

# ZUSAMMENFASSUNG PHYSIK FRÜHJAHR '05

## KERNPHYSIK

### Einleitung:

Die Kernphysik beschäftigt sich mit den Kernen von Atomen. Für einen Chemiker ist die Außenhülle des Atoms interessant, weil bei einer chemischen Reaktion hauptsächlich Elektronen ausgetauscht werden. Diese Hülle ist für den Physiker uninteressant. Ihn interessieren die Vorgänge im Kern, in dem sich die Neutronen und Protonen befinden.

### Wiederholung: Kennzeichnung eines Atoms und seines Kerns:



A = Nukleonenzahl (Anzahl der Protonen und Neutronen)  
 Z = Kernladungszahl (Anzahl der Protonen)  
 X = Element  
 K = Man betrachtet hier nur den Kern

Nukleonenzahl(A)  
 – Protonenzahl(Z)  
 = Neutronenzahl

## I. KERNREAKTIONEN

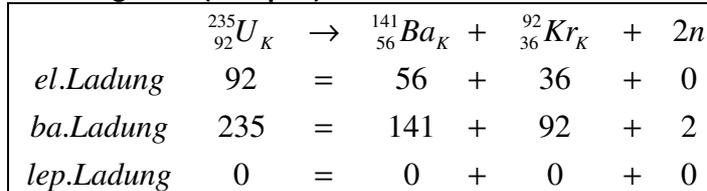
### 1. Möglichkeiten einen Kern anzuregen:

- Der Kern wird mit energiereicher Röntgen oder  $\gamma$ -Strahlung bestrahlt
- Der Kern wird mit Protonen beschossen
- Kernreaktion

### 2. Regeln für Kernreaktionen

- Ladungserhaltung (elektrische Ladung)
- Energieerhaltung
- Erhaltung der leptonischen Ladung
- Erhaltung der baryonischen Ladung

### 3. Der Erhaltungssatz (Beispiel)



Um ganz sicher zu gehen müsste man eigentlich noch eine Energiebilanz überprüfen.

Hier würde gelten  $E_{Edukte} \geq E_{Produkte}$

### Zur Erinnerung:

Name	el.	ba.	lep.
Photon $\gamma$	0	0	0
Elektron $e$	-1	0	1
Antielektron $\bar{e}$	1	0	-1
Neutrino $\nu$	0	0	1
Antineutrino $\bar{\nu}$	0	0	-1
Proton $p$	1	1	0
Antiproton $\bar{p}$	-1	-1	0
Neutron $n$	0	1	0
Antineutron $\bar{n}$	0	-1	0

## II. KERNSTRAHLUNG

Im Allgemeinen entsteht Strahlung, wenn ein radioaktives Element zerfällt. Man unterscheidet radioaktive Elemente in ihrer Strahlungsart und Halbwertszeit. Die Halbwertszeit gibt an nach welcher Zeit die Hälfte des jeweiligen Elements zerfallen ist. Ein durch einen Zerfall entstandenes Element kann wiederum zerfallen. Man kann solche Zerfallsreihen anhand von Nuklidkarten nachvollziehen.

Strahlungsart	$\alpha$ -Strahlung	$\beta^-$ -Strahlung	$\beta^+$ -Strahlung	$\gamma$ -Strahlung
<b>Beschreibung</b>	schnelle Heliumkerne	schnelle Elektronen	schnelle Antielektronen	energiereiches Licht
<b>Schutz</b>	Papier, Luft,...	Blechplatten	Blechplatten	dickes Blei

Anmerkung:  $\gamma$ -Strahler gibt es nicht. Die  $\gamma$ -Strahlung entsteht mit den anderen Strahlungen.

### Biologische Strahlenwirkungen:

Man kann die Strahlung, die man jedes Jahr abbekommt in zwei etwa gleich große Bereiche einteilen:

natürliche Strahlenbelastung (gesamt 57%)	künstliche Strahlenbelastung (gesamt 43%)
kosmische Strahlung (8%)	medizinische Anwendungen (41%)
Strahlung von außen (14%)	Folgen von Tschernobyl (0,6%)
Einatmen von Radon (27%)	Kernkraftwerke (0,3%)
sonstige innere Strahlung (8%)	Atombombenversuche & Sonstiges (1,1%)

Strahlung kann die Körperzellen im Menschen schädigen und Strahlenkrankheiten hervorrufen. Durch Änderung in Keimzellen kann es zu einer Veränderung des Erbguts kommen.

# ZUSAMMENFASSUNG PHYSIK FRÜHJAHR '05

## KERNPHYSIK & KERNENERGIE

### III. GRÖßEN DER KERNPHYSIK

Name	Symbol	Einheit	Formel	Messgerät
Umsatzrate (Aktivität)	$I_n$	$1Bq / 1 \text{Reaktion/s}$	$I_n = \frac{n}{t}$	Geiger-Müller-Zählrohr
Äquivalentdosis	$H$	$1Sv$	---	---

#### Erklärung:

- Die Umsatzrate gibt die Intensität der Strahlung an
- Die Äquivalentdosis hingegen gibt die Schädlichkeit einer Strahlung an (Zum Vergleich: Ein Mensch bekommt pro Jahr 3mSv radioaktive Strahlung ab)

### IV. DER KERNREAKTOR (KERNENERGIE)

#### 1. Aufbau eines Kernreaktors (Bestandteile)

- Reaktordruckgefäß
- Turbine (Umladen auf Energieträger Drehimpuls)
- Generator (vgl. Dynamo; Umladung auf Energieträger Elektrizität)
- (Kühlturm)

#### 2. Vergleich Kernreaktor $\Leftrightarrow$ Kohlekraftwerk

Der einzige Unterschied zwischen einem Kernreaktor und einem Kohlekraftwerk ist ein Kessel anstelle eines Reaktordruckgefäßes. Man kann ein Kohlekraftwerk an einem hohen Kamin (CO<sub>2</sub>-Emmission!) erkennen.

Man vergleiche auch den Unterschied im Aufwand der Energieerzeugung: In einem kg <sup>235</sup>U ist so viel wie in 3 Mio. kg. Kohle enthalten.

#### 3. Kernspaltung

${}_{92}^{235}\text{U}_K + \underbrace{n}_{\text{langsam}} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba}_K + {}_{36}^{92}\text{Kr}_K + \underbrace{2n+n}_{\text{schnell}}$	Im Reaktor wird die Umsatzrate durch den Katalysator <i>langsames Neutron</i> erhöht. Man kann erkennen, dass ein <sup>235</sup> U <sub>Kern</sub> auf vielerlei Weise zerfallen kann.
$\rightarrow {}_{55}^{140}\text{Cs}_K + {}_{37}^{93}\text{Rb}_K + \underbrace{2n+n}_{\text{schnell}}$	
$\rightarrow \dots\text{andere}\dots$	

Um die schnellen Neutronen als Katalysator für weitere Reaktionen zu verwenden müssen diese abgebremst werden. Moderator ist hier Wasser oder Graphit. Dabei entsteht Wärme, die das Wasser verdampft, das wiederum die entstandene Energie abtransportiert.

#### 4. Steuerung eines Reaktors

Ein Kernreaktor wird durch Ein- bzw. Ausfahren der Steuerstäbe gesteuert. Sie bestehen aus Cadmium oder Bor. Diese Materialien absorbieren Neutronen.

Die Steuerstäbe werden soweit eingefahren bis nur noch ein Neutron eine Reaktion auslösen kann.

#### 5. Sicherheitssysteme

- ständige Kühlung
  - vier voneinander unabhängig arbeitende Notkühlsysteme
  - vier Flutbehälter mit Nachkühleinrichtung
  - vier Druckspeicher
- Schutz vor Austreten radioaktiver Stoffe
  1. Barriere: Kristallgitter des Brennstoffes
  2. Barriere: Hüllrohr
  3. Barriere: Reaktordruckgefäß
  4. Barriere: Kuppel (Stahlsicherheitsbehälter)
  5. Barriere: Stahlbeton um Kuppel

#### Was geschieht mit radioaktivem Abfall?

Nach der Lagerung von 2 Jahren in einem Abklingbecken ist die Umsatzrate des Abfalls auf 2% zurückgegangen, ist aber immer noch tödlich (abgesehen von einer Temperatur von 250 °C).

Nach der Lagerung auf dem Kraftwerksgelände bis zum Abtransport, kommt er entweder in eine Wiederaufbereitungsanlage (La Hague F / Sellafield GB) oder in eine Endlagerstätte. Bevorzugte Endlagerstätten sind Salzstöcke wegen Wasserundurchlässigkeit und geringer geologischer Aktivität.