

Magnetismus

Lie.

Benannt nach der Landschaft Magnesia in Ostgriechenland, in der Magneteisenstein (Magnetit) gefunden wird. Magnetit zieht Eisen an.

Körper, die Eisen anziehen, heissen **Magnete**. Materie, welche diese Eigenschaft aufweist, ist **magnetisch**. Stoffe, die magnetisch werden können, sind **magnetisierbar**.

1. Exp. Eisen wird in der Nähe eines Magneten selbst magnetisch (magnetische Influenz), d.h. Eisen ist magnetisierbar.

2. Exp. Holz, Plastik, Kupfer, etc. sind nicht magnetisierbar.

Magnetisierbare Materialien:

Elemente: Eisen, Kobalt, Nickel sowie Gadolinium, Terbium, Dysprosium, ..

Legierungen: Alnico (Al-Ni-Co, ev. noch Cu), Samarium-Kobalt, etc.

Verbindungen: z.B. Ferrit-Keramiken, e.g. Fe_2O_3 in Magnetbändern.

3. Exp. Reines Eisen wird wieder unmagnetisch, wenn man den Magneten entfernt, es ist **weichmagnetisch**.

4. Exp. Stahl, der lange Zeit neben einem Magneten lag, bleibt magnetisch; er ist **hartmagnetisch**. Aus Stahl kann man **Permanentmagnete** herstellen. Eine Magnetnadel erhält man, indem man eine Stahlnadel mehrmals einem Magneten entlang streicht.

5. Exp. Magnetische Kräfte werden durch Magnetfelder erzeugt. Bei einem Stabmagneten scheinen diese an den Enden zu entspringen, denn nur dort haften z.B. Büroklammern. Diese Ort nennt man **magnetische Pole**.

6. Exp. Jeder Magnet hat zwei verschiedene Pole. Gleichartige Pole verschiedener Magnete stossen sich ab, ungleichartige ziehen sich an.

Jenen Pol einer magnetischen Kompassnadel, der nach geografisch Norden zeigt, nennt man den **magnetischen Nordpol**, den anderen **Südpol**. (Beim geografischen Nordpol der Erde befindet sich also ein magnetischer Südpol!)

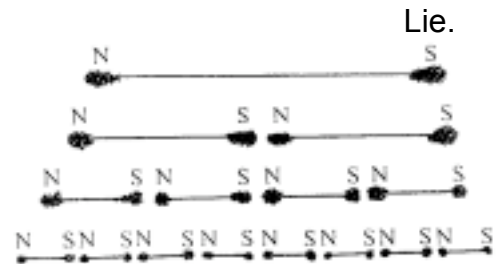
7. Exp. Das Magnetfeld dringt durch eine Aluminium-, Glas-, Plastik- oder Holzplatte, nicht aber durch eine Eisenplatte.

8. Exp. Magnetfelder kann man mit Eisenfeilspänen sichtbar machen. Die Späne werden im Feld selbst magnetisch und richten sich wie Kompassnadeln aus.

Das Feld zwischen den Schenkeln eines breiten Hufeisenmagneten scheint einigermaßen homogen zu sein, weil die Feldlinien gerade und gleichabständig sind.

Elementarmagnete

Abb. 1: (Experiment) Zerbricht man einen Magneten zwischen Nord- und Südpol, so entstehen zwei neue Magnete, erkennbar an den Bärten aus Eisenfeilspänen, mit je zwei verschiedenen Polen. Es ist unmöglich, einen einzelnen magnetischen Pol herzustellen.



Es gibt keine magnetischen Monopole, Magnete sind mindestens Dipole.

Wird ein Permanentmagnet fortgesetzt geteilt, resultieren immer kleinere Magnete, bis man zu den Elementarmagneten kommt. Für den Magnetismus von Eisen sind die magnetischen Momente von bestimmten Elektronen in der Atomhülle verantwortlich.

Abb. 2: Demonstration mit kleinen Kompassnadeln.

In einem magnetisierbaren Stoff richten sich die Elementarmagnete aus. Sie bilden Weiss'sche Bezirke oder magnetische Domänen.

a) unmagnetisiert b) magnetisiert

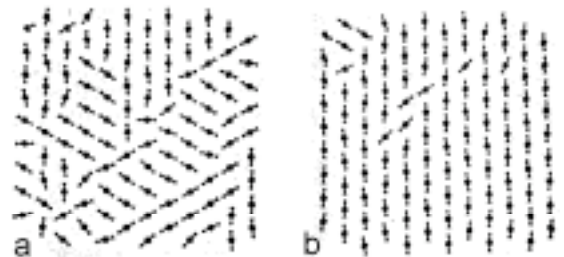
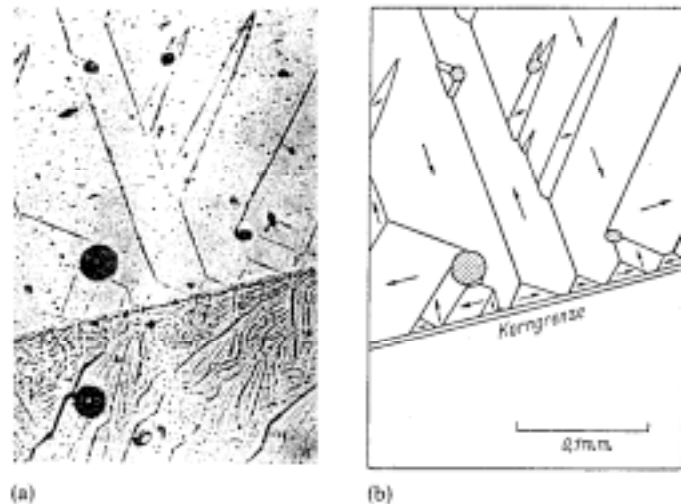


Abb. 3: In unmagnetisiertem Eisen sind die Weiss'schen Bezirke sehr klein, Grössenordnung 10^{-6} m. Innerhalb einer Domäne sind alle Elementarmagnete gleich orientiert, aber von Bezirk zu Bezirk ändert die Richtung, so dass sich ausserhalb des Eisens die Magnetfelder kompensieren.



Stoffe, die wie Eisen Weiss'sche Bezirke bilden, heissen Ferromagnete.

In vollkommen magnetisiertem Eisen (Abb. 2b) sind alle Elementarmagnete gleich gerichtet. Nun kompensieren sich die Magnetfelder der Elementarmagnete im Aussenraum nicht mehr.

Magnetisiert man ein Eisenstück mit einem starken Magneten, so werden die Elementarmagnete in Richtung des Felds des Magneten umgeklappt. Die Grenzen der Weiss'schen Bezirke wandern. Die Neuausrichtung der Elementarmagnete erfolgt ruckartig und kann durch eine geeignete Anordnung hörbar gemacht werden (Barkhausen-Rauschen). Entfernt man den Magneten, so bilden sich in Weicheisen sofort wieder kleine magnetische Domänen.

Die Magnetisierung eines Ferromagneten verschwindet, wenn man ihn über die sog. Curietemperatur erwärmt. Die Wärmebewegung verhindert dann die Ausrichtung der Elementarmagnete in den Domänen. Die Curietemperatur von Eisen ist z.B. 770°C .

Das Magnetfeld

Lie.

In der Umgebung eines Permanentmagneten werden Eisenfeilspäne oder Kompassnadeln ausgerichtet (Abbildungen 1 und 2). Die Späne oder Nadeln deuten Linien an, so genannte magnetische Feldlinien. Das Subjekt, welches diese Ausrichtung bewirkt, wird magnetisches Feld genannt.

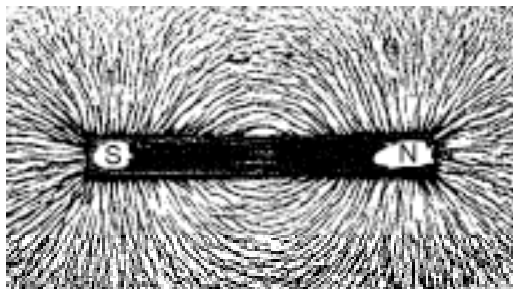


Abb. 1: Eisenfeilspäne ordnen sich in der Umgebung eines Stabmagneten in Linien an, die von Pol zu Pol laufen (magnetische Feldlinien).



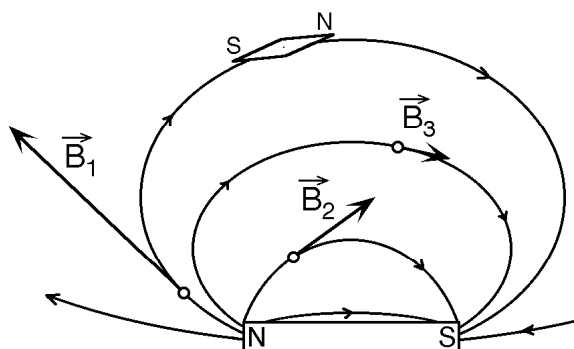
Abb. 2: Kompassnadeln zeigen die Feldrichtung an. Zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten scheint das Feld homogen zu sein.

Wo Feldlinien sind, müssen auch Feldstärkevektoren sein, analog zur Elektrostatik:

\vec{B} **magnetische Flussdichte oder magnetische Induktion**

Das Wort "magnetische Feldstärke" ist zweideutig, denn es gibt noch ein \vec{H} -Feld, die sog. "magnetische Erregung". Es ist $B = \mu \cdot H$. Die Konstante $\mu = \mu_r \mu_0$ hat für den Magnetismus dieselbe Bedeutung wie $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ für die Elektrostatik.

Figur 1: \vec{B} -Vektoren sind parallel zu den Kraftvektoren auf den magnetischen Nordpol kleiner Kompassnadeln. Sie sind tangential zu den magnetischen Feldlinien. Die Feldlinien laufen ausserhalb des Magneten vom Nordpol zum Südpol. (Die Feldlinien sind nur schematisch und in der oberen Hälfte gezeichnet.)

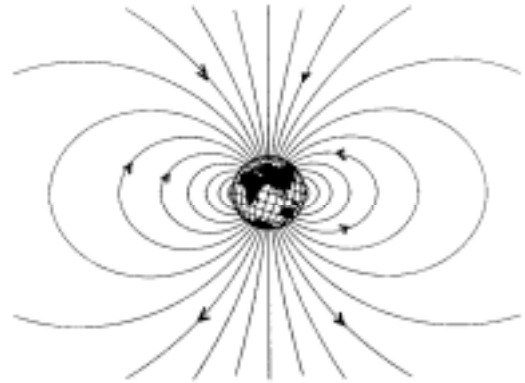


Erdmagnetfeld

Lie.

Viele Tiere orientieren sich am Erdmagnetfeld, z.B. unechte Karettschildkröten und Tauben. Dies ist möglich, weil sich das Erdmagnetfeld zeitlich nur langsam ändert. Elektrische Ströme im äusseren, flüssigen Erdkern erzeugen das Erdmagnetfeld.

Abbildung 1: Das Magnetfeld der Erde sieht fast so aus, als ob ein Stabmagnet, der ca. 11° (1998) gegen die Erdrotationsachse geneigt ist, im Innern verborgen wäre. In grösserer Entfernung von der Erde werden die Feldlinien deformiert. Das Magnetfeld schützt uns vor energiereicher Teilchenstrahlung aus dem Weltall.



Die magnetischen Pole der Erde liegen nicht genau bei den geographischen Polen. Wie man im Schulatlas sieht, liegt der eine Pol in Nordkanada und der andere am Rand der Antarktis. Eine Kompassnadel zeigt deshalb nicht genau nach Norden. Die seitliche Missweisung heisst **Deklination**, der Winkel zwischen Magnetfeldrichtung und der Horizontalen **Inklination**. An den magnetischen Polen ist die Inklination 90° .

Deklination und Inklination sind stark orts- und schwach zeitabhängig, Werte findet man in den "Formeln und Tafeln". Das Erdmagnetfeld hat seine Polarität in geologischen Zeiträumen schon mehrfach geändert. Für die Schweiz beträgt die Deklination gegenwärtig fast 0° und die Inklination zirka 60° nach unten (2000).