

## Inhaltsverzeichnis

### Kapitel 1 - Atome

- 1.1 Atome
- 1.2 Quarks
- 1.3 Isotope

### Kapitel 2 - Radioaktivität

- 2.1 Strahlungsarten
- 2.2 Der radioaktive Zerfall am Beispiel des Urans
- 2.3 Ionen

### Kapitel 3 - Kernspaltung

- 3.1 Entdeckung
- 3.2 Die Kernspaltung am Beispiel des Uran
- 3.3 Kettenreaktion
- 3.4 Anreicherung

### Kapitel 4 - Kernfusion

- 4.1 Kernfusion

### Kapitel 5 - Kernwaffen

- 5.1 Atombombe
- 5.2 Wasserstoffbombe
- 5.3 Cobaltbombe
- 5.3 Neutronenbombe

### Anlagen

- Abb. 1 - Das Atommodell
- Abb. 2 - Uran ( U-238 )
- Abb. 3 - Strahlung
- Abb. 4 - Abschirmung
- Abb. 5 - Zerfall von Uran
- Abb. 6 - Halbwertszeit
- Abb. 7 - Kernspaltung
- Abb. 8 - Kettenreaktion
- Abb. 9 - Kernfusion
- Abb. 10 - Schema einer A-bombe
- Abb. 11 - Zerstörungskraft eine A-Bombe

### Quellen

#### Kapitel 1 - Atome

##### 1.1 Atome

##### Abb. 1

aus dem gr. von atomos - unteilbar; unteilbarer Urstoff.

Der Philosoph Demokrit nahm schon vor 2000 Jahren an, daß alle Materie aus kleinsten, nicht mehr teilbaren Teilchen bestehe.

1803 wurde diese Atomtheorie vom Engländer John Dalton erweitert. Er entdeckte, daß es Stoffe gibt, die nur aus einer Atomsorte bestehen. Man nennt sie chem. Elemente ( z.B. Gold, Sauerstoff und Eisen ). Die Atome haben unterschiedliche Massen.

Heute findet man häufig folgende Definition des Atombegriffs:

" Ein Atom ist der kleinste Baustein eines chem. Grundstoffes oder Elements, der ohne Verlust der typischen Eigenschaften dieses Elements

nicht mehr geteilt werden kann. "

Um ein Beispiel zu nennen wie groß Atome sind:

a) Alle 5 Milliarden Menschen die z.Zt. auf der Erde leben, würden, wenn ein Mensch so groß wie ein Atom wäre, eine etwa 50 cm lange Kette bilden.

oder

b) Wenn der Atomkern die Größe einer Kirsche hätte, dann wäre ein ganzes Atom so groß wie der Kölner Dom.

1913 entwickelte der dänische Physiker Nils Bohr ein neues Atommodell, das auch heute noch der Wirklichkeit sehr nahe kommt. Danach ist ein Atom ähnlich aufgebaut wie ein Sonnensystem, d.h. um den massereichen Atomkern kreisen in großem Abstand die Elektronen.

Das heutige Atombild:

Ein Atom besteht aus einem Atomkern und einer Atomhülle. Dabei ist der Kern positiv und die Hülle negativ geladen. Dabei trägt der Atomkern fast die gesamte Masse des Atoms. Er ist aufgebaut aus Protonen und Neutronen, die jeweils fast 2000 mal schwerer sind als die Elektronen, aus der die Atomhülle besteht.

Das Proton hat die positive elektrische Ladung, die den gleichen Wert besitzt wie die negative des Elektrons. Das Neutron jedoch ist elektrisch neutral.

Den Wert der elektrischen Ladung des Protons oder Elektrons nennt man Elementarladung.

Protonen und Neutronen werden oft zusammenfassend als Nukleonen bezeichnet und bestehen ihrerseits aus noch kleineren Teilchen, den Quarks.

## 1.2 Quarks

Lange Zeit glaubte man, daß die Nukleonen "Elementarteilchen", ähnlich wie das Elektronen nicht mehr teilbar seien und auch keine innere Struktur hätten. Sie sind jedoch aus noch kleineren Teilchen, den sogenannten "Quarks" aufgebaut. Sie kommen in der Natur nie als freie unabhängige Teilchen vor.

Heute kennt man sechs verschiedene Quarks.

Die zwei, für die normale, stabile Materie wichtigen sind:

das u-Quark ( von eng. "up" ) und das d-Quark ( von eng. "down" ).

Drei Quarks bilden jeweils ein Nukleon.

Die jeweiligen elektrischen Ladungen:

u-Quark	=	+ 2/3
d-Quark	=	- 1/3
Elektron	=	- 1

Aufbau der Nukleonen:

Protonen = 2 u-Quarks + 1 d-Quark (  $\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$  )

Neutronen = 2 d-Quarks + 1 u-Quark (  $-\frac{1}{3} - \frac{1}{3} + \frac{2}{3} = 0$  )

Die Menschen, die Erde, das ganze Milchstraßensystem sind praktisch aus drei Grundbausteinen aufgebaut:

u-Quarks, d-Quarks und Elektronen.

Beispiel:

Ein 30-kg schweres Kind besteht aus:

$2,8 \cdot 10^{28}$  u-Quarks,  $2,6 \cdot 10^{28}$  d-Quarks und  $10^{28}$  Elektronen, wobei  $10^{28}$  eine 1 mit 28 Nullen ist.

Die Quarks bilden Nukleonen, diese schließen sich zu Atomkernen zusammen.

Kerne und Elektronen vereinigen sich zu Atomen, diese fügen sich zu kleinen oder riesigen Molekülen wie Wasser oder Eiweiß zusammen. Milliarden von Molekülen bilden unsere Körperzellen, von denen ein Mensch viele Billionen besitzt.

### 1.3 Isotope

Abb. 2

Die Atome eines Elements haben alle die gleiche Anzahl von Protonen und Elektronen, können sich trotzdem aber voneinander unterscheiden. Sie haben dann im Kern unterschiedliche Neutronenzahlen. Allgemein bezeichnet man Atome mit gleicher Protonenzahl aber unterschiedlicher Neutronenzahl als Isotope eines bestimmten Elements.

Uran kommt in der Natur z.B. mit 234, 235 und 238 Nukleonen vor. Urankerne besitzen alle 92 Protonen. Die 3 Uranisotope haben daher 142 (  $234 - 92$  ), 143 und 146 Neutronen in ihren Atomkernen. Man bezeichnet sie als U-234, U-235 und U-238.

Die Gesamtzahl der Nukleonen eines Isotops wird als Massenzahl, die Zahl der Protonen als Ordnungszahl oder Kernladungszahl bezeichnet. U-235 hat also die Massenzahl 235 und die Ordnungszahl 92.

Gleichnamige Ladungen stoßen sich bekanntlich ab, ungleiche ziehen sich an. So halten die positiven Atomkerne die negativen Elektronen fest und zwingen sie auf ihre Kreisbahnen. Da die meisten Atomkerne aus mehreren Protonen bestehen, müßten sie daher eigentlich zerplatzen.

Wie ist es z.B. möglich, daß beim Kohlenstoffkern 6 positive Protonen auf engstem Raum zusammenbleiben? Das liegt daran, daß zwischen den Nukleonen eine noch viel größere Kraft, die sog. Kernkraft wirkt, allerdings nur, wenn die Nukleonen einen sehr kleinen Abstand voneinander haben.

## Kapitel 2 - Radioaktivität

### 2.1 Strahlungsarten

Abb. 3

Nicht alle chem. Elemente sind stabil. Alle Elemente mit einer höheren Ordnungszahl als 80 und einige Isotope zerfallen, wobei die Atomkerne einen Teil ihrer Masse in Form von Strahlung abgeben. Man unterscheidet 3 Arten von Strahlung:

#### 1. Alpha - Strahlung

Sie besteht aus Heliumkernen, die aus 2 Neutronen und 2 Protonen bestehen. Daher ist die Strahlung positiv.

#### 2. Beta - Strahlung

Sie besteht aus Elektronen und ist daher negativ. Diese Elektronen entstehen dadurch, daß sich Neutronen umwandeln.

#### 3. Gamma - Strahlung

Sie besteht aus energiereichen masselosen Strahlungsteilchen bzw. Quanten (Energiepakete), wie z.B. auch beim Licht.

Entdeckt wurde die Radioaktivität 1896 vom franz. Physiker Henri Becquerel und wurde vom Ehepaar Pierre und Marie Curie genauer untersucht.

B. wollte herausfinden, ob bestimmte Steine, die vorher mit Licht bestrahlt wurden, beim Nachleuchten außer sichtbarem Licht auch unsichtbare Röntgenstrahlen aussenden. Diese sind extremkurzwellige und energiereiche elektromagnetische Strahlen, welche elektrische und magnetische Energie mittels einer Welle transportieren. Die Röntgenstrahlen durchdringen viele Stoffe (z.B. Haut, Muskeln, Papier, usw.) und belichten Photoplatten. Dabei arbeitete Becquerel mit uranhaltigem Gestein. Dieses legte er in einer Dunkelkammer auf eine unbelichtete Photoplatte, ohne daß er wußte, daß das Gestein Strahlen aussendete. Nach der Entwicklung der Photoplatte stellte er fest, daß sie durch unbekanntes Strahlung belichtet worden war. So wurde zufällig die radioaktive Strahlung entdeckt.

Radioaktive Strahlung kann man heute mit dem Geigerzähler nachweisen.

Zur Abschirmung dieser Strahlen nimmt man Stoffe, wie Blei Abb. 4 oder Beton.

### 2.2 Der radioaktive Zerfall am Beispiel des Urans

Abb

. 5

Uran wandelt sich in mehreren Schritten in Blei um. Dabei werden Uranatomkerne mit je 238 Kernbausteinen ( 92 P , 146 N ) schließlich zu Bleiatomkernen mit nur noch 206 Kernbausteinen ( 82 P, 124 N ) umgewandelt.

In diesem Umwandlungsprozess zerfällt das Uran in Thorium,

Protactinium und Polonium und noch 10 andere Elemente. Ein Teil der radioaktiven Strahlung besteht aus Kernbausteinen. Daher ist die radioaktive Strahlung mit Elementumwandlungen verbunden. Beim Zerfall eines radioaktiven Elements entsteht ein neues Element.

Die Anzahl der Kernzerfälle pro Sekunde heißt Aktivität des Körpers, gemessen in der Einheit ein Becquerel ( 1 Bq ). Eine Aktivität beträgt dann 1 Bq, wenn ein Kernzerfall pro Sekunde stattfindet.

Abb. 6

Der Zeitraum, in dem ein Element zur Hälfte seiner Masse zerfallen ist, nennt man Halbwertszeit. Bei einem Stück Uran-238 dauert die Halbwertszeit etwa 4,5 Milliarden Jahre, bei Polonium 138 Tage und bei Francium 21 Minuten.

### 2.3 Ionen

Wenn radioaktive Strahlung z.B. auf ein Atom trifft, das nach außen hin elektrisch neutral ist, so kann ein Elektron aus dem Atom herausgelöst werden. Das Atom ist dann positiv geladen. Diese Restatome, die unterschiedlich viele positive und negative Ladungen besitzen, nennt man Ionen. Durch radioaktive Strahlung können also neutrale Atome zu Ionen umgewandelt werden ( ionisiert werden ).

## Kapitel 3 - Kernspaltung

### 3.1 Entdeckung

Im Jahr 1938 beschossen die beiden deutschen Wissenschaftler Otto Hahn und Fritz Straßmann Uranatomkerne mit Neutronen. Sie stellten bei diesem Versuch fest, daß einige dieser Urankerne in zwei etwa gleich große Stücke gespalten wurden. Die Neutronen können also größere Atomkerne spalten. Protonen und Elektronen sind dafür ungeeignet, da Protonen von den Protonen des Atomkerns abgestoßen oder abgelenkt werden und Elektronen zu wenig Masse haben. Langsam fliegende Neutronen dringen in der Regel viel häufiger in Atomkerne ein als schnelle. Dabei bedeutet langsam immer noch 7920 Km/h. Das liegt daran, daß sich langsame Neutronen länger in Kernnähe aufhalten und mehr Zeit haben, mit ihm zu reagieren. Neutronen können nicht nur Atomkerne spalten, sondern auch umwandeln, indem sie in den Kern eingebaut werden.

### 3.2 Die Kernspaltung am Beispiel des Urans

Abb. 7

Das natürliche Uran besteht aus U-234, U-235 und U-238. Von 1000 Uranatomen haben 993 U-238-Kerne und 7 U-235-Kerne. Der U-234-Anteil ist dabei unwichtig.

Langsame Neutronen spalten nur die U-235-Kerne. Dabei entsteht zunächst ein Zwischenkern U-236, der jedoch instabil ist und in mehrere Bruchstücke zerplatzt, z.B. in einen Barium-144-Kern, einen Krypton-90-Kern und zwei neue Neutronen. Nach genauerer Untersuchung stellte man fest, daß diese entstandenen Bruchstücke weniger Masse haben, als der beschossene Kern und das Geschloß.

Es ist also Masse verlorengegangen, die in einen gewaltigen

Energiebetrag, die Kernenergie, umgewandelt wird.

Dies geschieht nach Einsteins Formel:  $E = m \cdot c^2$

Was ist also geschehen ?

Wie schon gesagt, wird ein Atomkern von sog. Kernkräften zusammengehalten, die verhindern, daß die positive Protonen im Kern sich abstoßen. Sie wirken allerdings nur, wenn sich die Kernbausteine ganz nahe beieinander befinden.

Im Atomkern ist auch die Kernenergie gespeichert. Wenn nun nach Eindringen des Neutrons der Kern in zwei Teile zerbricht, wirken nur noch die abstoßenden Kräfte zwischen den beiden Kernbruchstücken. Sie entfernen sich deshalb mit hoher Geschwindigkeit voneinander. Daraus folgert man, daß die Kernenergie in Bewegungsenergie der Bruchstücke umgewandelt wird. Die Kernbruchstücke, stoßen an Nachbaratome, die in starke Schwingungen versetzt werden und sich aneinander reiben. Die Bewegungsenergie wird dabei in Wärmeenergie umgewandelt.

Die neuentstehenden mittelschweren Atomkerne sind in der Regel selbst radioaktiv und senden gefährliche Strahlungen aus.

Um U-238-Kerne zu spalten, braucht man sehr schnelle Neutronen.

In einem Kilogramm Uran-235 steckt soviel Energie wie in 93 Waggons Kohle oder 67 Kesselwagen mit Heizöl. Mit dieser Energiemenge ( 23 Mio. kW/h ) könnten alle Bewohner Westdeutschlands ihre Wohnungen eine Stunde lang beleuchten.

### 3.3 Kettenreaktion

Abb. 8

Beschießt man ein Stück U-235 mit einem Neutron, spaltet dieses irgendwo einen ersten Kern, der wiederum zwei Neutronen ausstößt. Diese spalten weitere Kerne, welche wiederum 4 - 5 Neutronen freisetzen. Wenn 4 dieser Geschosse auf Nachbaratome treffen und diese zertrümmern, so bilden sich 8 - 12 neue Neutronen. Diese spalten, abgesehen von einer gewissen Verlustrate, wieder Kerne, wobei jedesmal ein gewaltiger Energiebetrag freigesetzt wird. Dieser Vorgang setzt sich weiter fort, und in Sekundenbruchteilen wächst die Zahl der gespaltenen Kerne und damit die Energiegewinnung lawinenartig an. Diesen Vorgang nennt man Kettenreaktion.

### 3.4 Anreicherung

U-235 Kerne werden durch langsame Neutronen gespalten. Um U-238 Kerne zu spalten, benötigt man hingegen sehr schnelle Neutronen. Langsame dringen zwar auch in den Kern ein, werden jedoch in ihn eingebaut, so daß sich U-239 bildet. Dieses wandelt sich über eine Zwischenstufe in Plutonium-239 um, das seinerseits gut durch langsame

Neutronen gespalten werden kann.

Man kann diesen Umweg aber wie folgt umgehen:

Das natürliche Uran besteht zu 99,3% aus U-238, was bedeutet, daß sich keine Kettenreaktion ereignen kann, wenn es mit langsamen Neutronen beschossen wird. Die 2 - 3 Neutronen, welche bei einer Spaltung eines U-235-Kerns entstehen, sind meistens zu schnell, um einen der wenigen U-235-Kerne zu spalten, andererseits sind sie zu langsam, um das U-238 zu zertrümmern. Sie werden, wie gesagt, nur eingefangen. Eine einmal ausgelöste Kernspaltung kann also ohne weiteres keine Kettenreaktion erzeugen.

Es gibt jedoch eine Möglichkeit, diese zu erreichen.

1. Man erhöht den U-235 Gehalt ( z.B.: von 0,7% auf ca. 3% ), um mehr

spaltbares Material zu erhalten; dies nennt man dann Anreicherung.

2. Die bei der Spaltung entstehenden Neutronen müssen verlangsamt werden.

Das auf 3% angereicherte Uran allein nützt noch nicht viel, da die beim

Spaltprozeß entstehenden Neutronen zu schnell sind. Deshalb benutzt

man Stoffe, die Neutronen abbremsen können. Diese heißen Moderatoren.

Hierzu eignen sich z.B. Kohlenstoff, Wasser und Berillium.

## Kapitel 4 - Kernfusion

### 4.1 Kernfusion

Abb. 9

Die Energie der Sonne stammt aus Kernverschmelzungen, oder auch Kernfusionen genannt. Die Sonne setzt ungeheure Energien frei. Es handelt sich dabei nicht um Kernspaltungen, weil dazu Elemente mit hohen Massenzahlen nötig sind. Die Sonne besteht größtenteils aber aus Elementen mit sehr kleinen Massenzahlen, vor allem aus Wasserstoff und Helium.

Auch bei normalen Verbrennungen finden Verschmelzungen statt. Verbrennt z.B. Kohle, verschmelzen die Atomhüllen von Kohlenstoff und Sauerstoff, es entsteht Kohlenstoffdioxid. Bei der Kernfusion verschmelzen nicht die Atomhüllen, sondern die Atomkerne.

Wie bei der normalen Verbrennung ist auch für Kernfusionen eine Art Aktivierungsenergie nötig. Zwei Atomkerne verschmelzen nämlich erst dann, wenn sie durch hohe Temperatur und Druckverhältnisse dicht aneinander geraten. Denn es müssen erst die starken abstoßenden Kräfte ( Coulombsche Abstoßungskräfte ) der Atomkerne überwunden werden, da diese beide positiv geladen sind.

Zur kontrollierten Verschmelzung kommen eigentlich nur die beiden Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium in Frage. Diese Stoffe müssen auf ca. 100 Mio. °C erhitzt werden. Erst dann reichen die Bewegungsenergien der Kerne zur Überwindung der Abstoßungskräfte aus.

Verschmelzen Deuterium- und Tritiumkerne miteinander, so entsteht jeweils ein Heliumkern und ein Neutron. Die beiden neugebildeten Teilchen haben insgesamt weniger Masse als die beiden Ausgangskerne. Der Verlust wird dabei in einen gewaltigen Energiebetrag umgewandelt.

Bei der Bildung von einem Kilogramm Helium durch Kernfusionen wird zehnmal soviel Energie frei wie bei der vollständigen Kernspaltung von einem Kilogramm Uran. Allgemein sagt man Kernfusion ist der Aufbau eines schwereren Atomkerns aus zwei leichteren.

Die Fixsterne, wie auch unsere Sonne beziehen ihre Energie durch diesen Prozeß. Der Mensch hat sich diese Energiequelle bis jetzt erst in der Wasserstoffbombe zunutze gemacht. Sogenannte Fusionsreaktoren können mit den heutigen technischen Mitteln nicht verwirklicht werden.

Die erste Wasserstoffbombe wurde von den USA im Jahre 1954 gezündet.

## Kapitel 5 - Kernwaffen

### 5.1 Atombombe

Abb. 10

Während in Atomkraftwerken Kettenreaktionen völlig kontrolliert ablaufen, findet bei einer Atombombenexplosion eine unkontrollierte Kettenreaktion statt. Diese läuft innerhalb von Sekundenbruchteilen ( 1/1 Mio. Sekunde ) ab. Dadurch werden explosionsartig große Mengen an Wärmeenergie frei ( 14 Mio.  $\text{°C}$  , 23 kWh pro Kg U-235 ). Neben diesen ungeheuren Energien werden auch tödliche radioaktive Spaltprodukte freigesetzt.

In der Atombombe kann es nur dann zur Kettenreaktion kommen, wenn genügend freie Neutronen auf genügend spaltbare Kerne treffen.

Zwei Bedingungen müssen hierfür erfüllt werden:

1. Die Bombe muß reines U-235 enthalten, da sich nur diese Kerne spalten lassen. Natururan eignet sich hierfür nicht, da es ja nur aus 0,7 % U-235 besteht. Das passive U-238 wird in Isotopentrennungsanlagen herausgefiltert.
2. Eine ausreichend große Masse Uran muß vorhanden sein, denn sonst verlassen die meisten Neutronen das Uran durch seine Oberfläche, ohne daß eine Kettenreaktion ausgelöst wird. Diese notwendige Mindestmasse, nennt man auch kritische Masse. Die kritische Masse beträgt bei U-235 23 Kilogramm. Man kann diese Masse auch noch herabsetzen, indem man das Uran mit einem sogenannten Neutronenreflektor umhüllt, der die austretenden Neutronen in das Uran zurücklenkt.

Man kann außer U-235 auch noch Plutonium-239 verwenden. Hierbei beträgt die kritische Masse sogar nur 5,6 Kilogramm. Es kommt in der Natur nur sehr selten vor, wird aber in den Reaktoren von Kernkraftwerken ständig erzeugt.

Abb. 11

Die bei der Explosion verlorengangene Masse ist vergleichsweise gering. Bei der Hiroshima-Bombe ( 6.8.1945 ) tötete ein Gramm



Materie, das in Energie umgewandelt wurde, ca. 200 000 Menschen.

## 5.2 Wasserstoffbombe

Bei Wasserstoffbomben bzw. thermonuklearen Sprengkörpern entsteht die Energie durch Kernfusion der H-Isotope Deuterium und Tritium oder Lithium-6. Zur Einleitung einer solchen Reaktion sind hohe Temperaturen von einigen Millionen°C nötig. Deswegen benutzt man eine Atombombe als Zünder.

## 5.3 Cobaltbombe

Umgibt man eine Wasserstoffbombe mit einem Cobaltmantel, so wird das natürliche Cobaltisotop Co-59 durch Neutroneneinfang in das radioaktive Co-60 umgewandelt, dessen starke Gammastrahlung eine Halbwertszeit von 5,272 Jahren ( 5 Jahre und 99,28 Tage ) hat. Als radioaktiver Niederschlag würde es eine verheerende Wirkung auf alles Leben ausüben.

## 5.4 Neutronenbombe

Im Grunde genommen ist die Neutronenbombe eine sehr kleine Wasserstoffbombe. Allerdings entsteht bei ihrer Detonation nur wenig Hitze und eine schwache Druckwelle, so daß fast keine Beschädigungen an Gebäuden und Waffen auftreten. Dafür kommt es aber, zu einer sehr starken Neutronenstrahlung, die bei der Kernfusion entsteht. Sie wirkt vor allem gegen Lebewesen.

Die Gefährlichkeit der Neutronenbombe beruht in erster Linie auf der biologischen Strahlenwirkung, der bei der Deuterium-Tritium-Fusionsreaktion freigesetzten schnellen Neutronen, die fast alle Materialien durchdringen. Die von Neutronen getroffenen organischen Moleküle können ihre biologischen Funktionen nicht mehr ausführen, was zur Zerstörung der Zellen und schließlich zu Krankheit und Tod führt.

Der radioaktive Niederschlag hingegen ist so gering, daß man das Zielgebiet bereits nach 24 Stunden wieder betreten kann.

- Anlagen:
- Abb. 1 - Das Atommodell
  - Abb. 2 - Uran ( U-238 )
  - Abb. 3 - Strahlung
  - Abb. 4 - Abschirmung
  - Abb. 5 - Zerfall von Uran
  - Abb. 6 - Halbwertszeit
  - Abb. 7 - Kernspaltung
  - Abb. 8 - Kettenreaktion
  - Abb. 9 - Kernfusion
  - Abb. 10 - Schema einer A-bombe
  - Abb. 11 - Zerstörungskraft eine A-Bombe

- Quellen:
- 1. Brockhaus - Naturwissenschaften und Technik
  - 2. Was ist Was - Band 3 - Atomenergie
  - 3. Was ist Was - Band 79 - Moderne Physik
  - 4. Cornelsen - Physik für die Sek. Stufe 1 AH

5. Schülerduden - Die Physik
6. Fischer Kolleg - Das Abiturwissen PHYSIK