

# Zusammenfassung für die Physikschaufgabe

## **Energieübertragung**

El. Energie muss über große Entfernungen übertragen werden. Neben den gewollten Energieumwandlungen beim Nutzer treten auch bei den Überlandleitungen Energieumwandlungen auf, die sich durch Erwärmung der Leitungen bemerkbar machen.

- Diese Verlustleistungen müssen möglichst gering bleiben.
- Möglichst hohe Übertragungsspannung und möglichst geringer Leitungswiderstand.
- Spannung wird beim Kraftwerk hoch transformiert und beim Nutzer herunter transformiert.

## **Atom- und Kernphysik**

### **Aufbau von Atomen**

**Kernbausteine (Nukleonen):** Protonen (Masse: 1, Ladung: 1), Neutronen (Masse: 1, Ladung: 0)

**Hülle:** Elektronen (Masse: 0, Ladung: -1)

**Isotope:** Atome mit gleicher Protonenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl.

**Ion:** geladenes Teilchen, das ein Elektron verloren hat (positiv) oder zusätzlich hat (negativ)

### **Radioaktive Strahlung**

Radioaktive Strahlung ist ionisierende Strahlung, die beim Zerfall instabiler Atomkerne von radioaktiven Stoffen entsteht.

#### **Nachweismethoden**

- Funkenstrecke: zwei Elektroden an denen hohe Spannung anliegt → Luftmoleküle werden ionisiert → Elektronen werden zwischen Elektroden beschleunigt und erzeugen durch Stoßionisation weitere Ionen → „Elektronenlawinen“ → kurzzeitiger Stromfluss, sichtbar durch Funken
- Nebelkammer: im übersättigten Alkoholdampf werden Gasmoleküle ionisiert → an den Ionen lagern sich Alkoholmoleküle an → Kondensationslinien bilden sich
- Geiger-Müller-Zählrohr: radioaktive Strahlung gelangt über dünnes Glimmfenster ins Innere eines Rohres → Gasmoleküle werden ionisiert → Elektronen werden zwischen den Elektroden beschleunigt und erzeugen durch Stoßionisation weitere Ionen → „Elektronenlawinen“ → kurzzeitiger Stromfluss, der durch Knacken hörbar gemacht wird, dabei relativ geringer Widerstand des Zählrohrs, größter Teil der Spannung fällt am Widerstand ab, bis Ladungslawine erloschen ist ( $10^{-4}$  s) kann keine weitere Strahlung registriert werden

#### **Strahlungsarten**

	<b><math>\alpha</math>-Strahlung</b>	<b><math>\beta</math>-Strahlung</b>	<b><math>\Gamma</math>-Strahlung</b>
<b>Bauart</b>	Heliumkern (2 Protonen, 2 Neutronen, Ladung: + 2 e)	Elektron (Ladung: -1 e)	Elektromagnetische Strahlung
<b>Ursache</b>	Die Kräfte im Kern	Im Kern wird ein	Energetisch

	reichen nicht aus, um Abstoßung der Protonen vollständig auszugleichen; Kern geht in stabileren Stand über.	Neutron in ein Proton (bleibt im Kern) und ein Elektron (verlässt Atom) umgewandelt.	angeregter Kern geht in energieärmeren Zustand über.
<b>Kernreaktionsgleichung</b>	$A X \rightarrow A-4 \gamma + \frac{4}{2} He (+\gamma)$ $Z \quad Z-2 \quad 2$	$A X \rightarrow A \gamma + \frac{0}{-1} e (+\gamma)$ $Z \quad Z+1 \quad -1$	$A X^* \rightarrow A X (+\gamma)$ $Z \quad Z$
<b>Geschwindigkeit</b>	$v \leq 0.1 c$	$v \leq 0.99 c$	$v = c$
<b>Energie</b>	$E \leq 10 \text{ MeV}$	Einige MeV	0.01 MeV bis zu einigen MeV
<b>Reichweite in der Luft</b>	Bis zu 10 cm	Bis zu einigen Metern	Bis zu 100 m
<b>Abschirmung</b>	Blatt Papier	Aluminium Blech (1 mm – 4 mm dick)	Sehr dicke Bleischichten
<b>Ionisierungsfähigkeit</b>	Sehr groß	Gering (um Faktor $10^3$ geringer als bei $\alpha$ -Strahlung)	Gering (um Faktor $10^3$ geringer als bei $\alpha$ -Strahlung)
<b>Ablenkung im Magnetfeld</b>	Möglich	Möglich	Nicht möglich

### **Natürliche Radioaktivität**

Kernumwandlung, die radioaktive Strahlung freisetzen erfolgen in der Natur spontan und ohne äußere Einflüsse. → Natürliche Strahlung/Nulleffekt

**Natürliche Strahlungsquellen:** terrestrische Strahlung (durch Gestein, Baustoff), kosmische Strahlung (entsteht wenn sehr schnelle Teilchen aus dem Weltall auf die Lufthülle der Erde treffen)

### **Zerfall**

Nur radioaktive Atome können zerfallen, also z. B. Bei Kohlenstoff nur der C-14-Anteil ( $10^{-10}$  %). Wichtige Größen und Begriffe:

- **Impulsrate n:** Anzahl der in einem bestimmten Zeitintervall registrierten Impulse.
- **Aktivität A:** Anzahl der Zerfälle einer radioaktiven Substanz pro Zeiteinheit.
- **Halbwertszeit T:** Zeit, nach der die Hälfte einer radioaktiven Substanz zerfallen ist.
- **Zerfallsreihen:** Die beim radioaktiven Zerfall entstehenden Stoffe sind oft selbst wieder radioaktiv. Dadurch ergeben sich Zerfallsreihen, an deren Ende ein nicht radioaktiver Stoff steht.

### **Gefahren, Schutzmöglichkeiten, Nutzen**

Gefahren durch natürliche Strahlenbelastung:

- Einatmen von radioaktivem Radon.
- Kosmische und terrestrische Strahlung
- Radionuklide in der Nahrung

Gefahren durch künstliche Strahlenbelastung:

- Medizin
- Atombomben-, Kernwaffentests
- Unfälle in Kernkraftwerken
- Höhenstrahlung bei Flugreisen

Gefahren für den Menschen:

- Somatische Schäden (körperliche Schäden der bestrahlten Person)
- Genetische Schäden (Veränderung des Erbguts)

Schutzmöglichkeiten:

- größtmöglicher Abstand zur Strahlungsquelle
- möglichst vollständige Abschirmung
- möglichst kurze Aufenthaltsdauer
- Aufnahme in den Körper vermeiden

Nutzen radioaktiver Strahlung:

- Medizin, z. B. Sterilisation von medizinischen Geräten
- Altersbestimmung
- Veredelung von Kunststoffen
- Werkstoffprüfung (z. B. Schweißnähte)
- Dickenmessung

### **Massendefekt und Bindungsenergie**

**Massendefekt  $\Delta m$**  bei einem Heliumkern, der aus 2 Protonen und 2 Neutronen besteht:

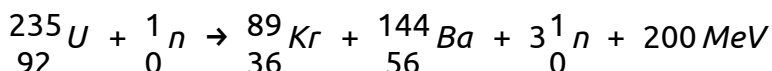
$$m_{\text{Kern}} < 2 \cdot m_{\text{Proton}} + 2 \cdot m_{\text{Neutron}}$$

Nach  $E_B = m \cdot c^2$  wird die „verlorene Masse“ beim Zusammenbau des Kerns als **Bindungsenergie** frei bzw. muss zum Zerlegen des Kerns wieder aufgebracht werden.

Aus  $E_B$  lässt sich die Energie berechnen, die einem Kern zugeführt werden muss, um ein Nukleon abzutrennen, die **mittlere Bindungsenergie  $E_{B,A}$** .

### **Kernspaltung**

**Beispiel:** U-235 zerfällt beim Beschuss mit thermischen Neutronen in 2 mittelschwere Kerne.



Bei jeder Spaltung eines U-235-Kerns wird aufgrund der sich ändernden **mittleren Bindungsenergie** eine Energie von 200 MeV freigesetzt.

**Unkontrollierte Kettenreaktion:** Bei der Kernspaltung von U-235 werden 2 bis 3 „schnelle“ Neutronen frei. Diese können unter bestimmten Umständen neue U-235-Kerne spalten und dabei noch mehr Neutronen freisetzen. Die Spaltung setzt sich dann lawinenartig durch das ganze Uranstück fort (unkontrollierte Reaktion). Da bereits 1 g U-235 aus  $2,56 \cdot 10^{21}$  Kernen besteht, können extrem große Energiemengen freigesetzt

werden.

1 kg U-235 entspricht 200 000 t TNT

#### **Voraussetzungen:**

- Anteil von U-235 muss hoch genug sein ( $> 90\%$ ) → Anreicherung von Uran
- Masse muss groß genug sein ( $> 15\text{ kg}$ ), da sonst zu viele Neutronen Material verlassen, ohne Kerne zu spalten

**Kontrollierte Kettenreaktion/Reaktor:** Eine Kernspaltung läuft dann kontrolliert ab, wenn die Anzahl der Kernspaltungen pro Zeiteinheit konstant bleibt. Das ist dann der Fall, wenn nur eines der „Spaltneutronen“ eine weitere Kernspaltung auslöst.

#### **Aufbau:**

- Die Brennelemente bestehen aus zu 3 % mit U-235 angereichertem Uran
- Der Moderator (aus Wasser oder Graphit) bremst die bei der Kernspaltung entstehenden schnellen Neutronen ab, so dass diese weitere Kernspaltungen auslösen können. Die verlangsamteten Neutronen heißen **thermische Neutronen**.
- Kontrollstäbe (aus Cadmium oder U-238) dienen zur Steuerung bzw. zum Herunterfahren des Reaktors, in dem sie Neutronen einfangen. Sie lassen sich Einfahren bzw. Herausziehen.

#### **Kernfusion**

Es wird auch bei der Kernfusion zweier leichter Kerne zu einem schwereren Kern Energie freigesetzt.

**Voraussetzung:** Extrem hohe Temperatur (ca.  $6 \cdot 10^9\text{ K}$ ) und damit sehr hohe kinetische Energie der Reaktionspartner (→ Plasma), damit beim Zusammenprall die abstoßenden Kräfte der positiv geladenen Kerne überwunden werden. Das stellt momentan technisch noch ein Problem bei der friedlichen Nutzung dar.

**Beispiele:** „Energieproduktion“ in der Sonne, Wasserstoffbombe

**Vorteile:** Meerwasser als nahezu unerschöpflicher Brennstoffvorrat, Halbwertszeiten entstehender Nuklide geringer als bei Kernspaltung

#### **Altersbestimmung durch C-14-Methode**

- Lebende Organismen nehmen über Nahrung und Atmung C-14-Isotope auf.
- C-14 zerfällt (mit einer Halbwertszeit von 5730 d)
  - Im Organismus stellt sich eine konstante C-14-Konzentration ein.
- Stirbt der Organismus, wird C-14-Aufnahme gestoppt, der Zerfall besteht aber weiterhin.
  - C-14-Konzentration verringert sich.
  - Mit Hilfe des C-14-Gehalts bei lebenden und toten Organismen und des Zerfallsgesetzes kann das Alter der Probe bestimmt werden.

#### **Kraftwerke und Energie**

##### **Wärme Kraftwerke**

##### **Thermische Kraftwerke: Umwandlung chemischer Energie in elektrische**

- **Dampfkraftwerk** ( $\eta = 42\%$ )  
*chemische Energie* → Dampferzeuger ( $\eta = 98\%$ ) → *innere Energie* → Dampfturbine ( $\eta = 44\%$ ) → *kinetische Energie* → Generator → *elektrische Energie*
- **Gasturbinenkraftwerk** ( $\eta = 30 - 35\%$ )  
Statt mit Umweg über Wasserdampferzeugung wird direkt mit heißen Verbrennungsgasen Turbine angetrieben

Schnelle Reaktion auf sich ändernden Leistungsbedarf möglich

→ Einsatz: Spitzenlastversorgung

- **GuD-Kraftwerk** ( $\eta = 50 \%$ )  
Kombination auf Gas- und Dampfkraftwerk: Die heißen Abgase werden genutzt um Dampfkraftwerk zu betreiben

Zusätzlich kann man mit Fernwärme die Abwärme der Kraftwerke ausnutzen und so den Wirkungsgrad auf bis zu 85 % steigern (Kraft-Wärme-Koppelung).

### ***Kernkraftwerke: Umwandlung von Kernenergie in elektrische Energie***

Selbes Prinzip wie beim Dampfkraftwerk, allerdings wird die zur Dampferzeugung nötige Energie durch Kernspaltung gewonnen. Varianten:

- Siedewasserreaktor: Einkreissystem, Dampferzeuger direkt im Reaktor, aufwendige Sicherheitsmaßnahmen
- Druckwasserreaktor: Zweikreissystem (im Primärkreislauf heißes Wasser: 320 °C, 150 bar; Dampf entsteht erst im Sekundärkreislauf)

Hauptprobleme: Sicherheit, Entsorgung von radioaktiven Abfällen

### **Wasserkraftwerke: Umwandlung potentieller/kinetischer Energie des Wassers in elektrische Energie**

#### ***Eigenschaften***

- Wirkungsgrad: 80 – 90 %
- Leistung deutscher Wasserkraftwerke: 100 MW – 300 MW
- Kein Schadstoffausstoß, allerdings landschaftliche Eingriffe

#### ***Varianten***

- **Laufwasserkraftwerk:** Staustufen in Flüssen mit geringen Höhenunterschied, durch Turbinen/Generatoren läuft so viel Wasser wie Fluss nachliefert
- **Speicherkraftwerk:** Speicherung von potenzieller Energie durch Wasser in Stauseen, die bei Bedarf mit Turbinen/Generatoren am Ende von Fallrohren wieder in elektrische Energie umgewandelt wird. Wasser kann auf natürlichem Weg oder durch Pumpen (bei geringer Belastung des Stromnetzes) in Stausee gelangen.
- **Gezeitenkraftwerk:** Bei Flut wird ein Rückhaltebecken mit Wasser gefüllt, bei Ebbe wird das Wasser ins Meer zurückgelassen; mit Wasserstrom wird Turbine/Generator angetrieben

### **Energievorräte**

**Reserven:** Nachgewiesene Energievorräte, deren Abbau technisch und wirtschaftlich derzeit möglich ist.

**Ressourcen:** Energievorräte, deren Abbau zurzeit technisch oder wirtschaftlich nicht möglich ist.

## Umweltbelastung

- Luft- und Bodenbelastung durch Verbrennungsprodukte (Schwefeloxid, Stickoxide, Staub, radioaktive Substanzen)
- Erhöhung des natürlichen Treibhauseffekts durch „fossiles CO<sub>2</sub>“ und FCKW
- Belastung der Landschaft („Industriewüsten“, veränderte Flusslandschaften)
- Radioaktive Verseuchung
  - ➔ **Klimaveränderung:** Erhöhung der Durchschnittstemperatur, Verschiebung der Klimazonen, Anstieg der Meeresspiegel, Abschmelzen der Polkappen

## Gliederungsmöglichkeiten

- Primäre Energieträger (kommen natürlich vor): Kohle, Holz, Erdöl, Uran, ...
- Sekundäre Energieträger (hergestellt): Briketts, Koks, Benzin, elektrische Energie
- Endenergie (für Verbraucher direkt Verfügbar): Holz, Erdgas, Strom, Benzin
- Nutzenergie (vom Verbraucher umgewandelte Nutzenergie): *el. Energie* → Aufzug → *potentielle Energie, el. Energie* → Herd → *innere Energie*
- Nicht erneuerbar (fossile/nukleare Brennstoffe): Kohle, Erdöl, Uran, Plutonium
- Regenerative Energieträger (Wasser, Sonne, Wind, ...): Solarstrom, Biogas

## Wichtige Formeln

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} \quad [A] = \frac{1}{s} = 1$$

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad m(t) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad t = T \cdot \log_{\frac{1}{2}} \frac{A(t)}{A_0}$$

$$D(\text{Energiedosis}) = \frac{E(\text{absorbierte Energie})}{m(\text{Masse})} \quad [D] = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} = 1 \text{ Gy}$$

$$H(\text{Äquivalentdosis}) = q(\text{Qualitätsfaktor}) \cdot D \quad [H] = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} = 1 \text{ Sv}$$

$$\eta = \frac{W/E/P_{\text{nutz}}}{W/E/P_{\text{zu}}} \quad \eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots$$