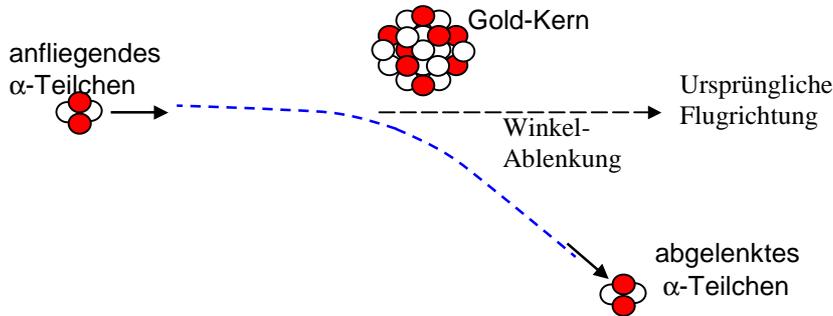


Ölfleckversuch:

Auf die Wasseroberfläche wird eine so kleine Menge an Öl aufgebracht, dass sich eine monomolekulare Schicht (nur ein Molekül dick) bildet. Der Trick besteht darin, dass man eine Mischung aus Benzin und Öl mit einem hohen Mischverhältnis herstellt. Das Benzin verdunstet beim Auftreffen auf das Wasser und es bleibt nur noch die kleine Menge Öl übrig. 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 (Größe durch vorher aufgebrautes 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.

Ergebnis: Atome haben einen Durchmesser im Bereich von 10^{-10} m (Zehnmillionstelmmillimeter).

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



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.

Vergleich der Größenordnungen Atom – Kern:

Atomhülle \cong Eiffelturm (300 m hoch) \Rightarrow Atomkern etwa 3 cm

Der Atomkern ist aus positiv geladenen **Protonen** (p) und elektrisch ungeladenen **Neutronen** (n) aufgebaut. (Ausnahme: Wasserstoff besteht nur aus einem Proton)

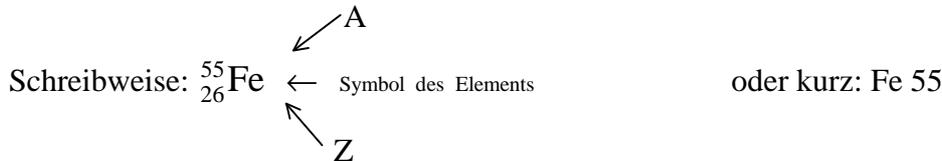
Diese Kernbausteine werden auch als **Nukleonen** bezeichnet.

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).



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 Kerndurchmesser 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**.

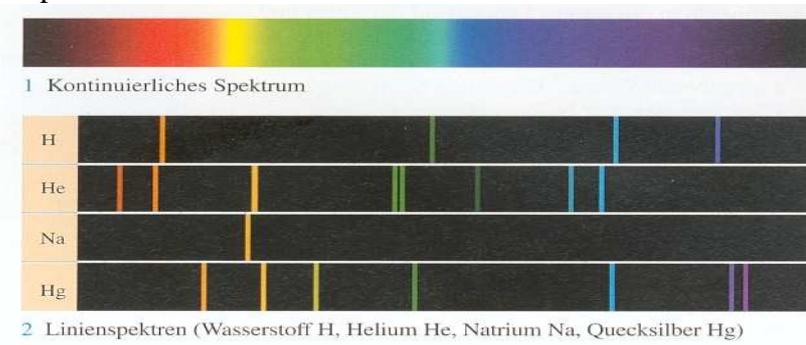
Das u-Quark (up) trägt die Ladung $2/3e$, das d-Quark (down) $-1/3e$.

Das Proton besteht aus 2 u- und einem d-Quark, das Neutron aus 2 d- und einem u-Quark.

Mit Hilfe eines Prismas zerlegt man Licht in die unterschiedlichen Farben. 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. D.h. an Hand des Spektrums kann das Element bestimmt werden (*Spektralanalyse*).

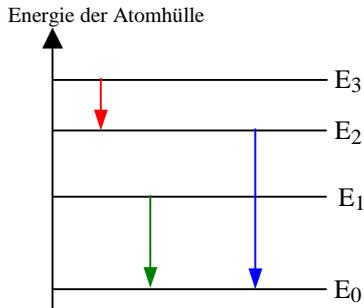
Beispiele für Emissionsspektren:



Viele Lichtquellen senden auch Strahlung außerhalb des sichtbaren Spektrums aus. (jenseits von violett: *ultraviolett [UV]*, jenseits von rot: *infrarot [IR]*)

Die Elektronenhülle eines Atoms besitzt nur ganz bestimmte (diskrete) Energieniveaus. Wechselt die Hülle von einem höheren auf ein niedrigeres Energieniveau, so sendet das Atom ein **Photon** (Licht“teilchen“, bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit, kann nur als ganzes erzeugt und vernichtet werden) mit dieser Energiedifferenz aus.

Darstellung in einem Energieniveauschema:



Bei den eingezeichneten Energieübergängen wird Licht in der jeweils gezeichneten Farbe emittiert (jeweils ein Photon).

Da die Energien im atomaren Bereich sehr klein sind, definiert man eine neue Einheit, das so genannte **Elektronenvolt (eV)**:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

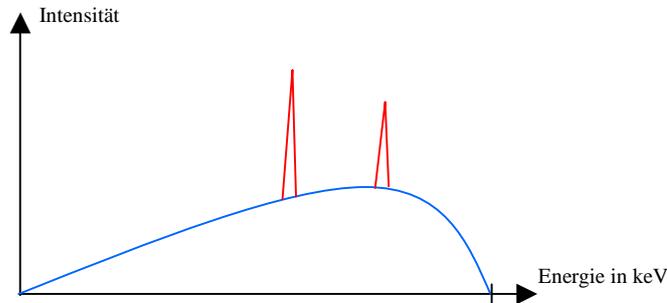
sichtbares Licht: Photonenenergie beträgt etwa 1,6 eV (rot) – 3,3 eV (violett)

Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923) entdeckt 1895 die **X – Strahlen** (später **Röntgenstrahlen**); er erhielt 1901 dafür den Nobelpreis

Sie bestehen aus hochenergetischen Photonen (100 eV bis zu MeV). Sie entstehen, wenn stark beschleunigte Elektronen auf Materie auftreffen.

Das Röntgenspektrum besteht aus zwei Anteilen:

- (1) kontinuierliches **Bremsspektrum** (Elektronen werden abgebremst und geben ihre Energie z.T. in Form von Photonen ab; beliebige Energieportionen möglich; Photonenenergie maximal gleich der Gesamtenergie des Elektrons)
- (2) **charakteristisches Spektrum** (durch die Elektronen angeregte Atome senden Photonen aus; nur diskrete Energiewerte möglich; Photonenenergien charakteristisch für des Anodenmaterial)

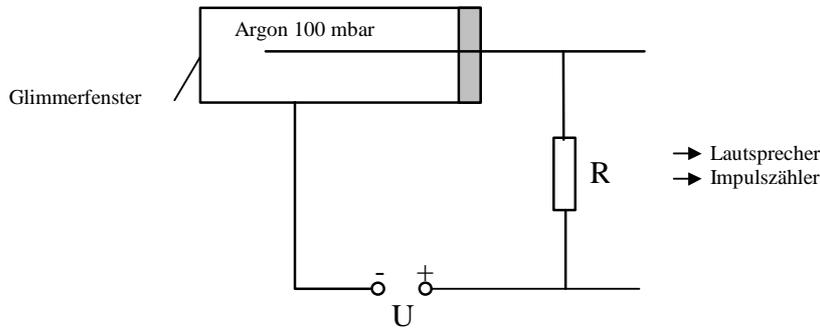


Atome 7

Radioaktivität (Eigenschaften/Nachweis)

Wirkungen: Schwärzung von Photoplatten
Ionisierung
Szintillation bei bestimmten Substanzen (siehe Versuch von Rutherford)

Geiger – Müller – Zählrohr (GMZ):



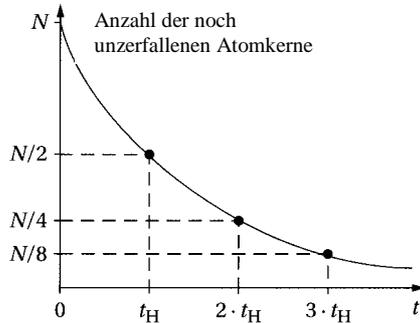
Durch die eindringende Strahlung entstehen durch Ionisation freie Elektronen. Diese werden durch die hohe Spannung zwischen Gehäuse und Draht stark beschleunigt und erzeugen durch Stoßionisation weitere Ladungen. Dadurch entsteht eine regelrechte Elektronenlawine und damit ein kurzzeitiger Stromstoß, der an R einen Spannungsstoß erzeugt. Dieser Spannungsstoß wird mit einem Zähler registriert. Während des Stromstoßes sinkt der Widerstand des GMZ stark ab (ein Großteil der Spannung liegt an R an), so dass dadurch die Entladung zum Erliegen kommt (Dauer etwa 10^{-4} s). Somit ist das GMZ bereit für ein weiteres Teilchen.

Atome 8

Radioaktivität/Strahlungsarten

α – Strahlung	β – Strahlung	γ – Strahlung
Heliumkerne (2p, 2n)	β^- : Elektronen ($n \rightarrow p + e^-$) β^+ : Positronen ($p \rightarrow n + e^+$) (nur bei künstlich hergestellten Isotopen)	angeregter Atomkern sendet energiereiche Photonen aus (meist begleitende Strahlung)
${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\alpha$	${}_{55}^{137}\text{Cs} \rightarrow {}_{56}^{137}\text{Ba} + {}_{-1}^0e^- (\beta^-)$ ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_1^0e^+ (\beta^+)$	
durch elektrische und magnetische Felder ablenkbar	durch elektrische und magnetische Felder ablenkbar	durch elektrische und magnetische Felder nicht ablenkbar
abschirmbar durch Papier	Metallbleche	durchdringt selbst dicke Bleiplatten
Reichweite in Luft: einige cm	einige m	große Reichweite
Ionisationsvermögen sehr stark	mittel	schwach

Der radioaktive Zerfall einer großen Menge von Kernen kann mit Hilfe des Zerfallsgesetzes beschrieben werden. (über den einzelnen Kern ist keine Aussage möglich)

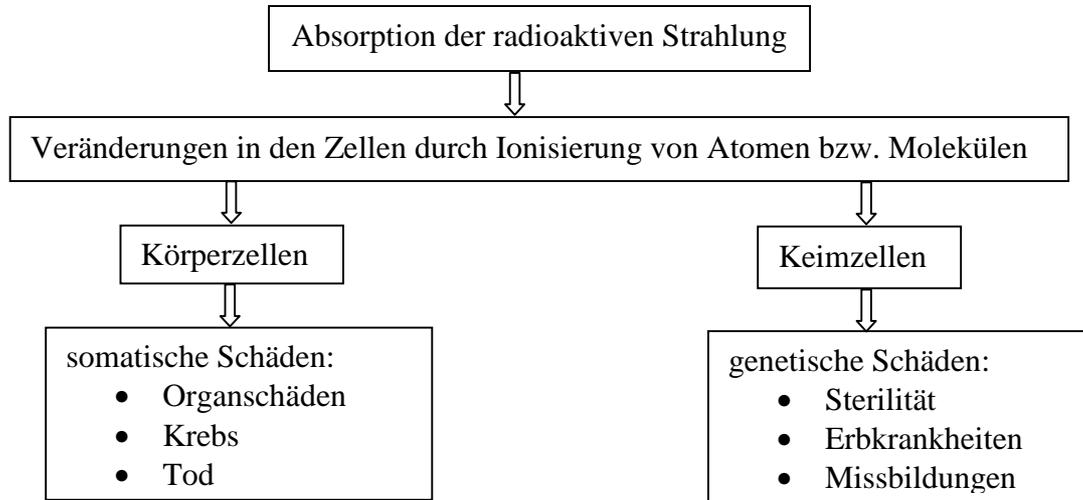


Jeweils nach der so genannten **Halbwertszeit t_H** ist die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Kerne zerfallen.

Das gleiche gilt für die **Aktivität A** eines radioaktiven Präparats (d.h. nach t_H ist sie nur noch halb so groß).

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

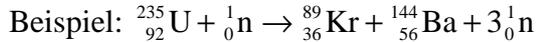
$$[A] = 1 \text{ Bq (Becquerel)} = 1 \frac{\text{Zerfall}}{\text{s}}$$



Strahlenschutzmaßnahmen:

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

1938 entdeckten Fritz Strassmann, Lise Meitner und Otto Hahn die *Kernspaltung*. Sie beschossen Uran mit langsamen Neutronen und dabei entstanden zwei mittelschwere Kerne und einige Neutronen.



Bei der Kernspaltung wird Energie frei. Sie steckt überwiegend als kinetische Energie in den Bruchstücken.

(friedliche Nutzung: Kernkraftwerke ; militärische Nutzung: Atombombe)

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. (friedliche Nutzung: Fusionskraftwerke [noch in der Entwicklung] ; militärische Nutzung: Wasserstoffbombe)

Beispiel: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + \gamma$ (Fusionsreaktor)

Problem: Kerne müssen sich sehr nahe kommen, d.h. eine hohe Geschwindigkeit ist nötig, um abstoßende Kräfte durch die Kernladung zu überwinden.

⇒ Voraussetzung für Fusion: hohe Temperatur und hoher Druck

In der Sonne sind diese Bedingungen erfüllt: $T \approx 15 \cdot 10^6 \text{ K}$, $p \approx 2 \cdot 10^{16} \text{ Pa}$

Vergleicht man die Massen der Bausteine, aus denen ein Kern besteht, mit der Masse des Kerns, so stellt man einen Unterschied fest.

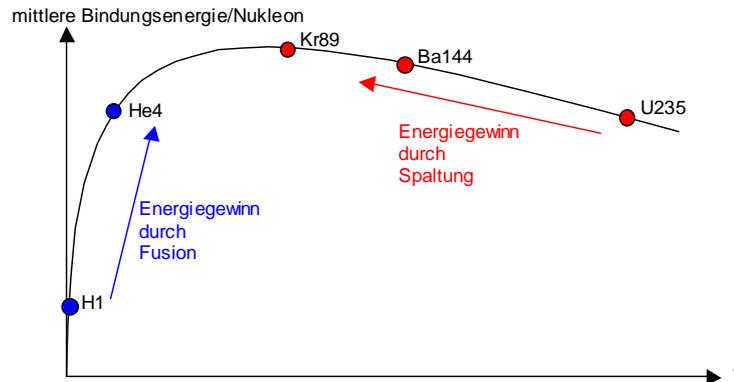
Beispiel: He besteht aus 2p und 2n

$$2 m_p + 2 m_n = 2 \cdot 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 2 \cdot 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6,69510 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_{\text{He}} = 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Die Masse eines Atomkerns ist immer kleiner als die Massensumme seiner Bestandteile. (**Massendefekt**) Nach Einstein wurde diese Masse Δm in Energie ΔE umgewandelt ($\Delta E = \Delta m \cdot c^2$). Diese Energie muss aufgebracht werden, um den Kern wieder in seine Bestandteile zu zerlegen, deshalb spricht man hier auch von **Bindungsenergie E_B** .

Häufig verwendet man den Begriff der **mittleren Bindungsenergie pro Nukleon $\frac{E_B}{A}$** .



Energiebilanzen für Fusion/Spaltung:

Fusion: He (siehe oben): $\Delta E = 0,0504 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 4,536 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 28 \text{ MeV}$

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