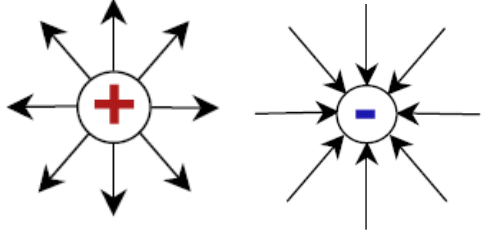
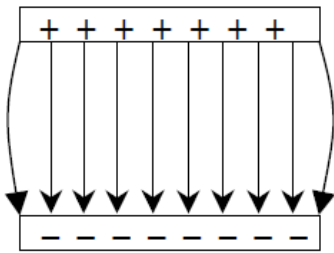
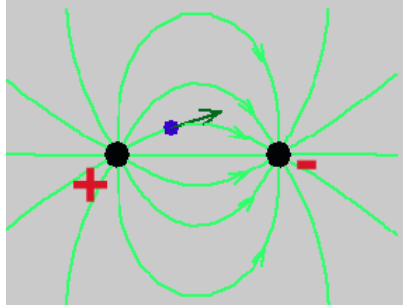


Grundwissen Physik Jahrgangsstufe 9

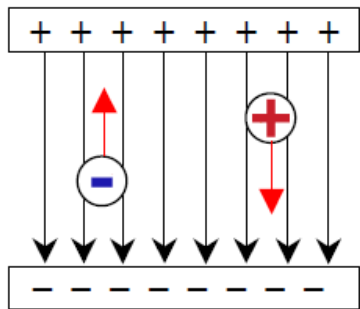
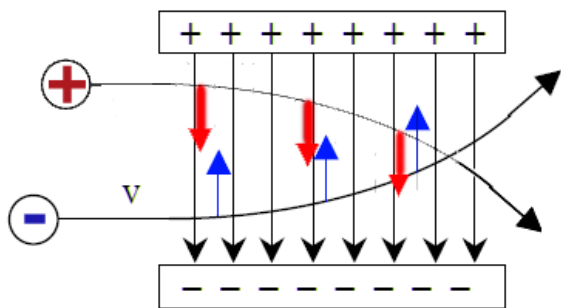
Elektrische Felder

Im Raum um einen elektrisch geladenen Körper existiert ein **elektrisches Feld**. In ihm werden auf andere geladene Körper Kräfte ausgeübt. Auch das elektrische Feld lässt sich durch Feldlinien veranschaulichen, die die Richtung der Kraft auf eine positive Probeladung angeben.

Beispiele für elektrische Felder:

<p>Elektrische Felder um geladene Kugeln</p>	
<p>Feld zwischen zwei geladenen Platten (Plattenkondensator) Im Inneren ist ein homogenes elektrisches Feld., die Kraftwirkung ist nach Betrag und Richtung konstant. Im Außenbereich ist das Feld inhomogen.</p>	
<p>Elektrisches Feld zwischen zwei geladenen Kugeln. Die Kraft auf eine (positive) Probeladung ist eingezeichnet.</p>	

Bewegung von Ladungen

<p>Bringt man Ladungen in ein homogenes elektrisches Feld, so erfahren sie eine Kraft in Feldrichtung (positive Ladungen) bzw. entgegen der Feldrichtung (negative Ladungen).</p>	
<p>Ladungen, welche mit konstanter Geschwindigkeit senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes elektrisches Feld eintreten, werden im Kondensator auf einer Parabelbahn abgelenkt. Dies wird bei der Braunschen Röhre angewandt.</p>	

Magnetfeld

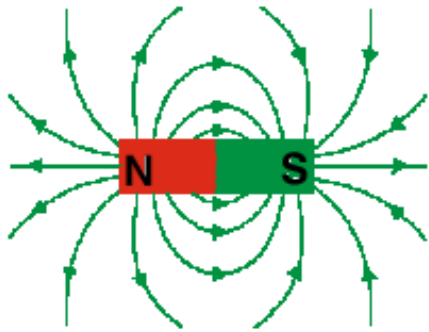
Die Kräfte, die von einem Magneten ausgehen, heißen magnetische Kräfte. Der Raum, in dem diese magnetischen Kräfte wirksam sind, heißt **magnetisches Feld**.

Das Magnetfeld in der Umgebung magnetischer Körper kann durch **Feldlinien** dargestellt werden. Eine Magnetnadel richtet sich entlang einer Feldlinie aus, wobei der Nordpol der Magnetnadel immer in Richtung der Feldlinie zeigt.

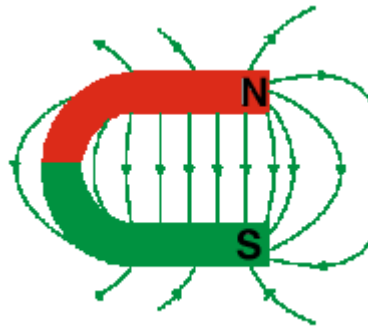
Der Verlauf von Feldlinien lässt sich durch Eisenfeilspäne sichtbar machen. Feldlinien schneiden sich nie!

Beispiele für Magnetfelder:

Stabmagnet



Hufeisenmagnet



Das Magnetfeld im Inneren des Hufeisenmagneten ist homogen. Die Feldlinien verlaufen parallel. Die Feldstärke im Inneren ist damit nach Betrag und Richtung konstant.

Magnetfelder stromdurchflossene Leiter

Gerader Leiter:

Konzentrische Kreise um den Leiter herum

Rechte-Hand-Regel: Zeigt der Daumen der rechten Hand in die technische Stromrichtung (von + nach -), so geben die gekrümmten Finger die Richtung der kreisförmigen Feldlinien an.

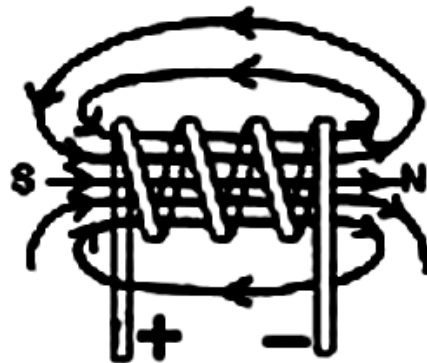


Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule:

Das Magnetfeld gleicht im Außenbereich dem Magnetfeld eines Stabmagneten.

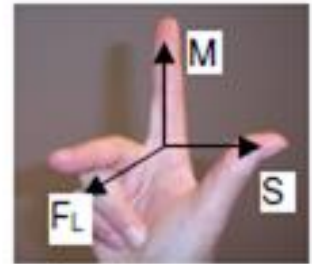
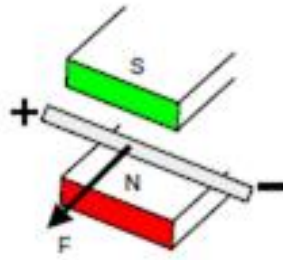
Im Inneren laufen die Feldlinien vom Südpol zum Nordpol, im Außenbereich normal vom Nordpol zum Südpol.

Mit zunehmender Windungszahl und zunehmender Stromstärke nimmt die Stärke des Magnetfeldes zu.



Kraft auf stromdurchflossenen Leiter

Ein stromdurchflossener Leiter erfährt im Magnetfeld eine Kraft, wenn der Leiter nicht parallel zu den Magnetfeldlinien verläuft. Sie ist am größten, wenn Strom und Feldrichtung zueinander senkrecht stehen. Die Richtung der Kraft wird mit Hilfe der **UVW-Regel der rechten Hand** ermittelt. (Ursache, Vermittlung, Wirkung)



Der Daumen zeigt in die technische Stromrichtung, der Zeigefinger in die Magnetfeldrichtung und der Mittelfinger gibt die Krafrichtung an.

Auf bewegte Ladungen wirkt im Magnetfeld eine Kraft F_L (aber nur, wenn v nicht parallel zur Feldrichtung ist), die so genannte **Lorentzkraft**. Die Richtung der Kraft kann mit Hilfe der UVW-Regel ermittelt werden. Bei negativen Ladungen (Elektronen) nimmt man die linke Hand, bei positiven Ladungen (z.B. Protonen) die rechte Hand. (Technische Stromrichtung und die Richtung der Elektronen sind entgegengesetzt). Die Lorentzkraft ist immer senkrecht zu den Feldlinien und zur jeweiligen Bewegungsrichtung.

Beispiele:

Magnetfeld senkrecht zur Zeichenebene nach hinten gerichtet

Magnetfeld senkrecht zur Zeichenebene nach vorne gerichtet

Es ergeben sich hier immer Teile von Kreisbahnen, wenn v senkrecht zum Magnetfeld liegt.

Elektromotor

Beim Elektromotor wird ausgenutzt, dass im Magnetfeld eine Kraft auf eine stromdurchflossene Leiterschleife bzw. Spule wirkt.

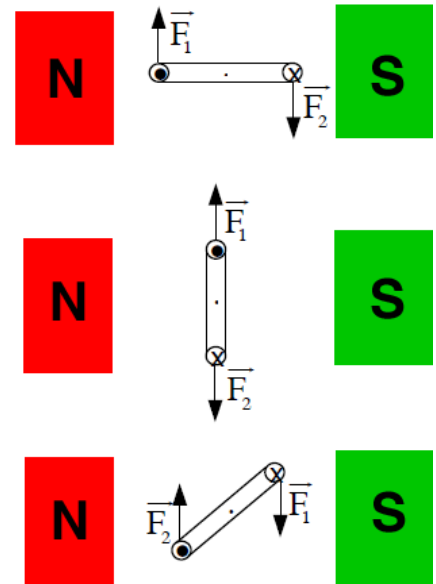
Oberes Bild: $F_1 = F_2$. Die beiden Kräfte üben auf die Leiterschleife ein Drehmoment aus. Sie dreht sich.

Mittleres Bild: Drehmoment Null (Todpunkt der Leiterschleife). Aufgrund der Trägheit dreht sie sich über den Todpunkt hinaus weiter und im Todpunkt muss dann die Stromrichtung umgepolt werden. (Bild unten). Nur dann ist ein Weiterdrehen möglich.

Die Stromzufuhr erfolgt über Schleifkontakte am Kommutator. Der Kommutator sorgt dafür, dass im geeigneten Moment die Stromrichtung in der Spule wechselt, so dass die Drehrichtung erhalten bleibt. Diese Änderung der Stromrichtung besorgt der so genannte Kommutator.

In der Technik verwendet man statt einer Leiterschleife mehrere Spulen, die jeweils um den gleichen Winkel gegeneinander verdreht sind und so vom Strom durchflossen sind, dass meist alle zum Antrieb beitragen.

Um Elektromotoren mit Gleich- und Wechselstrom betreiben zu können, verwendet man zur Erzeugung des Magnetfelds statt Permanentmagneten Elektromagneten.



Elektromotorisches Prinzip:

Beim Elektromotor wird elektrische Energie in mechanische Energie umgewandelt.

Induktionsspannung

Induktionsgesetz: Zwischen den Enden einer Spule wird Spannung induziert, wenn sich das von ihr umfasste Magnetfeld ändert.

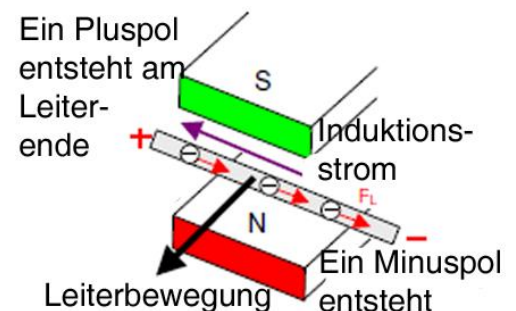
Dies kann geschehen durch:

1. Änderung der Stärke des Magnetfelds, das die Windungsebenen der Induktionsspule durchsetzt, z.B. durch Änderung der Stromstärke in der Feldspule.
2. Durch die Relativbewegung von Feldspule bzw. Magneten und Induktionsspule, bzw. durch Änderung des Winkels zwischen Spulenachse und Feldlinienrichtung.

Die Stärke der induzierten Spannung ist umso größer, je schneller und je stärker die Änderung des von der Spule umfassten Magnetfelds erfolgt und je größer die Windungszahl und die Querschnittsfläche der Spule sind oder wenn ein Eisenkern verwendet wird.

Wenn der Stromkreis mit der Induktionsspule geschlossen ist, fließt ein Induktionsstrom.

Bewegt man einen Leiter senkrecht zur Magnetfeldrichtung, wirkt auf die Elektronen im Leiter eine Lorentzkraft in Richtung des Leiters, so dass es zu einer Ladungsverschiebung innerhalb des Leiters (Induktionsstrom) kommt. Zwischen den Enden des Leiters entsteht eine Induktionsspannung. Die Richtung der Kraft auf die Elektronen ergibt sich aus der Drei-Finger-Regel der rechten Hand.



Wird in einem Magnetfeld ein Leiter so bewegt, dass er Magnetfeldlinien schneidet, so wird in ihm eine Spannung induziert (*Induktionsspannung*). Befindet sich der Leiter in einem geschlossenen Kreis, so fließt als Folge davon ein Strom (*Induktionsstrom*). Die Richtung des Stroms bestimmt man mit der **UVW-Regel der rechten Hand** ermittelt. (*U*rsache, *V*ermittlung, *W*irkung)

Der Daumen zeigt jetzt in Kraftrichtung an, der Zeigefinger in die Magnetfeldrichtung und der Mittelfinger gibt die Technische Stromrichtung an.

Ein Induktionsstrom ist immer so gerichtet, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt. (**Lenz'sche Regel**). Eine Anwendung ist die Wirbelstrombremse.

Ein **Generator** ist eine Maschine, die durch Induktion mechanische Energie in elektrische umwandelt. Elektromotor und Generator haben im Prinzip die gleiche Bauart.

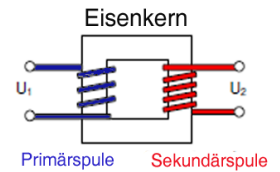
Transformator

Ein **Transformator** (kurz **Trafo**) besteht aus zwei Spulen (**Primärspule** und **Sekundärspule**), die sich auf einem gemeinsamen, geschlossenen Eisenkern befinden. An die Primärspule wird eine Wechselspannung angelegt. Das dadurch entstehende magnetische Wechselfeld durchsetzt mit Hilfe des gemeinsamen Eisenkerns die Sekundärspule und erzeugt durch Induktion in ihr wiederum eine Wechselspannung der gleichen Frequenz. Mit den Windungszahlen der Spulen N_P bzw. N_S , Primärspannung U_P bzw. Sekundärspannung U_S , Primärstromstärke I_P bzw. Sekundärstrom I_S gelten:

Spannungsübersetzung (am unbelasteten Trafo): Die Spannungen verhalten sich wie die Windungszahlen.

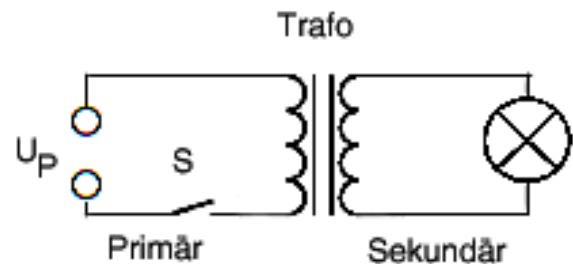
$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$\frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S}$$



Stromübersetzung (am belasteten Trafo): Die Spannungen verhalten sich umgekehrt wie die Windungszahlen.

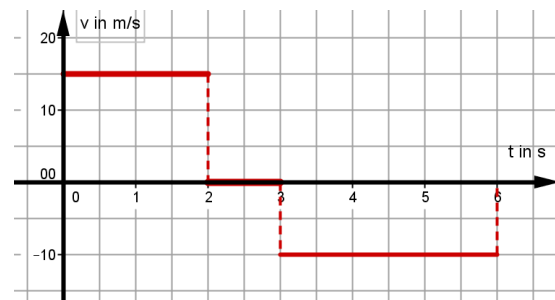
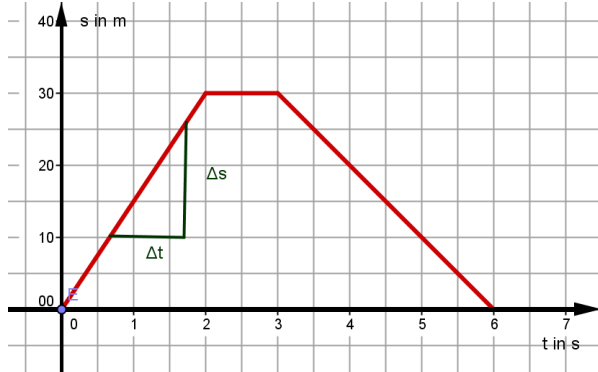
Transformatorschaltung mit dem Schaltzeichen für einen Transformator:



Transformatoren werden im Verbundnetz (Hoch/Niedertransformatieren) bei Fernleitungen, Netzteilen und beim Starkstromschweißen benötigt.

Bewegungen

Geradlinige Bewegungen ohne Beschleunigung



t-v-Diagramm

t-s-Diagramm

Aus dem t – s – Diagramm kann man ablesen:

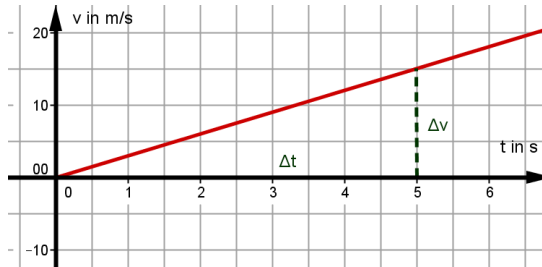
- Ein Geradenstück bedeutet eine konstante Geschwindigkeit
- Die Steigung $\Delta s / \Delta t$ ergibt die (mittlere) Geschwindigkeit im Zeitintervall Δt
- je größer der Betrag der Steigung ist, desto höher ist die Geschwindigkeit
- Steigt die Kurve an, bewegt sich der Körper vorwärts ($v > 0$)
- Fällt die Kurve, geht die Bewegung zurück ($v < 0$)

Bewegung mit Beschleunigung

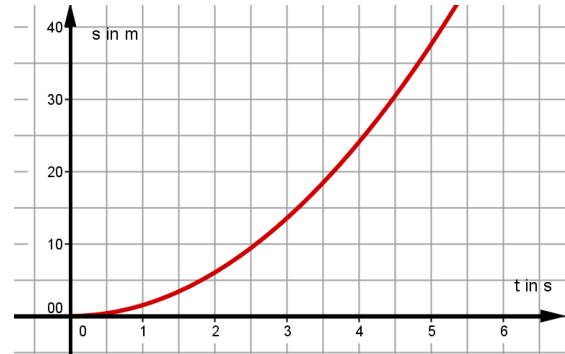
Bewegt sich ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit, ist die Kurve im $t-v$ -Diagramm ein Geradenstück

mit der Beschleunigung als Steigung: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{konstant}$

$t-v$ -Diagramm:



$t-s$ -Diagramm



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15 \frac{m}{s}}{5 s} = 3 \frac{m}{s}$$

Die Kurve im dazu gehörigen $t-s$ -Diagramm ist dann Teil der Parabel $s = \frac{a}{2} t^2 = 1,5 \frac{m}{s^2} \cdot t^2$

Bewegungsgleichungen für eine Bewegung mit konstanter Beschleunigung a

Zeit – Beschleunigungs – Funktion: $a(t) = a = \text{konstant}$

Zeit – Geschwindigkeits – Funktion: $v(t) = a \cdot t + v_0$

Zeit – Ort – Funktion: $s(t) = \frac{a}{2} t^2 + v_0 \cdot t + s_0$

Dabei ist $v(t)$ die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t , $s(t)$ ist der Ort zum Zeitpunkt t , $v_0 = v(0s)$ ist die Anfangsgeschwindigkeit zu Zeitbeginn und $s_0 = s(0s)$ ist der Anfangsort zu Zeitbeginn.

Wichtig ist außerdem $v^2 - v_0^2 = 2 a s$

Freier Fall

Unter dem freien Fall versteht man die Fallbewegung eines Körpers, auf den nur die Gewichtskraft wirkt (d.h. ohne jegliche Reibung wie den Luftwiderstand). Unter dieser Voraussetzung fallen alle Körper gleich.

Die Fallbeschleunigung g ist konstant und beträgt bei uns etwa $9,81 \frac{m}{s^2}$

Bewegungsgleichungen:

$$g(t) = g = \text{konstant} = -9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$v(t) = g \cdot t$$

$$h(t) = \frac{g}{2} t^2 + h_0$$

($h(t)$ ist Höhe zum Zeitpunkt t und h_0 die Anfangshöhe)

Atom- und Kernphysik

Ölfleckversuch:

Auf eine Wasseroberfläche lässt man einen kleinen Tropfen fallen. Der Tropfen besteht aus Äther und Öl im Mischungsverhältnis von z.B. 1000 zu 1. Der Äther verdunstet beim Auftreffen auf das Wasser und es bleibt nur noch die sehr kleine Menge Öl übrig. Man nimmt nun an, dass sich eine monomolekulare Schicht (nur ein Molekül dick) bildet.

Um das Ölvolumen in einem Tropfen zu bestimmen, muss man die Anzahl der Tropfen für 1 cm^3 des Gemisches zählen und das Mischverhältnis kennen. Bestimmt man noch die Fläche A des Ölflecks (Die Fläche wird durch vorher aufgebracht Korkmehl sichtbar), so kann man damit den Durchmesser eines Moleküls ($d_{\text{Molekül}} = V_{\text{Öl}} : A$) und damit den Atomdurchmesser näherungsweise errechnen. Der Versuch liefert nicht den genauen Wert, sondern nur die Größenordnung:
Atome haben einen Durchmesser im Bereich von 10^{-10} m .

Rutherford

Ernest Rutherford (1871 – 1937) beschoss 1909 eine sehr dünne Goldfolie mit α – Teilchen (zweifach positiv geladene Heliumkerne).

Der Versuch brachte folgende Ergebnisse:

- Die meisten α -Teilchen gehen ungehindert durch die Folie hindurch.
- Einige werden abgelenkt, sehr wenige werden sogar zurückgestreut.

Folgerungen von Rutherford:

Atome bestehen aus einem positiv geladenen Kern, der fast die gesamte Masse des Atoms enthält, und einer Atomhülle, in der sich die negativ geladenen Elektronen befinden. Der Durchmesser des Kerns liegt in einer Größenordnung von 10^{-14} m .

Kernaufbau

Der Atomkern ist aus positiv geladenen **Protonen** (p) und elektrisch ungeladenen **Neutronen** (n)

Aufgebaut, lediglich Wasserstoff besteht nur aus einem Proton.

Diese Kernbausteine werden auch als **Nukleonen** bezeichnet.

Z: Anzahl der Protonen (Kernladungszahl, Ordnungszahl im Periodensystem)

N: Anzahl der Neutronen

$A = Z + N$ heißt **Massenzahl**

Atome mit gleicher Protonenzahl Z, aber unterschiedlicher Neutronenzahl N heißen **Isotope** des gleichen Elements (Element bestimmt durch Z).

Schreibweise: ${}^{14}_7\text{C}$ oder 14 C oder kurz $\text{C } 14$. (C steht für das Element Kohlenstoff)

Obwohl sich die Protonen im Kern gegenseitig elektrisch abstoßen, werden sie zusammen mit den Neutronen von der so genannten **starken Kraft** (Kernkraft) zusammengehalten. Ihre Reichweite ist kleiner als der Kernradius und übertrifft die Wirkung der elektrischen Abstoßung bei weitem. Atomkerne können nur auf Grund der Wirkung der starken Kraft stabil sein.

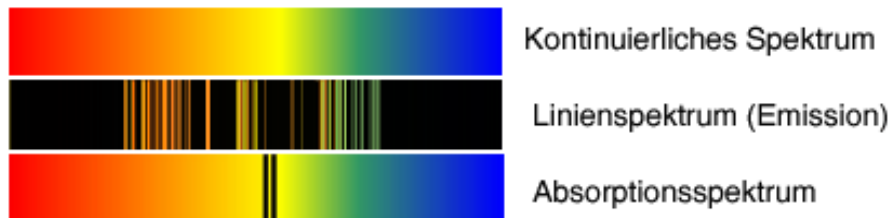
Protonen und Neutronen bestehen aus je drei kleineren Teilchen, den so genannten **Quarks**.

Das u-Quark (up) trägt die Ladung $\frac{2}{3} e$, das d-Quark (down) $-\frac{1}{3} e$. Das Proton besteht aus 2 u- und einem d-Quark, das Neutron aus 2 d- und einem u-Quark.

Spektren

Licht kann man mit einem Prisma in die unterschiedlichen Farben zerlegen. Dabei treten folgende Fälle auf:

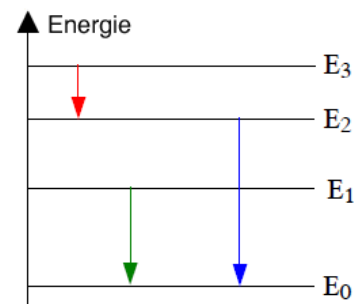
- glühende Körper (z.B. Glühlampe) senden (**emittieren**) ein **kontinuierliches Spektrum** aus (enthält alle Farben)
- Gasentladungslampen erzeugen ein **Linienpektrum**, d. h. ein Spektrum mit einzelnen, diskreten Linien. In einer solchen Lampe werden Gasatome eines bestimmten chemischen Elementes (z. B. Quecksilber) durch Stromfluss (Stöße mit Elektronen) zum Leuchten angeregt. Jedes Gas sendet dabei ein für ihn charakteristisches Spektrum aus. Durch dieses Spektrums kann das Element bestimmt werden (**Spektralanalyse**).



Viele Lichtquellen strahlen auch außerhalb des sichtbaren Spektrums im **ultravioletten [UV]** und im **infraroten [IR]** Bereich.

Die Aussendung (Emission) und Aufnahme (Absorption) von Licht hängt mit der Energie zusammen. Da die Energien im atomaren Bereich sehr klein sind, verwendet man als Energieeinheit das **Elektronenvolt (eV)**: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- In der Atomhülle kann die Energie der Elektronen nur bestimmte Werte annehmen. (diskrete Energieniveaus)
- Damit die Energie eines Elektrons der Atomhülle von einem Niveau auf ein anderes springt, muss es ein geeignetes Energiepaket (= Photon) aufnehmen oder abgeben.
- Die Photonenenergie ist je nach Farbe (Frequenz) des Lichts unterschiedlich groß: Sie ist am roten Rand des Spektrums am geringsten (1,5 eV), am violetten Rand am größten (3,3 eV).
- Höhere Intensität des Lichts bedeutet, dass die Lichtquellen in jeder Sekunde mehr Photonen der **gleichen** Energie aussenden.

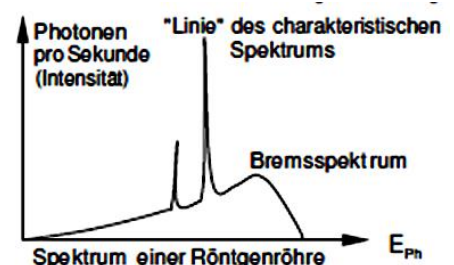


Röntgenstrahlung

Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923) entdeckt 1895 die **Röntgenstrahlen**. Sie bestehen aus hoch-energetischen Photonen (100 eV bis zu MeV). Sie entstehen, wenn stark beschleunigte Elektronen auf Materie auftreffen.

Das Röntgenspektrum besteht aus zwei Anteilen:

- Das kontinuierliche **Bremsspektrum**. Elektronen werden abgebremst und geben ihre Energie teilweise in Form von unterschiedlichen Photonen ab. Die maximal mögliche Photonenenergie ist der Gesamtenergie des Elektrons.
- Das **charakteristische Spektrum**. Durch die Elektronen angeregte Atome senden Photonen aus. Es sind nur diskrete, charakteristisch für des Anodenmaterial, Photonenenergien möglich.



Radioaktivität

Kernzerfälle treten bei allen natürlichen und künstlichen Radionukliden spontan auf. Dabei entsteht α -Strahlung, β -Strahlung, γ -Strahlung.

- α -Strahlung besteht aus doppelt positiv geladenen Heliumkernen, die Reichweite in Luft beträgt weniger als 10 cm. Abschirmung bereits durch Papier.
- β -Strahlung besteht aus Elektronen (β^-) oder Positronen (β^+), die bis zu 99% der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Ihre Reichweite beträgt wenige Meter. Abschirmung z.B. durch eine dünne Aluminiumplatte.
- γ -Strahlung ist eine unsichtbare durchdringende Lichtart hochenergetische Photonen mit Lichtgeschwindigkeit, die Reichweite in Luft ist sehr hoch. Erst ca. 15 cm dickes Blei kann 50% der Strahlung abschirmen.

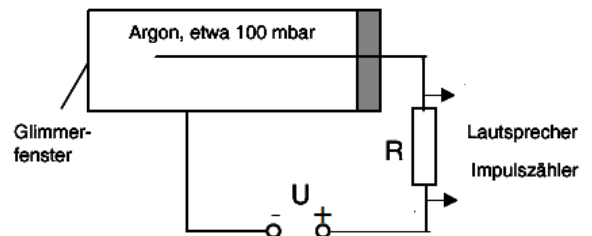
Die radioaktive Strahlung

- schwärzt Filme,
- ionisiert Gasmoleküle,
- schädigt Zellen.

α -Strahlen und β -Strahlen werden in magnetischen oder elektrischen Feldern abgelenkt.

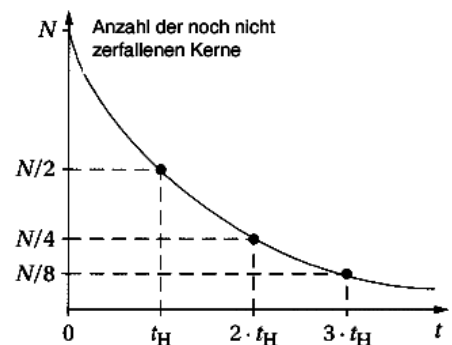
Radioaktive Strahlung kann man mit dem **Geiger-Müller-Zählrohr** (GMZ) nachweisen. Durch die eindringende Strahlung entstehen durch Ionisation freie Elektronen. Diese werden durch eine hohe Spannung zwischen Gehäuse und Draht stark beschleunigt und erzeugen durch Stoßionisation eine „Elektronenlawine“ und damit ein kurzzeitiger Stromstoß, der an R einen Spannungsstoß erzeugt.

Dieser Spannungsstoß wird mit einem Zähler registriert. Während des Stromstoßes sinkt der Widerstand des GMZ stark ab, da die meiste Spannung jetzt an R anliegt, so dass dadurch die Entladung zum Erliegen kommt. Innerhalb dieser Totzeit von etwa 0,1 ms kann das GMZ kein weiteres Teilchen registrieren.



Zerfallsgesetz

Der radioaktive Zerfall einer großen Menge von Kernen kann mit Hilfe des Zerfallsgesetzes beschrieben werden, dagegen ist über einen einzelnen bestimmten Kern keine Aussage möglich. Jeweils nach der so genannten **Halbwertszeit** t_H ist die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Kerne zerfallen. Das gleiche gilt für die **Aktivität A** eines radioaktiven Präparats (d.h. nach t_H ist sie nur noch halb so groß).



$$A = \frac{\text{Anzahl der Zerfälle}}{\text{Zeit}} = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Einheit: $[A] = 1 \text{ Bq (Becquerel)} = 1 \frac{1}{s}$ (Ein Zerfall pro Sekunde)

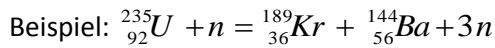
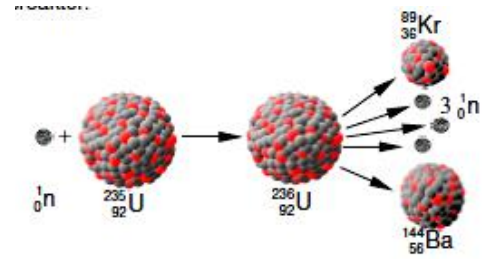
Strahlenschutzmaßnahmen:

- Strahlungsquellen abschirmen!
- großen Abstand von den Strahlungsquellen einhalten!
- nur kurzzeitig experimentieren!
- radioaktive Stoffe dürfen nicht in den Körper gelangen!

Kernspaltung

1938 entdeckten Fritz Strassmann, Lise Meitner und Otto Hahn die **Kernspaltung**.

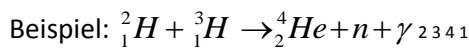
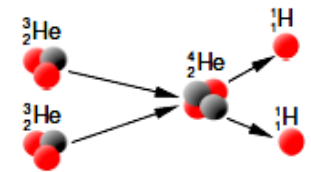
Kernspaltung ist die Aufspaltung eines schweren Atomkerns in zwei mittelschwere. Da die Bindungsenergie je Nukleon bei mittelschweren Kernen größer ist als bei schweren Kernen, tritt auch dabei ein Massenverlust bzw. Energiefreisetzung auf. Sie steckt überwiegend als kinetische Energie in den Bruchstücken. Auf diesem Prinzip beruht die Energiegewinnung in Kernkraftwerken und Atombomben.



Kernfusion

Ebenfalls 1938 fanden Hans Bethe und Carl Friedrich von Weizsäcker heraus, dass in der Sonne durch Verschmelzen von Wasserstoffkernen zu Helium (**Kernfusion**) Energie frei wird.

Kernfusion ist die Verschmelzung von leichten Atomkernen zu einem schwereren Kern, dessen Nukleonen starker aneinander gebunden sind. Das ist nur durch einen weiteren Massenverlust bzw. eine Energieabgabe zu erreichen. Nach diesem Prinzip arbeiten die Energiefreisetzung im Inneren der Sonne, die Wasserstoffbombe und der Fusionsreaktor. Kerne müssen sich dabei sehr nahe kommen, es ist eine hohe Geschwindigkeit nötig, um die abstoßenden Kräfte durch die Kernladung zu überwinden. Voraussetzung für Fusion sind hohe Temperatur und hoher Druck. In der Sonne sind diese Bedingungen erfüllt.



Massendefekt

Die Masse eines Atomkerns ist kleiner als die Massensumme seiner Bestandteile. Die Differenz (Summe der Einzelbestandteile) – Nuklidmasse bezeichnet man als Massendefekt.

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_X$$

Beispiel:

He besteht aus 2p und 2n

$$2 m_p + 2 m_n = 2 \cdot 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 2 \cdot 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,695 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_{\text{He}} = 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \Rightarrow \Delta m = 0,0504 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Nach Einstein wurde diese Masse Δm in Energie $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ umgewandelt. Diese Energie benötigt man, um den Kern wieder in seine Bestandteile zu zerlegen, deshalb heißt sie **Bindungsenergie E_B** .

In der nebenstehenden Graphik ist die

mittlere Bindungsenergie pro Nukleon $\frac{E_B}{A}$

angegeben.

Beispiele für Energien:

Fusion: $\Delta E = 0,0504 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,4536 \cdot 10^{-11} \text{ J} \approx 28 \text{ MeV}$

Kernspaltung: $\Delta mc^2 = (m_n + m_p - m_{\text{Kr}} - m_{\text{Ba}} - 3m_n) \cdot c^2 =$
 $= (0,0167493 + 3,90300 - 1,47651 - 2,38990 - 0,0502479) \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot c^2 = 0,00309 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot c^2 =$
 $= 2,781 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 174 \text{ MeV}$

