

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

	α-Strahlung	β-Strahlung	γ-Strahlung
Bauart	Heliumkern (2 Protonen, 2 Neutronen, Ladung: + 2 e)	Elektron (Ladung: -1 e)	Elektromagnetische Strahlung
Ursache	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.
Kernreaktionsgleichung	$A X \rightarrow A-4 \gamma + \frac{4}{2} He (+\gamma)$ $Z \quad Z-2$	$A X \rightarrow A \gamma + \frac{0}{-1} e (+\gamma)$ $Z \quad Z+1$	$A X^* \rightarrow A X (+\gamma)$ $Z \quad Z$
Geschwindigkeit	$v \leq 0.1 c$	$v \leq 0.99 c$	$v = c$
Energie	$E \leq 10 MeV$	Einige MeV	0.01 MeV bis zu einigen MeV
Reichweite in der Luft	Bis zu 10 cm	Bis zu einigen Metern	Bis zu 100 m
Abschirmung	Blatt Papier	Aluminium Blech (1 mm – 4 mm dick)	Sehr dicke Bleischichten
Ionisierungsfähigkeit	Sehr groß	Gering (um Faktor 10^3 geringer als bei α -Strahlung)	Gering (um Faktor 10^3 geringer als bei α -Strahlung)
Ablenkung im Magnetfeld	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 Δm bei einem Heliumkern, der aus 2 Protonen und 2 Neutronen besteht:

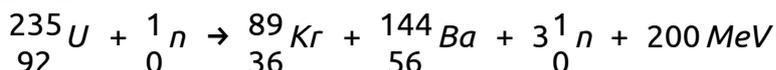
$$m_{\text{Kern}} < 2 \cdot m_{\text{Proton}} + 2 \cdot m_{\text{Neutron}}$$

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- und 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 CO₂“ 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

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

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

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

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

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