
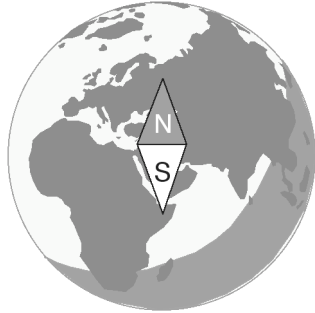




3. Magnete – eine kurze Einführung in den Ferromagnetismus



Eigenschaften der Magnete

- 26**  Einige grundlegende **Begriffe** zur Beschreibung der magnetischen Phänomene sind im zweiten Kasten erklärt.



- 27**  Für die Ferromagnete gelten die im dritten Kasten aufgeführten Gesetze: Wir führen **einfache Experimente** durch, um diese zu belegen. Machen Sie stichwortartige Notizen zu den Vorführungen.
- 28**  **Wichtiger Hinweis:** Die Erfahrung zeigt, dass sehr oft elektrische und magnetische Kräfte verwechselt werden, oder dass negative und positive elektrische Ladungen mit den Magnetpolen verwechselt werden, usw. Vermeiden Sie diese Verwechslungen: Magnetische und elektrische Kräfte sind verschiedenartige Phänomene.

Ein Modell

- 29**  Wir versuchen nun, uns ein Bild zu machen von der Besonderheit im Aufbau der ferromagnetischen Stoffe. Wir suchen also nach einem **Modell**, welches die im Kasten aufgeführten Beobachtungen auf möglichst einfache Weise erklärt.
- 30**  Ein Ferromagnet setzt sich aus (atomaren) "**Elementarmagnetchen**" zusammen. Durch gegenseitige Beeinflussung können sich diese Elementarmagnetchen geordnet ausrichten, falls die **thermische Bewegung** nicht zu gross ist. Wir können in Abhängigkeit von der Temperatur die folgenden Zustände eines ferromagnetischen Stoffes unterscheiden.

Magnetische Körper und ruhende Körper mit elektrischer Ladung üben keine Kräfte aufeinander aus.

Ziele dieses Kapitels

1. Sie kennen ferromagnetische Phänomene und können diese mit den richtigen Begriffen beschreiben.
2. Zur Erklärung derselben können Sie das Elementarmagnetchenmodell anwenden.
3. Sie haben eine Vorstellung vom Magnetfeld eines magnetisierten Körpers und können das Feldlinienbild interpretieren.

Eine **Kompassnadel** ist ein **Magnet**.

Der **magnetische Nordpol** einer Kompassnadel zeigt ungefähr zum geographischen Nordpol, der **Südpol** der Nadel nach Süden.

Pole heissen die Stellen eines Magneten mit der grössten magnetischen Wirkung.

Magnete sind **Dipole**, sie haben je einen magnetischen Nord- und Südpol.

Ferromagnetika sind Stoffe, welche die gleichen magnetischen Eigenschaften haben wie Eisen: **Eisen, Nickel, Cobalt** und Legierungen damit.

Permanentmagnete behalten die magnetische Eigenschaft dauernd; sie sind **hartmagnetisch**.

Weichmagnetische Stoffe hingegen verlieren die Magnetisierung sehr bald, wenn sie nicht mehr in der Nähe eines Magneten sind.

Gleichnamige Pole zweier Magnete (z.B. Kompassnadeln) stossen einander ab.

Ungleichnamige Pole zweier Magnete ziehen sich an.

Magnete ziehen nichtmagnetisierte ferromagnetische Stoffe an.

Mit Hilfe eines Magneten lassen sich Körper aus ferromagnetischen Stoffen magnetisieren; sie werden selbst zu Magneten.

Es ist nicht möglich, den Nord- oder Südpol eines Magneten zu separieren. D.h. es gibt keine magnetischen Monopole.

Erschütterung und Erwärmung eines Magneten können zum Verlust der Magnetisierung führen. Oberhalb der Curie-Temperatur TC zeigen die Ferromagnetika keine magnetischen Eigenschaften mehr (Tabellen S. 11).

a) **Magnetisierung $M = 0$**


Die Elementarmagnetchen können sich bei Temperaturen über der Curie-Temperatur wegen der starken thermischen Bewegung nicht einheitlich ausrichten.

b) $M_o > M \geq 0$

Weiss'sche-Bezirke: In Volumenbereichen mit 10^6 bis 10^9 Atomen richten sich die Elementarmagnetchen parallel aus. Je nach Orientierung und Grösse der Bezirke hebt sich die magnetische Wirkung nach aussen auf oder führt gesamthaft zu einer Magnetisierung des Körpers.

c) **Sättigung: $M = M_o$**

Die Elementarmagnetchen sind vollständig ausgerichtet; die Magnetisierung ist somit maximal. Dies ist am absoluten Nullpunkt der Fall oder bei einer starken Beeinflussung durch einen äusseren Magneten.

31  Der **Barkhauseneffekt** wird vorgeführt. Machen Sie Notizen zum Experiment und zur Interpretation.

32 ? Eine **Kompassnadel** wird in die Nähe von zwei gleichen Stabmagneten gebracht. Zeichnen Sie die Kompassnadel im Punkt K mit richtiger Ausrichtung ein. (Skizze rechts)

33 ? Skizzieren Sie rechts ins "Koordinatensystem" den qualitativen Verlauf der **Magnetisierung** eines Ferromagneten in Abhängigkeit von der absoluten Temperatur.

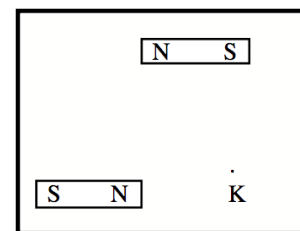
$$T > T_c$$




$$T_c > T > 0 \text{ K}$$

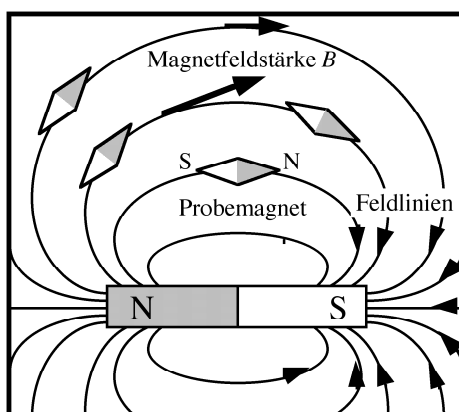


$$T = 0 \text{ K}$$

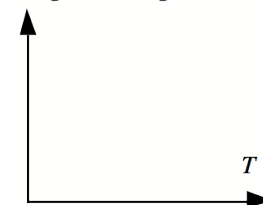


Das Magnetfeld

34  Im umgebenden Raum eines Magneten ist eine magnetische Wirkung zu beobachten. Man sagt, der Magnet sei von einem **Magnetfeld** umgeben. Man kann von diesem Magnetfeld eine Vorstellung bekommen, wenn man sich viele kleine Kompassnadeln im Raum denkt. Durch die magnetische Wirkung richten sich die Kompassnadeln auf eine für den Magneten charakteristische Weise im Raum aus. Es sieht so aus, als ob sich die Kompassnadeln entlang von Linien ausrichten. Diese gedachten Linien nennen wir **Feldlinien**. Wir stellen ein Magnetfeld zeichnerisch durch einige Feldlinien dar, denen wir auch





Magnetisierung



Die **Magnetfeldstärke B** heisst auch **magnetische Induktion** und gibt die Stärke der magnetischen Wirkung an einer Stelle im Raum an. Die Einheit dieser Grösse ist das **Tesla (T)**.

Die **Feldlinien** des Magnetfeldes zeigen die Ausrichtung von kleinen Kompassnadeln (Probemagnete) an. Die **Richtung** der Feldlinie weist in die Richtung der magnetischen Kraft auf einen Nordpol. Die Feldlinien verlaufen also ausserhalb eines Magneten von Norden nach Süden.

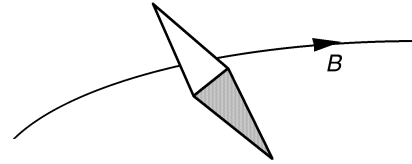
eine Richtung zuschreiben, nämlich die **Richtung**, in die der Nordpol einer Kompassnadel weist. Die Stärke der magnetischen Wirkung an einer bestimmten Stelle im Raum bezeichnen wir als **Magnetfeldstärke**. Sie ist dort am grössten, wo die Feldlinien zusammenlaufen. Das Magnetfeld eines Stabmagneten ist auf der vorherigen Seite abgebildet.

- 35  Wir erklären das Zustandekommen der **Drehwirkung** des Magnetfeldes auf eine Kompassnadel, welche zur Nord-Süd-Ausrichtung der Nadel führt.
- 36  Zeichnen Sie nun auch die Feldlinien des **Hufeisenmagneten** und des **Erdmagnetfeldes**.

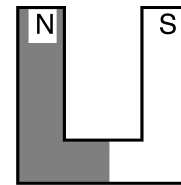
Typische Werte für Magnetfeldstärken:

Erdmagnetfeld: $B \approx 20 \mu\text{T} - 30 \mu\text{T}$

Kleiner Permanentmagnet: $B \approx 1 \text{ mT}$

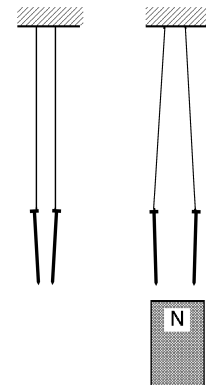



- 1 arktischer Magnetpol
- 2 antarkt. Magnetpol
- 3 geograph. Nordpol
- 4 geograph. Südpol
- 5 magnet. Nordpol
- 6 magnet. Südpol




- 37 ? Zwei **Eisennägel** hängen nah beisammen an langen dünnen Fäden. Nun wird von unten her ein Magnet mit dem Nordpol nach oben an die Nagelspitzen herangeführt. Was man bei diesem Vorgang bei den Nägeln beobachten kann ist im Bild rechts dargestellt.

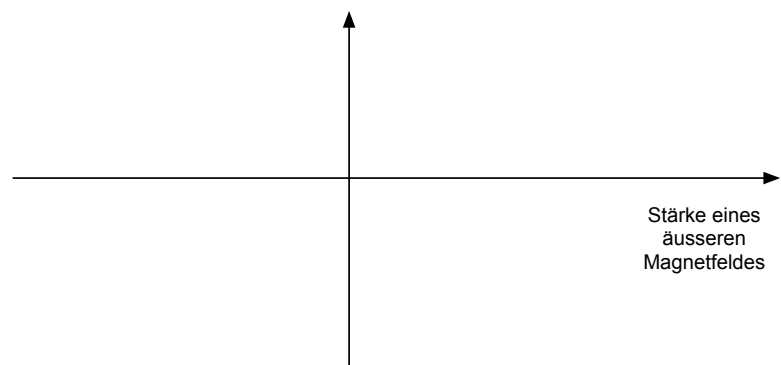
- a) Erklären Sie die Beobachtung.
- b) Was sieht man, wenn der Südpol des Magneten in die Nähe der Nagelspitzen gebracht wird?



- 38  Ferromagnetische Stoffe haben eine Art "**Gedächtnis**". Diese Eigenschaft wird auch technisch ausgenutzt. Wozu wohl? Wir beschreiben kurz, was mit diesem "Gedächtniseffekt" gemeint ist und wie er ungefähr "funktioniert". Dazu ergänzen wir das Diagramm rechts.

- 39  Wir können die Elementarmagneten eines Ferromagneten als kleine Kompassnadeln betrachten und damit eine Aussage über das **Magnetfeld im Innern** eines Permanentmagneten ableiten. Damit wird der Merksatz rechts plausibel gemacht.

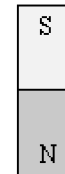
Magnetisierung



Stärke eines
äußeren
Magnetfeldes

Magnetfeldlinien sind immer geschlossen.

- 40 R Angenommen, Sie sollen aus einem (zuerst unmagnetischen) Stück Eisen einen (schwachen) **Magneten herstellen**. Wie können Sie das bewerkstelligen?
- 41 R Ein magnetischer Eisenstab kann auf verschiedene Arten **entmagnetisiert** werden. Welche?
- 42 R Sie sollen die **Pole** eines magnetisierten Nagels bestimmen. Wie bewerkstelligen Sie das
- mit Hilfe einer Kompassnadel,
 - ohne Hilfe einer Kompassnadel?
- 43 R Zeichnen Sie die **Feldlinien** in der Umgebung der beiden Stabmagnete rechts. Wie orientiert sich eine Kompassnadel an der Stelle K möglicherweise?
- 44 i Zur Geschichte:



K

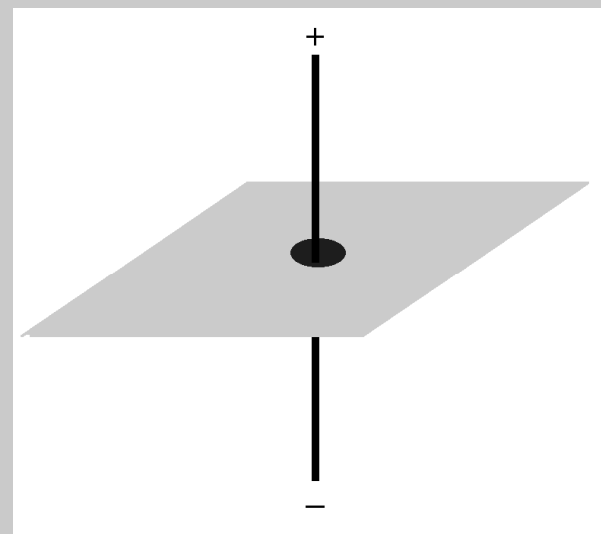
[1] Historisch gesehen ist der Magnetismus schon seit dem Altertum bekannt. Der Magnetit (Magnetit Fe_3O_4) wurde bereits von chinesischen Seefahrern vor 2000 Jahren zur Orientierung verwendet. Auch die Alten Griechen kannten die Eigenschaften des Magnetits, auch die Fähigkeit, seine Eigenschaften durch Berührung auf Eisen zu übertragen. In Europa kennt man **Kompass** etwa seit dem 12. Jh. **Columbus** hat auf seinen Fahrten Magnetkompass verwendet, wobei sogar schon die **Deklination** (Abweichung des magnetischen Nordpols vom geographischen Nordpol) bekannt war und berücksichtigt wurde. Daneben wurden dem Magnetit auch heilende Wirkung zugeschrieben: Paracelsus von Hohenheim glaubte, Magnete könnten Krankheiten festhalten und legte sie auf Krankheitsherde auf. Im 16. Jh. stellte sich heraus, daß der gesamte **Erdball als Magnet** aufzufassen ist. Lange Zeit wurden die Elektrizität und der Magnetismus als getrennte Phänomene betrachtet, bis es durch **Alessandro Volta** Normalelement möglich wurde, zeitlich konstante Ströme durch einen Leiter zu erzeugen. Der Däne **Christian Ørsted** konnte zeigen, daß ein stromdurchflossener Leiter um sich herum ein Magnetfeld aufbaut. Erst im 19. Jh. konnte der Schotte **James Clark Maxwell** in seinen vier Grundgleichungen des Elektromagnetismus den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus herleiten.

[2] Die magnetische Kraftwirkung eines stromdurchflossenen Leiters kann man in einem einfachen Experiment nachweisen: Man steckt einen Leiter durch ein Blatt Papier und streut Eisenfeilspäne um den Leiter. Wenn man den Strom einschaltet, richten sich die Späne gemäß den magnetischen Feldlinien aus. Ähnliches kann man beobachten, wenn man dies Experiment mit einem Hufeisenmagneten oder einem Stabmagneten durchführt. Man kann also grundsätzlich zwischen **induzierten Magneten** (stromdurchflossene Leiter) und **Permanentmagneten** unterscheiden.

[3] Graphisch wird das Magnetfeld durch die **Feldlinien** dargestellt. Der gesamte Raum ist von Magnetfeldern erfüllt, d.h. man müßte für jeden Raumpunkt Richtung und Stärke des Feldes angeben. Daher einigte man sich auf die Analogie mit dem elektrischen Feld: Die Magnetische Feldstärke an und um einen Punkt wird durch die Dichte der magnetischen Feldlinien veranschaulicht. Man spricht daher auch von der **magnetischen Flußdichte**. Magnetische Feldlinien sind immer geschlossen, haben also keinen Anfang und kein Ende. Das magnetische Feld ist daher nicht wie das elektrische Feld ein Quellenfeld. Es gibt auch **keine magnetischen Monopole**, elektrische Monopole gibt es allerdings sehr wohl (nämlich die elektrischen Ladungen).

Quelle:

<http://dbio27.bio.sbg.ac.at/physik/Elektromagnetismus/Elektromagnetismus4.html>



- 45 Halten Sie unter dieser Nummer die Ergänzungen fest, die wir im Unterricht zu diesem Kapitel (vielleicht) gemacht haben.

- Keine Ergänzungen
 Es gibt Ergänzungen, nämlich: