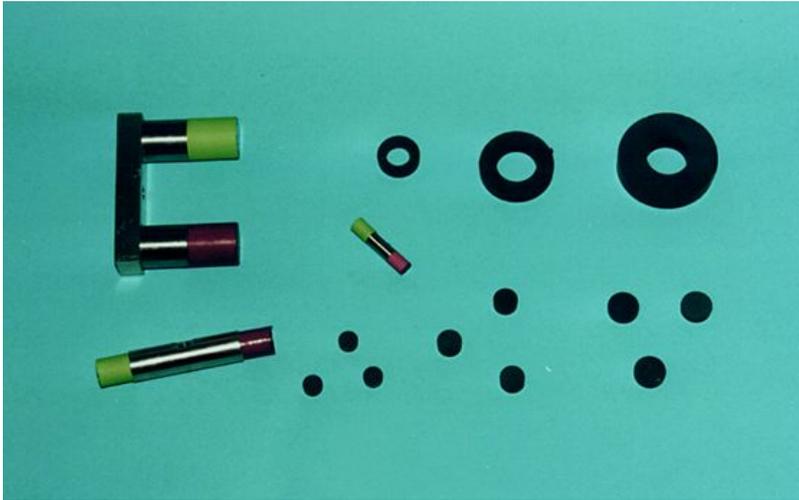


Bemerkungen zu Magnetismus und Magneten

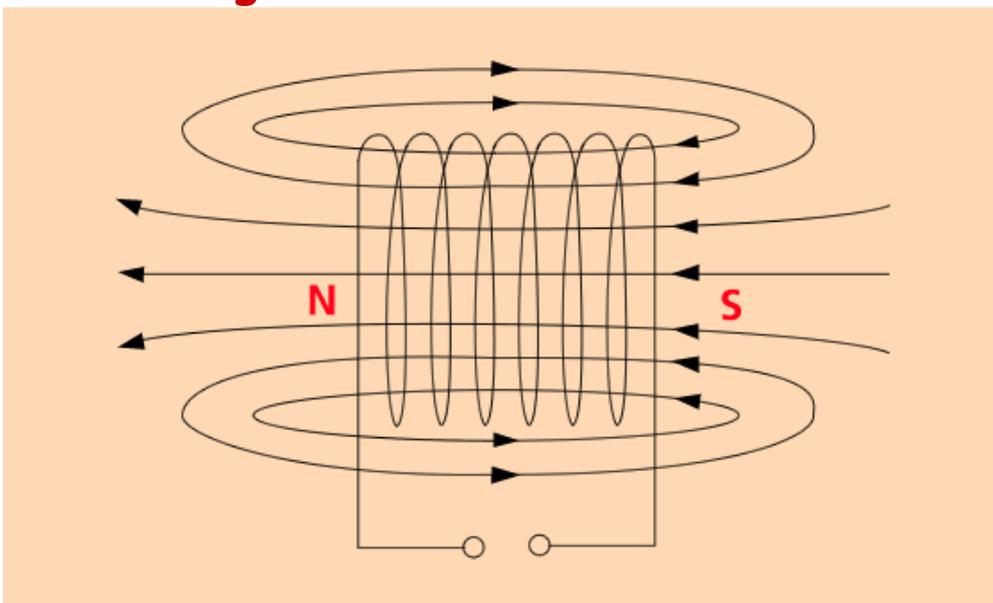
Herstellung und Werkstoffe von Dauermagneten



Durch Magnetisierung kann man die innere Struktur einer Reihe von Stoffen so verändern, dass sie dauerhaft selbst ein merkliches Magnetfeld in ihrer Umgebung erzeugen. Dazu eignen sich zum Beispiel Legierungen aus **Eisen und Nickel**, aber auch verschiedene keramische Werkstoffe. Vor der Magnetisierung gibt man dem Werkstoff die gewünschte Form. Häufig benutzte **Dauermagneten** (permanente Magneten) sind Hufeisenmagnete und Stabmagnete, die jeweils charakteristische Feldformen besitzen.

Heute ist es üblich, den Nordpol von permanenten Magneten rot und den Südpol grün zu markieren. Reines Eisen ("Weicheisen") hat nur **temporäre Magneteigenschaften**, verliert den Magnetismus also, sobald das Erzeugermagnetfeld (z.B. eines in der Nähe befindlichen Dauermagneten) verschwindet.

Elektromagnete



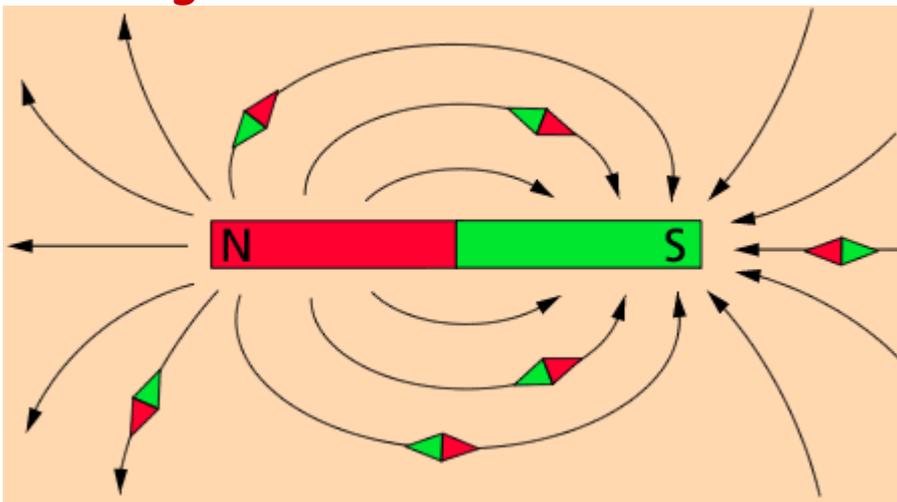
Elektromagnete sind Bauteile, in denen ein starkes Magnetfeld durch einen elektrischen Strom hervorgerufen wird. Elektromagnete bestehen aus einer oder mehreren Spulen. Fließt in der Spule ein elektrischer Strom, dann entsteht um den

Leiter ein Magnetfeld. In einer Spule ist der Leitungsdraht in sehr vielen Windungen übereinander gewickelt. Jede einzelne Wicklungsschleife wirkt wie ein kreisförmiger Leiter. Die Einzelfelder der Wicklungsschleifen überlagern sich zu einem intensiven Gesamtfeld. Häufig befindet sich in der Spule ein Eisenkern, durch den das Magnetfeld zusätzlich verstärkt wird. Auf diese Weise erzeugen Elektromagnete im Regelfall wesentlich größere magnetische Feldstärken als Dauermagneten.

Technische Anwendungen von Elektromagneten

Alle größeren Generatoren und Elektromotoren sind zur Magnetfelderzeugung mit Elektromagneten versehen. Auch in der Lichtmaschine des Autos befindet sich ein Elektromagnet. Elektromagnete finden weiterhin als Lasthebemagnete und zur Werkstofftrennung - etwa in der Müllsortierung - Anwendung. Dabei nutzt man aus, dass Elektromagneten auch größere Metallgegenstände merklich anziehen, während beispielsweise Kunststoffe keiner derartigen Kraftwirkung unterliegen. Weitere Anwendungen für Elektromagnete sind verschiedene Relais, die Klingel, Transformatoren oder Lautsprecher. Elektromagnete sind ein wesentlicher Bestandteil von elektrischen Schwingkreisen.

Das magnetische Feld



Mit Hilfe kleiner Magnetnadeln (Kompassnadeln) kann man die Kraftwirkung eines Magneten - insbesondere die Richtung dieser Kraft - experimentell bestimmen. Man zeichnet die so gemessenen Hilfslinien auf und nennt sie magnetische Feldlinien. Unter einem "Feld" verstehen die Physiker einen "erregten Raum", der von der so genannten Feldenergie durchdrungen wird.

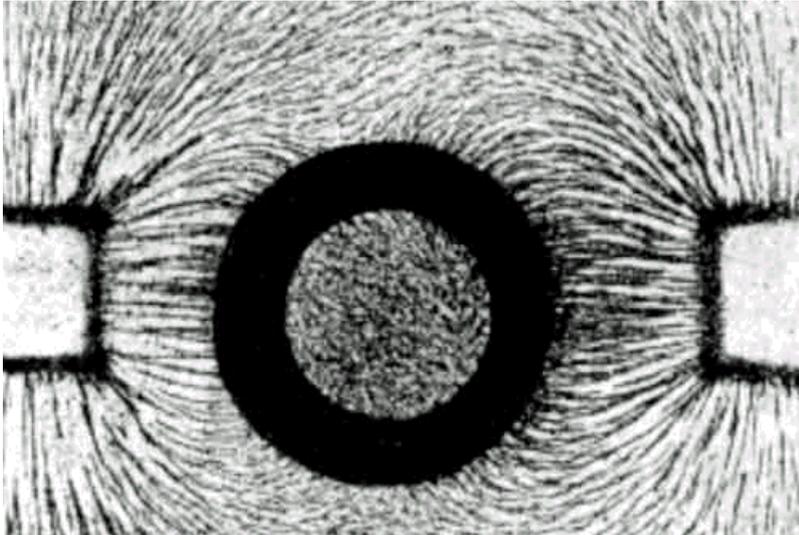
Für **magnetische Feldlinien** gilt:

Magnetische Feldlinien schneiden sich nicht.

Eine hohe Feldliniendichte charakterisiert ein starkes magnetisches Feld und damit eine große magnetische Feldstärke.

Für die Orientierung der Feldlinien wurde festgelegt: Am Nordpol eines Magneten treten die Feldlinien aus. Am Südpol eines Magneten treten sie in seine Oberfläche ein.

Magnetische Abschirmung



[Durch einen Eisenring wird das Magnetfeld abgeschirmt]

Bild : Bringt man einen geschlossenen ferromagnetischen Hohlkörper in ein Magnetfeld, dann kann man dieses Magnetfeld innerhalb des Hohlraumes nicht mehr oder kaum noch nachweisen. Der ferromagnetische Stoff schirmt das äußere Magnetfeld nahezu vollständig ab. Diesen Effekt bezeichnet man als magnetische Abschirmung.

Die magnetische Abschirmung beruht auf der hohen Permeabilität (*Durchlässigkeit*) der ferromagnetischen Stoffe. Magnetische Feldlinien liegen in ferromagnetischen Stoffen besonders dicht beieinander, die Feldlinien verlassen einen geschlossenen Ring aus diesen Stoffen nicht, was man zum Beispiel zur Konstruktion von Ringspulen nutzt.

Im umgekehrten Fall treten die Feldlinien eines äußeren Magnetfeldes leicht in Körper aus ferromagnetischen Stoffen ein und laufen dann innerhalb dieser Körper bis zum Austritt weiter. Sofern das betreffende Objekt ringförmig oder hohl ist, gelangen keine magnetische Feldlinien in das Innere eines solchen ferromagnetischen Körpers. Besonders geeignet sind zur magnetischen Abschirmung weichmagnetische Stoffe, also Stoffe, die sich leicht magnetisieren und entmagnetisieren lassen. Das gilt insbesondere für Weicheisen.

Die magnetische Abschirmung wird technisch genutzt, um das stets vorhandene Erdmagnetfeld beispielsweise von hochempfindlichen Versuchsanordnungen fern zu halten, damit Messfehler bei der Bestimmung magnetischer Feldstärken ausgeschlossen sind.

Negativ wirkt sich die magnetische Abschirmung hingegen dort aus, wo man mit Hilfe eines Kompasses die Nordrichtung bestimmen möchte. Als im vorigen Jahrhundert die hölzernen Segelschiffe zunehmend durch Dampfschiffe aus Eisen abgelöst wurden, verlor der Schiffskompass mit Magnetnadel seine angestammte Bedeutung und musste in der Folgezeit durch die aufwendig konstruierten mechanischen Kreiselkompass ersetzt werden.

Unterschiede zwischen magnetischen und elektrischen Feldlinien

Elektrische Feldlinien

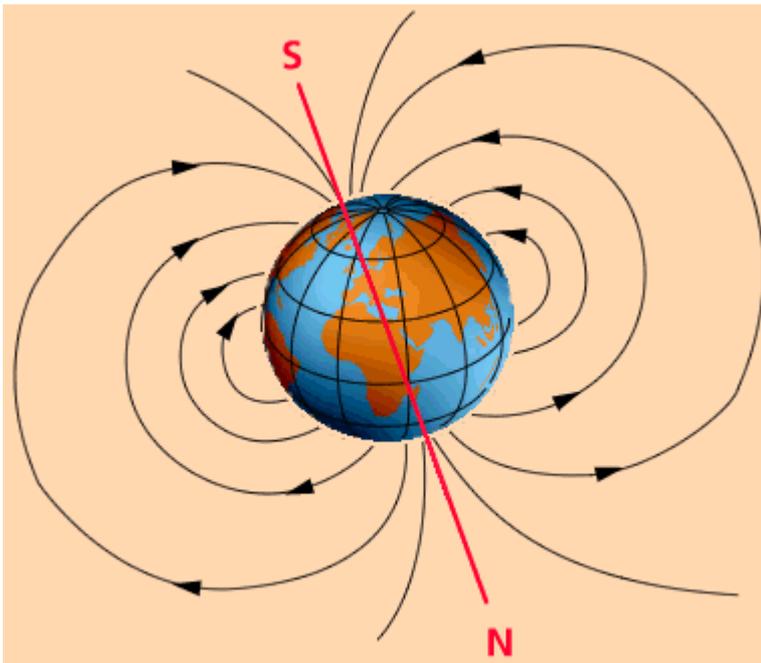
gehen von einem geladenen Körper aus und verlaufen entweder ohne Begrenzung in den Raum hinaus oder beginnen in einem positiv geladenen Körper und enden auf einem negativ geladenen Körper, elektrische Feldlinien sind nicht geschlossen.

Magnetische Feldlinien

gehen vom magnetischen Nordpol aus, laufen zum magnetischen Südpol und setzen sich im felderzeugenden Körper fort.

Die Feldlinien haben keinen Anfang und kein Ende, sie sind immer geschlossen.

Die Erde als Magnet



Unsere Erde ist ein großer Magnet. Allerdings ist die mittlere Stärke des Magnetfeldes der Erde relativ gering. Sie beträgt nur etwa 50mT (T = Tesla). Trotz dieses geringen Wertes richtet sich eine frei bewegliche Magnetenadel entsprechend des Verlaufes der Feldlinien aus.

Die magnetischen Pole der Erde fallen mit den geographischen Polen nicht zusammen, beide Polarten sind aber doch so nahe beieinander, so dass man sich mit einem Kompass relativ einfach auf der Erdoberfläche in Richtung Nord orientieren kann. Der magnetische Südpol befindet sich dabei in der Nähe des geographischen Nordpols.

Entstehung des Erdmagnetfeldes

Die Erde besitzt einen Kern aus Eisen, so dass man annehmen könnte, das Erdmagnetfeld würde von einem Eisenmagneten erzeugt. Diese Idee ist aber nicht zutreffend, denn der Eisenkern der Erde befindet sich in einem glühenden Zustand. Wenn man Eisen stark erhitzt, verliert es seine Eigenschaften als Dauermagnet. Da ein Dauermagnet ausscheidet, bleibt als Erklärungsmodell nur noch der Dynamoeffekt übrig.

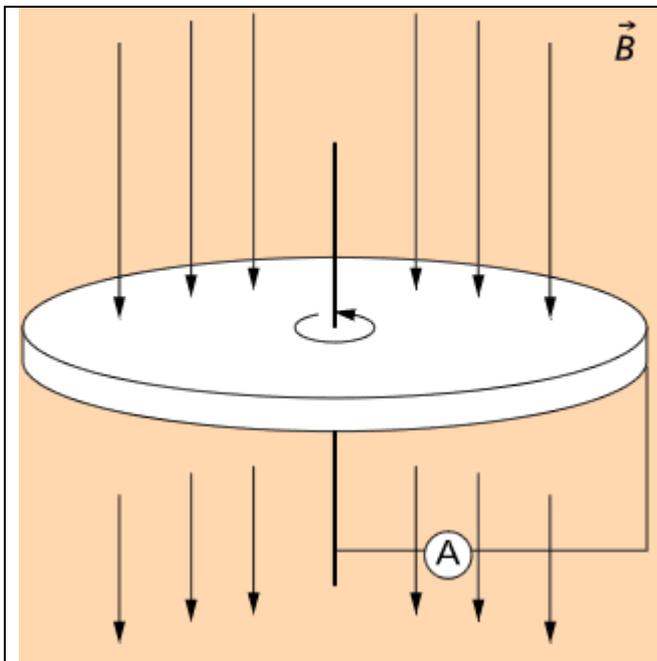
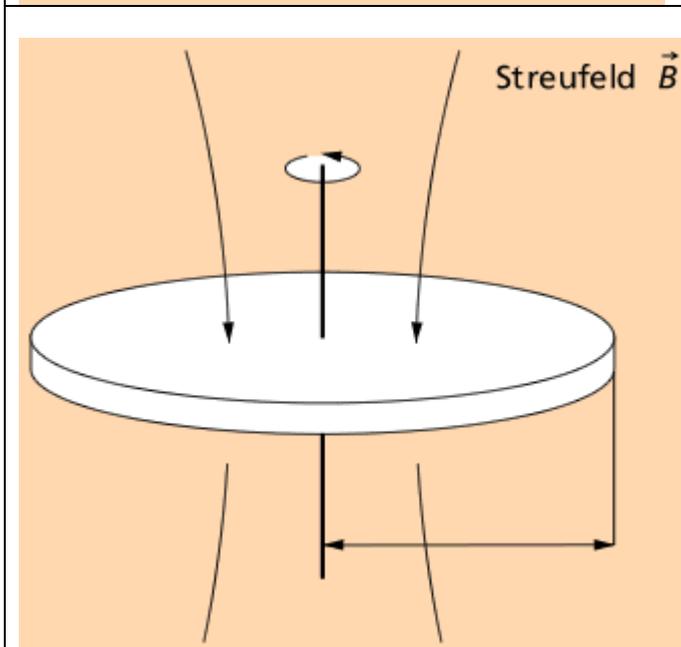


Bild 1 zeigt einen einfachen Scheibendynamo. In der rotierenden Scheibe wird ein elektrischer Strom induziert, der zwischen Rotationsachse und äußerem Scheibenrand abgegriffen werden kann. [selbst erregter Dynamo]



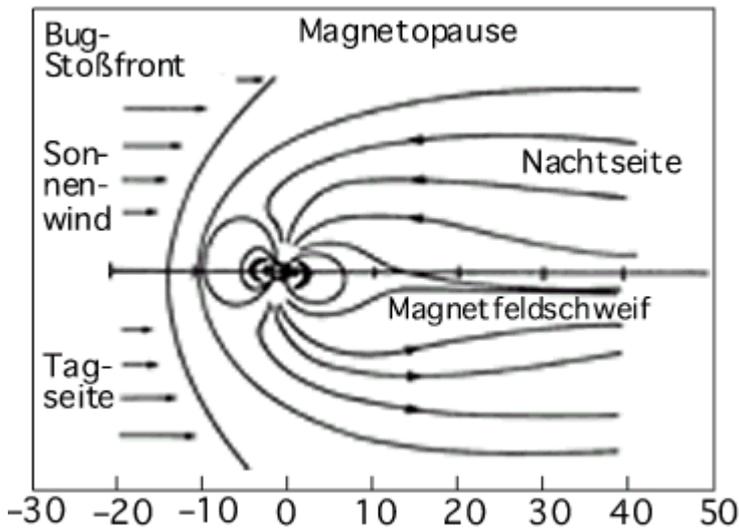
In Bild 2 ist dieses Prinzip geringfügig abgeändert. Der Dynamo rotiert und ein Schleifkontakt verbindet den äußeren Scheibenrand mit der Rotationsachse. Allerdings befindet sich die Anordnung nicht in einem äußeren Magnetfeld. Eine kleine magnetische Störung in der Umgebung induziert einen minimalen Stromfluss, der aufgrund des lenzschen Gesetzes seinerseits dem Abbau des Störfeldes entgegenwirkt und es dadurch

verstärkt. Der Dynamo erzeugt sein eigenes Magnetfeld - er ist selbsterregend.

Ein ähnlicher Vorgang spielt sich in der Erde ab. Das Erdmagnetfeld induziert einen elektrischen Strom in dem leitfähigen und flüssigen erdinneren Material, der dem Abbau dieses Feldes entgegenwirkt. Die dabei auftretenden Strömungsprozesse sind extrem kompliziert und wurden bislang auch noch nicht vollständig verstanden.

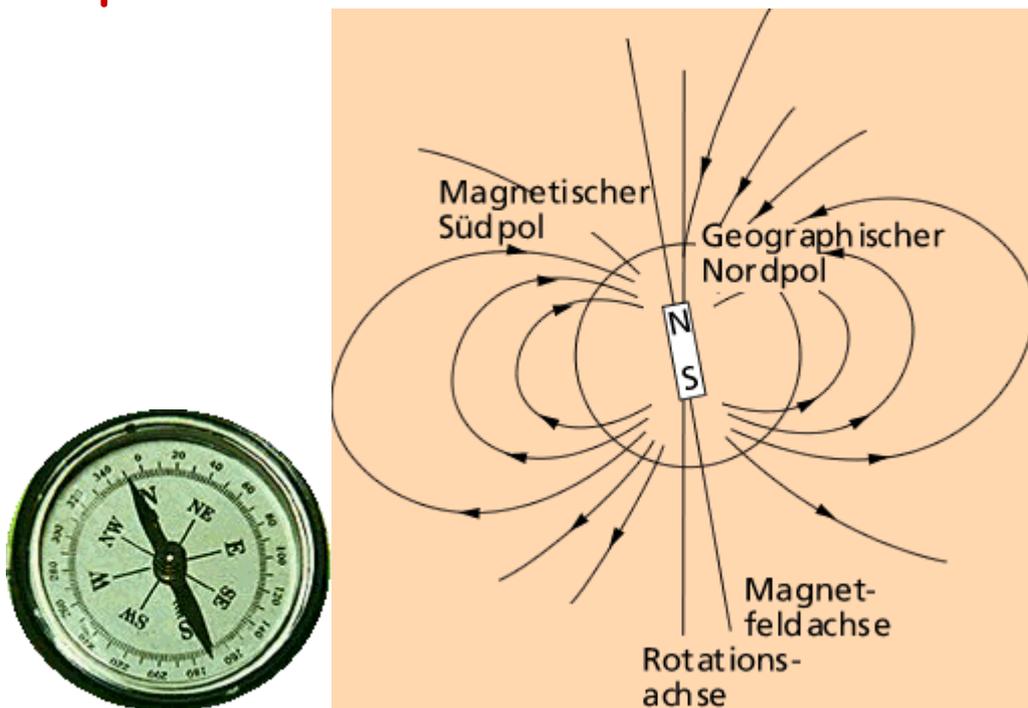
Die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes

Das gesamte die Erde umgebende Magnetfeld nennt man Magnetosphäre. Die von der Sonne ausgehenden elektrisch geladenen Teilchen verformen die Magnetosphäre. In Richtung zur Sonne reicht sie deshalb nicht so weit in den Weltraum hinaus, wie auf der sonnenabgewandten Seite der Erde. Das Erdmagnetfeld schützt uns vor den teilweise sehr energiereichen Teilchen in der Sonnenstrahlung.



Treffen diese Teilchen auf die Magnetosphäre, werden sie gezwungen, sich entlang der magnetischen Feldlinien zu bewegen. Sie wandern entlang dieser Feldlinien zu den magnetischen Polen und treten erst dort in die Erdatmosphäre ein. Die dabei auftretende Leuchterscheinung nennt man Polarlicht.

Kompass



Mit Hilfe eines **Kompasses** kann man sich auf der Erdoberfläche in Richtung Nord orientieren. Im Erdmagnetfeld richtet sich eine Magnetonadel entlang der Feldlinien aus. Dieser Sachverhalt wird zur Konstruktion des Kompasses genutzt.

Ein Kompass besteht aus einer frei beweglichen, leichtgängig gelagerten und magnetisierten Eisennadel, die sich meist in einem durchsichtigen Gehäuse befindet. Der äußere Rand des Gehäuses ist oft mit einem Vollkreis und einer Skaleneinteilung versehen.

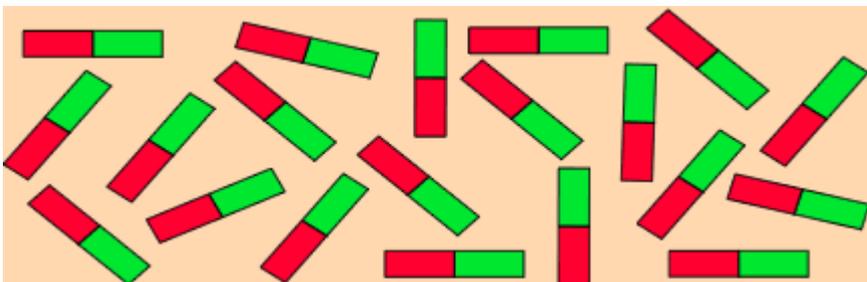
Wird der Kompass waagrecht aufgestellt, dann orientiert sich die Magnetnadel nach einigen Pendelbewegungen in Richtung magnetisch Süd. Der magnetische Südpol und der geographische Nordpol der Erde fallen zwar nicht zusammen, liegen aber dennoch relativ dicht beieinander. Auf diese Weise ermöglicht ein Kompass die Orientierung in freiem Gelände und die Auffindung der Nordrichtung.



Die **Deklination** (Missweisung)

Da die geographischen und die magnetischen Pole nicht zusammenfallen, besitzt jeder Kompass eine Missweisung. Sie beträgt in Deutschland etwa 1° - 2° . Diese Missweisung kann man bei einem Handkompass vernachlässigen. Für Navigationszwecke, muss die Missweisung exakt ermittelt werden. Sie hängt vom Ort des Beobachters auf der Erdoberfläche ab. Im Laufe eines Jahres verschiebt sich die Lage der magnetischen Pole auf der Erdoberfläche merklich. Deshalb ist die Missweisung auch einer zeitlichen Veränderung unterworfen. In der Nähe der geographischen Pole ist die Verwendung eines Kompasses zur Ermittlung der Nordrichtung nicht sinnvoll.

Magnetisierung und Entmagnetisierung



[ungeordnete weißsche Bezirke]

Bild 1

Bei der Magnetisierung wird ein Körper zu einem Dauermagneten. Durch Entmagnetisierung kann man die magnetischen Eigenschaften eines Dauermagneten aufheben.

Grundsätzlich besitzt jeder Stoff magnetische Eigenschaften. Verschiedene Materialien zeichnen sich aber durch eine Besonderheit ihrer inneren Struktur aus. Sie bestehen aus winzigen magnetischen Bereichen, die allerdings regellos angeordnet sind (Bild 1). Man nennt diese Bereiche weißsche Bezirke und alle Stoffe, in denen weißsche Bezirke existieren, ferromagnetisch. Zu den ferromagnetischen Stoffen gehören Eisen, Nickel und Kobalt sowie verschiedene Legierungen. Aufgrund ihrer regellosen Anordnung, kompensieren sich die schwachen Magnetfelder der weißschen Bezirke, so dass nach außen hin keine magnetische Wirkung auftritt.



[geordnete weißsche Bezirke]

Bild 2

Bringt man eine ferromagnetische Substanz in ein äußeres Magnetfeld, dann richten sich einige weißsche Bezirke entlang der magnetischen Feldlinien des äußeren Feldes aus (Bild 2). Je stärker dieses Feld ist, desto größer ist der Ausrichtungseffekt. Bei einer hohen Feldstärke tritt Sättigung ein - dann sind alle weißschen Bezirke im ferromagnetischen Stoff einheitlich ausgerichtet. Diesen Vorgang bezeichnet man als Magnetisierung. Schaltet man das äußere Feld ab, dann bleibt die Ausrichtung der einzelnen Bereiche erhalten. Die Teilfelder überlagern sich zu einem kräftigen Magnetfeld. Ein Dauermagnet ist entstanden.

Den beschriebenen Effekt kann man zum Beispiel beobachten, wenn man eisenhaltige Kleinteile wie Schrauben oder Nägel über längere Zeit in der Nähe eines kräftigen Dauermagneten aufbewahrt. Die Kleinteile sind dann selbst magnetisch geworden.

Wird ein magnetisierter Stoff erhitzt, dann nimmt die Wärmebewegung seiner Teilchen zu. Dabei wird auch die Ausrichtung der weißschen Bezirke zerstört, bis sie bei sehr hohen Temperaturen schließlich wieder regellos im Stoffverbund angeordnet sind. Dadurch verliert der Stoff seine magnetischen Eigenschaften, er liegt nun wieder im entmagnetisierten Zustand vor.

Stoffe, in denen sich die weißschen Bezirke besonders leicht ausrichten lassen, bezeichnet man als magnetisch weich. Stoffe, bei denen das nicht der Fall ist, nennt man magnetisch hart.

Magnetisierungseffekte in der Geologie

Den Vorgang der Magnetisierung und Entmagnetisierung nutzt man für geologische Untersuchungen. In Laufe der Zeit verändert sich die Orientierung der Erdmagnetfeldes - es kann sich sogar umpolen. Geologen können Veränderung Erdmagnetfeldes auch für weit zurückliegende Zeiten durch magnetische Messungen ermitteln.

Ein einfaches Beispiel hierfür sind die Vorgänge bei Vulkanausbrüchen. Bei einem Vulkanausbruch treten in der glühflüssigen Lava auch magnetisierbare Stoffe aus dem Erdinneren aus. Erstarrt die Lava, dann werden diese Stoffe in Richtung des Erdfeldes magnetisiert. Bei zeitlich aufeinander folgenden Vulkanausbrüchen überlagern sich verschiedene Lavaschichten. Da die Lava stets eine sehr hohe Temperatur besitzt, kann man sicher sein, dass sie bis zum Zeitpunkt des Ausbruches noch nicht durch das Erdfeld magnetisiert worden ist.

Jede Gesteinsschicht besitzt deshalb eine magnetische Orientierung, die der Orientierung des Erdfeldes zum Zeitpunkt des Ausbruches entspricht. Schicht für Schicht kann man somit die zeitliche Veränderung des Magnetfeldes der Erde untersuchen.