

1 Magnetismus

1.1 Dauermagnetismus

Lernziele: Sie können ...

- ✓ die ferromagnetischen Werkstoffe aufzählen
- ✓ die Kraftwirkung zwischen Magnetpolen richtig bestimmen
- ✓ magnetische Feldlinien korrekt einzeichnen und deren Richtung beschriften
- ✓ die Möglichkeiten zur Magnetisierung resp. Entmagnetisierung nennen



1.1.1 Erdmagnetfeld

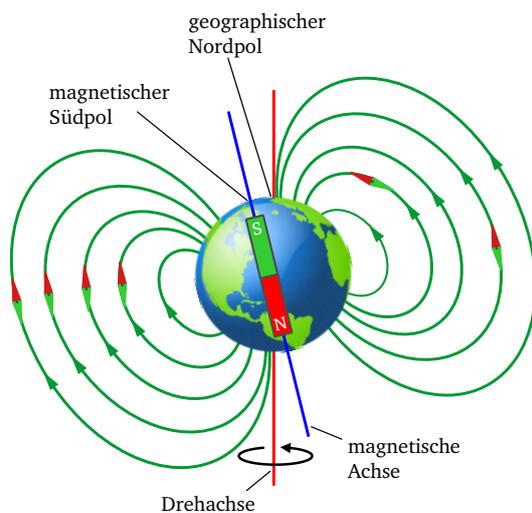


Abb. 1: Magnetfeld der Erde

Schon vor langer Zeit haben Menschen erkannt, dass die Erde ein eigenes Magnetfeld besitzt. Das Magnetfeld der Erde ist nicht nur ein Schutzschild gegen Strahlung aus dem Weltall, sondern kann auch zur Orientierung verwendet werden. Dazu dient ein magnetischer Kompass.

Wird ein Kompass aufgestellt, dann orientiert sich die rote Magnetnadel 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 zeigt der Kompass den geografischen Norden an.

Die magnetischen Pole wandern stetig und könnten sich irgendwann auch einmal umpolen.

1.1.2 Magnete und ihre Wirkungen

Ein Magnet zieht Eisen, Nickel und Kobalt an und hält sie fest.

Eisen, Nickel und Kobalt (sowie deren Legierungen) werden als ferromagnetische Stoffe bezeichnet.

Alle anderen Materialien, wie z.B. Kupfer, Aluminium oder PVC, sind nicht ferromagnetisch.

Magnete besitzen Stellen mit besonders starker Anziehungskraft. Diese Stellen heissen Pole.

Jeder Magnet hat einen Nord- und einen Südpol.

Magnetpole treten immer paarweise auf.

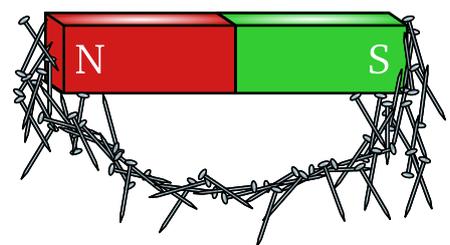


Abb. 2: Stabmagnet mit Eisennägeln

Es ist gebräuchlich, den Nordpol mit roter, den Südpol mit grüner Farbe zu kennzeichnen. (Merkhilfe: roter Pol $\hat{=}$ Nordpol; grüner Pol $\hat{=}$ Südpol)

3.2 Elektrische Feldstärke

Eine an einem Faden aufgehängte Aluminiumkugel wird zwischen zwei Metallplatten eines Experimentierkondensators gebracht. Die beiden Metallplatten werden an Hochspannung angeschlossen. Was können Sie feststellen?

Die Aluminiumkugel pendelt zwischen den Metallplatten hin und her.

Die Kugel wird zunächst an der Platte 1 positiv geladen, dann von der gleichnamigen Ladung abgestossen und zugleich von der negativen Platte 2 angezogen. An dieser Platte 2 wird die Kugel umgeladen und erneut abgestossen. Der Vorgang wiederholt sich, solange eine Spannung anliegt.

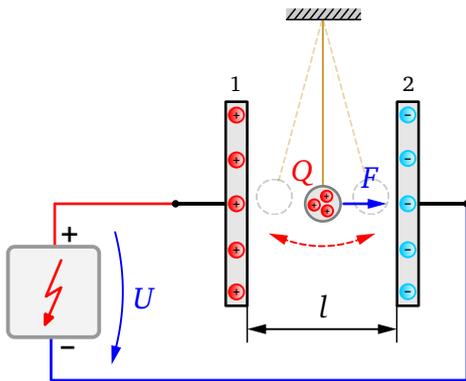


Abb. 43: Kraftwirkung im elektrischen Feld

Bringt man eine elektrische Ladung in ein elektrisches Feld, so wirkt eine Kraft auf die Ladung. Diese Kraft F ist umso grösser, je grösser die Ladung Q und auch je grösser die elektrische Feldstärke E ist. Es gilt:

$$F = Q \cdot E$$

Wir stellen die Formel um, damit sich die magnetische Feldstärke E errechnen lässt:

Elektrische Feldstärke

$$E = \frac{F}{Q}$$

[E]	elektrische Feldstärke ...	$\frac{V}{m}$
[F]	Kraft auf Ladung	N
[Q]	elektrische Ladung	As

Wenn keine Spannung an die Platten angelegt wird, entsteht auch kein elektrisches Feld und damit auch keine Kraftwirkung auf die Kugel. Die Kugel wird nicht abgelenkt.

Ursache

Elektrische Felder entstehen, sobald eine elektrische Spannung anliegt.

Übung

1 Zeigen Sie mittels Einheitengleichung, dass das elektrische Feld die Masseinheit V/m hat.

$$[E] = \frac{N}{As} = \frac{N \cdot m}{As \cdot m} = \frac{W \cdot s}{As \cdot m} = \frac{V \cdot A \cdot s}{As \cdot m} = \frac{V \cdot \cancel{A} \cdot s}{\cancel{A} \cdot s \cdot m} = \frac{V}{m}$$

5.4.3 Fotodiode

Fotodioden werden aus Silizium oder Germanium hergestellt. Der PN-Übergang der Fotodiode ist dem Licht gut zugänglich. Bei einfallendem Licht werden Elektronen und Löcher aus der Sperrschicht gelöst.

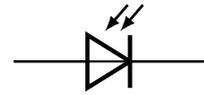


Abb. 71: Fotodiode

Es entstehen freie Ladungsträger, auch wenn die Fotodiode in Sperrichtung betrieben wird.

Fotodiode

Fotodioden lassen einen von der Beleuchtungsstärke ansteigenden Sperrstrom fließen.

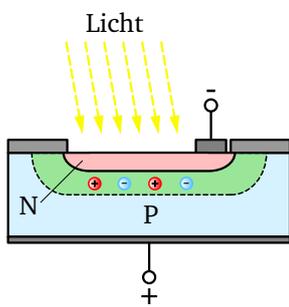
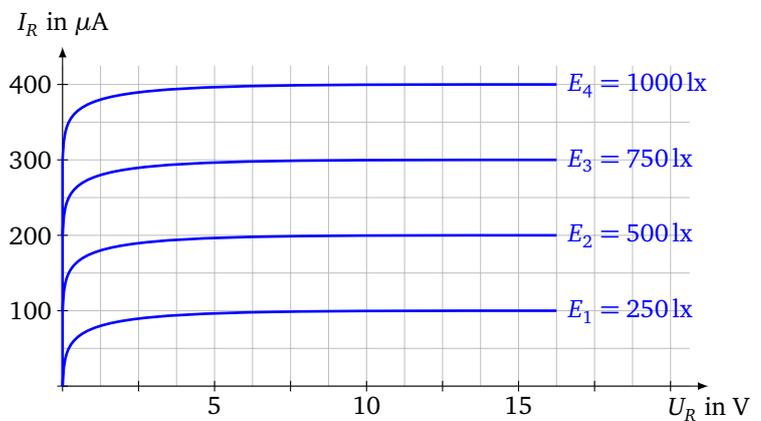


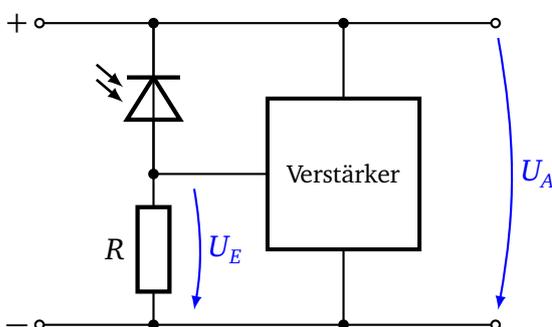
Abb. 72: Aufbau Fotodiode



Das obige Kennlinienfeld gibt den Zusammenhang zwischen Sperrstrom I_R und Sperrspannung U_R für verschiedene Beleuchtungsstärken E an.

Sperrstrom I_R und Beleuchtungsstärke E sind proportional zueinander. Mit steigender Lichtstärke steigt der Sperrstrom an. Fotodioden eignen sich deshalb besonders gut zur Lichtmessung. Der Sperrstrom ändert sich bei Lichtänderung nahezu trägheitslos.

Empfänger Lichtschranke (z.B. bei Lifttüre)



Wenn jemand in der Lifttüre steht, fällt kein Licht auf die Fotodiode; ihr Sperrstrom wird kleiner. Deshalb nehmen die Spannungen U_E resp. U_A ab; der Lifttürenmotor wird gestoppt.

Eigenschaften der Fotodiode:

- kleine Ströme (einige $100 \mu A$)
- kleine Leistung (20 ... 100 mW)
- reagiert viel schneller als der Fotowiderstand (LDR)

Anwendungen der Fotodiode:

- Lichtschranken
- Messung Beleuchtungsstärke
- Sensoren bei Zeitmessungen
- Datenübermittlung bei LWL

Aufgaben 5.45 bis 5.48

6.2.6 Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke E sagt aus, wie viel Nutzlichtstrom Φ_N auf die beleuchtete Fläche eines Arbeitsplatzes auftrifft. Diese Grösse ist ein Mass für die Helligkeit.

Wird eine Fläche von 1 m^2 mit einem Nutzlichtstrom Φ_N von 1 lm beleuchtet, so hat diese exakt eine Beleuchtungsstärke E von 1 lx (Lux).

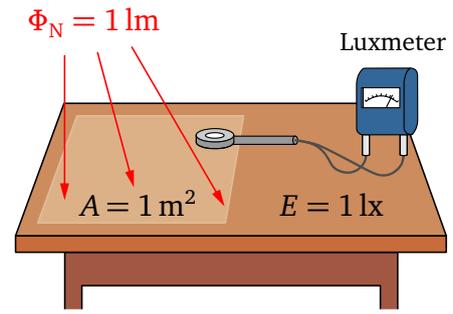


Abb. 88: Beleuchtungsstärke E

Beleuchtungsstärke

$$E = \frac{\Phi_N}{A} \quad [E] = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lx}$$

- [E] Beleuchtungsstärke $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lx}$
- [Φ_N] Nutzlichtstrom lm
- [A] beleuchtete Fläche m^2

Die Beleuchtungsstärke kann mit einem Luxmeter gemessen werden. Deshalb dient sie als Dimensionierungsgrösse bei Beleuchtungsanlagen. Je nach Verwendung und Art des Raumes werden folgende Beleuchtungsstärken empfohlen:

Korridore, Keller, Estrich, Vorplatz, Schlafzimmer, wenig benutzte Lager	50 lx
Restaurant, Wohnräume, Ersatzteillager, grosse Maschinenhallen	160 lx
Küche, Bad, Werkstätten, Montagehallen	350 lx
Büro, Arbeitszimmer, Läden, Schulzimmer	700 lx
Zeichenbüro, Apparatebau, Uhrmacher, Goldschmied	1000 lx

Als Vergleich: Ein trüber Sommertag hat $20\,000 \text{ lx}$ und eine Vollmondnacht 1 lx .

Die Beleuchtungsstärke nimmt mit der Entfernung zur Lichtquelle ab (Abstandsgesetz):

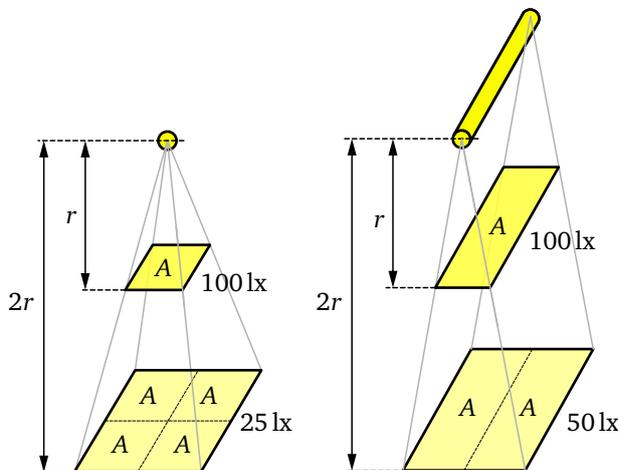


Abb. 89: Abstandsgesetz

Bei punktförmigen Lichtquellen ändert die Beleuchtungsstärke E umgekehrt quadratisch zum Abstand r .

Bei flächenhaften Lichtquellen ändert die Beleuchtungsstärke E umgekehrt proportional zum Abstand r .

7.2.5 Induktions-Kochfelder

Die herkömmlichen Kochfelder arbeiten mit Heizleitern und übertragen die Wärme durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung. Die Kochflächen sind deshalb heiss und tragen ihrerseits zu Verlusten bei.

Der Induktionsherd arbeitet nach einem ganz anderen Prinzip als herkömmliche Kochfelder. Der Unterschied zeigt sich, sobald man die Kochzonen der Glaskeramikplatte einschaltet: Wenn kein Kochtopf auf der Zone steht, erwärmt sich zunächst überhaupt nichts. Erst wenn man z.B. einen wassergefüllten Stahltopf auf die Kochzone stellt, dann erwärmt sich dieser schneller als bei den herkömmlichen Herden und das Wasser siedet im Nu.

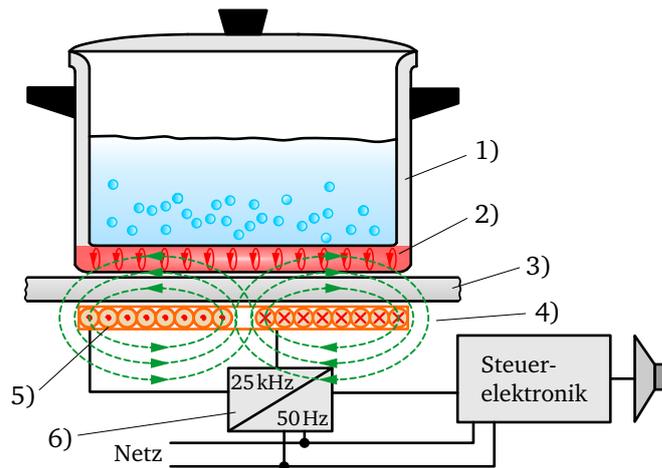


Abb. 130: Prinzip Induktionskochfeld

- 1) Kochgeschirr mit ferromagnetischem Boden
- 2) Wirbelströme
- 3) Glaskeramikplatte
- 4) magnetisches Wechselfeld
- 5) Induktionsspule
- 6) Frequenzumrichter

Unter der Glaskeramik befindet sich eine Induktionsspule, die über einen Frequenzumrichter von einem hochfrequenten Strom (ca. 25 kHz) durchflossen wird. Dieser Wechselstrom verursacht ein sich schnell änderndes Magnetfeld, das auch den metallischen Boden des Topfes durchsetzt. Das magnetische Wechselfeld induziert im Topfboden eine elektrische Spannung und diese wiederum Wirbelströme. Dieser Strom erwärmt den Topfboden sehr schnell und schliesslich kommt es auch zur Erwärmung des Kochgutes.

Die Kochzone wird nur durch die Rückwärme des Topfbodens erwärmt und somit bleibt die Oberflächentemperatur der Glaskeramikplatte niedrig.

Kochgeschirr

Um das Kochgut optimal zu erhitzen, muss die Pfanne bzw. der Topf aus ferromagnetischem Material sein (z.B. Stahl oder Gusseisen).

Durch ein Induktions-Kochfeld kann Energie gespart werden, da beim Einschalten der Platte sofort die volle Leistung übertragen wird. Beim Ausschalten wird die Wärmeerzeugung hingegen sofort eingestellt.

Da das Magnetfeld nur im Topfboden wirkt, ist eine Verwendung von Töpfen mit verschiedenen Durchmessern möglich. Weiter haben auch unebene Pfannenböden keinen grossen Einfluss auf den Wirkungsgrad.

3 Elektrisches Feld

3.1 Elektrische Feldlinien

3.1 Aufgabe ✓

Zwei voneinander isolierte Platten stehen sich gegenüber. Unter welchen Umständen herrscht zwischen ihnen ein elektrisches Feld?

3.2 Aufgabe ✓

Welche zwei Masseinheiten sind für die elektrische Ladung gebräuchlich?

3.3 Aufgabe ✓

Welche Grösse hat *keinen* Einfluss auf die Grösse der Kraft F eines geladenen Körpers Q in einem elektrischen Feld E eines Kondensators mit der Plattenfläche A ?

- Plattenfläche A Spannung U Ladung Q elektrisches Feld E

3.4 Aufgabe ✓

An welcher Elektrode ist die Feldstärke grösser? Begründen Sie. a) —   b)

3.5 Aufgabe ✓

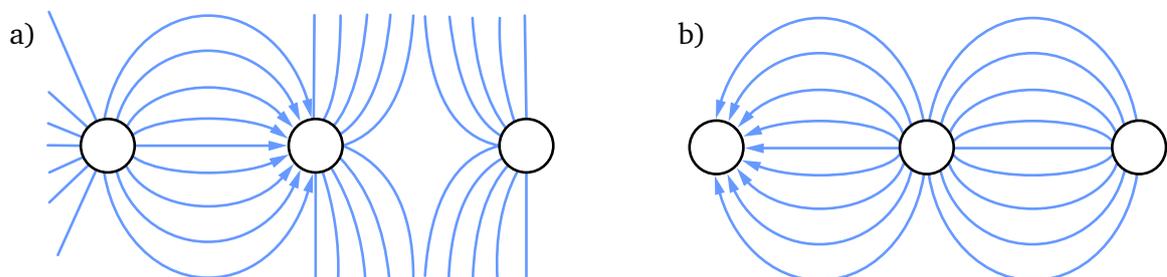
Welche besondere Eigenschaft hat ein homogenes elektrisches Feld bei Gleichspannung?

- Es ist ungleichmässig über die Platte verteilt.
 Die Feldstärke zwischen Platten ändert über längere Zeit nicht.
 Es ist über der ganzen Plattenfläche gleichmässig verteilt und überall gleich gross.
 Die Stromstärke in den Platten ist immer gleich gross.

3.6 Aufgabe ✓

Welche Ladungen tragen die dargestellten Kugeln?

Zeichnen Sie auch die fehlenden Pfeile für die Richtungen der Feldlinien ein!



3.7 Aufgabe ✓

Wird in ein elektrisches Feld ein elektrisch leitendes Material gebracht, entsteht in diesem Material eine Ladungstrennung. Wie nennt man diesen Vorgang?

- Induktion Polarisation Kapazität Influenz

6.89 Aufgabe ✓

Diese Lampe hat, durch ein äusseres Glas geschützt, ein U-förmiges Rohr. In kleinen Vertiefungen befindet sich Natrium, welches nach einiger Zeit nach dem Einschalten verdampft. Welche Aussagen treffen auf die oben beschriebene Lampenart zu?

- Diese Lampe muss mit einem Vorschaltgerät betrieben werden.
- Bei einer Beleuchtung mit dieser Lampe sind nur gelb eingefärbte Gegenstände in der richtigen Farbe zu erkennen.
- Diese Lampe eignet sich gut für die Beleuchtung in einem Lebensmittelgeschäft.
- Diese Lampe hat die höchste Farbtemperatur aller Entladungslampen.

6.90 Aufgabe ✓

Welche Farbe tritt im Spektrum einer Natriumdampf Lampe in hohem Masse in Erscheinung?

6.91 Aufgabe ✓

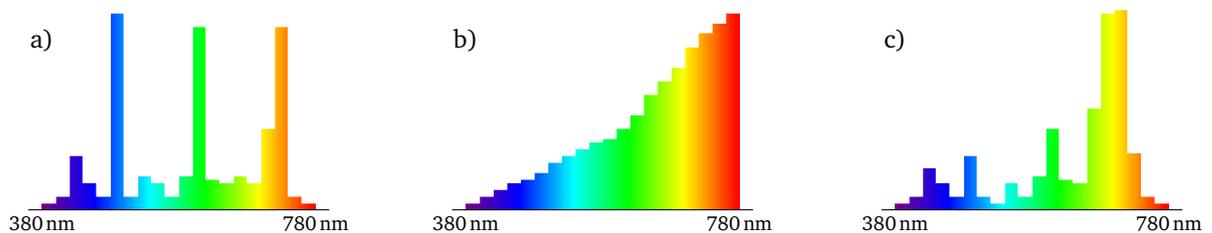
Warum befindet sich das Entladungsrohr der Natriumdampf-Niederdrucklampe in einer zusätzlichen Glashülle?

6.92 Aufgabe ✓

Nennen Sie die häufigste Anwendung von Natriumdampf-Hochdrucklampen!

6.93 Aufgabe ✓

Ordnen Sie den untenstehenden Lampen das entsprechende Spektrum zu.
(Halogen-Glühlampe, Natriumdampf-Niederdrucklampe, Kompakt-Leuchtstofflampe)

**6.94 Aufgabe ✓**

Wo werden Induktionslampen grundsätzlich eingesetzt?

6.95 Aufgabe ✓

Welche Aussagen treffen auf die Induktionslampe zu?

- Diese Lampe eignet sich besonders gut als Nachttischlampe.
- Der Glaskolben ist, wegen der sehr hohen Temperatur, aus Quarzglas hergestellt.
- Die Lampe arbeitet mit einer Gleichspannung von circa 48 V.
- Sie hat eine über 20-mal höhere Lebensdauer als eine Halogen-Glühlampe.
- Die Lampe arbeitet mit einer Frequenz im MHz-Bereich.
- Die Lampe ist nicht dimmbar.