.

Rund 65 000 Kilometer vor der irdischen Tagseite treffen die **Magnetfelder** von Erde und Sonne aufeinander und verformen einander in einem ständigen Kräftemessen. Der Sonnenwind staucht den irdischen Schutzschild erheblich zusammen. Geladene Teilchen des Sonnenwindes werden von beiden Magnetfeldern sowohl angezogen als auch abgelenkt.

Erde

Polarlichter

Text:  
**Erwin Lausch**  
Illustration:  
**David Pierce**

→ **Globale Aspekte**  
Planet Erde, Bd. 1

Sonnenteilchen, die vom Erdmagnetfeld eingefangen werden, reagieren über den Polregionen mit der Erdatmosphäre. **Polarlichter** (hier eine Shuttle-Aufnahme mit dem Mond am oberen Bildrand) machen Teile des irdischen Magnetfeldes sichtbar: Die vertikalen Strahlen folgen dessen Linien

**E**lektrisch geladene Teilchen rasen in dichten Schauern von der Sonne auf die Erde zu. Doch die meisten werden schon weit draußen im All abgefangen und um die Erde herumgeleitet. Ein unsichtbarer Schirm, der tief aus dem Inneren der Erde heraus aufgespannt ist, schützt deren Bewohner und die moderne menschliche Technik: das Magnetfeld.

Uralte Gesteine bezeugen die Existenz des Erdmagnetfeldes schon vor 3,5 Milliarden Jahren. Wahrscheinlich aber entstand es noch früher: als sich im Erdinneren ein eiserner Kern abgesondert hatte.

Die Kraft aus der Tiefe ist nicht zu spüren, kein menschlicher Sinn kann sie erfassen. Lange ahnte daher niemand etwas von dem erdumspannenden Feld, dessen Kraftlinien sich in weiten Bögen von Pol zu Pol ziehen. Und noch immer ist für Nichtphysiker schwer zu begreifen, worum es sich beim Magnetismus eigentlich handelt.

Magnetismus, definiert etwa Meyers Lexikon, ist die »Eigenschaft bestimmter Körper (Magnete) oder stromdurchflossener Leiter, auf andere Körper, besonders Eisen, Kräfte auszuüben«. In der Encyclopaedia Britannica heißt es, Magnetismus sei eine »Erscheinung, die mit der Bewegung elektrischer Ladungen verbunden ist« – etwa: mit der Bewegung elektrisch negativ geladener Atomteilchen (Elektronen). Das sind Teilchen, die bei Eisen und anderen Metallen nur lose mit dem Atomkern verbunden sind und sich so nahezu frei im ganzen Metall ausbreiten können. Aus physikalischer Sicht sind Magnetismus und Elektrizität eng miteinander verbunden: Denn nicht nur Magnete erzeugen Magnetfelder oder verstärken sie, sondern auch elektrische Ströme. Umgekehrt können Magnetfelder elek-



trische Ströme in Gang setzen. Auf solchen Wechselwirkungen beruht zu großen Teilen die Elektrotechnik.

Im Gegensatz zum Magnetfeld der Erde sind Magnete schon lange bekannt. Griechische Schriften aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. erwähnen das Mineral Magnetit, ein Eisenoxid ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), das Eisen anzieht. Wann Menschen zuerst bemerkten, dass ein frei beweglicher Magnetitsplitter sich in Nord-Süd-Richtung einpendelt, ist nicht bekannt. Und ob Chinesen bereits um 2500 v. Chr. Magnetit als Kompass benutzten oder ob sie die

## Für Seeleute war die Entdeckung des Erdmagnetfeldes ein Segen. Und auch ein Ärgernis

Navigationshilfe erst im 13. Jahrhundert n. Chr. von Italienern oder Arabern übernahmen, ist umstritten. Der erste schriftliche Hinweis auf einen Kompass in Europa stammt aus der Zeit um 1200.

Für die Seeleute war das Instrument, das ihnen bei jedem Wetter anzeigte, wo Norden war, ein Segen. Aber auch ein Ärgernis: Denn die Richtung, in welche die Kompassnadel weist, stimmt mit der geografischen Nordrichtung nicht genau überein.

Zwar beträgt die »Missweisung« – die Abweichung von der exakten, astronomisch zu bestimmenden Nordrichtung – zumeist nur wenige Grad, doch in der Nähe der Pole kann sie 90 Grad erreichen. Kapitäne berichteten seit dem Mittelalter zudem immer wieder von Unregelmäßigkeiten.

**ZUM PIONIER DER MAGNETISMUSFORSCHUNG** wurde Ende des 16. Jahrhunderts der Engländer William Gilbert. Der Leibarzt Elisabeths I. experimentierte 17 Jahre lang mit Magneten und studierte Schiffsaufzeichnungen über magnetische Messungen. Im Jahre 1600 gelangte er in einem grundlegenden Werk zu dem Schluss, dass sich die Erde wie ein riesiger Magnet verhält, dessen Pole in der Nähe der geografischen Pole liegen.

Auch konnte er erhellen, dass Kompassnadeln nach Norden zeigen, weil sie sich entlang einem zwischen den Polen ausgestreckten Magnetfeld ausrichten. Wie so ein Magnetfeld aussieht, lässt sich leicht demonstrieren: Streut man Eisenspäne über ein Stück Papier, unter das ein stabförmiger Magnet gehalten wird, richten sie sich von Pol zu Pol in bogenförmigen Linien aus.

Richtig in Schwung kam die Erforschung von Magnetfeldern, als in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entdeckt wurde, dass jeder stromdurchflossene Leiter wie ein Magnet wirkt (Elektromagnet). Zum einen lockten die nun entdeckten engen Wechselbeziehungen zwischen Magnetismus und Elektrizität zu weiteren Forschungen. Zum anderen erwies sich das irdische Magnetfeld bereits als hinreichend komplex, um Wissenschafts-