

Zusammenfassung für die Physikabschlussprüfung

Version vom 16.06.2012

Themenübersicht

- [Elektrizitätslehre](#)
 - Grundlagen (wichtig, aber nicht in der Zusammenfassung)
 - Rechnungen und Formeln zu Schaltungen und Transformatoren (wichtig, aber auch nicht in der Zusammenfassung)
 - [Magnetismus](#)
 - Elektrische Influenz (unwichtig)
 - Elektrizitätsleitung im Vakuum (unwichtig)
 - Widerstand elektrischer Leiter im Metall (zählt zu Grundlagen)
 - [Innenwiderstand](#)
 - [Messgeräte](#)
 - [Kräfte aus Ströme im Magnetfeld](#)
 - [Induktion](#)
 - [Wirbelströme](#)
 - [Energieübertragung](#)
 - [Spezielle Transformatoren](#)
 - [Selbstinduktion](#)
 - [Supraleitung](#)
 - Elektromotoren (unwichtig)
 - [Generatoren](#)
 - [Halbleiter](#)
- [Atom- und Kernphysik](#)
 - [Aufbau von Atomen](#)
 - [Radioaktive Strahlung](#)
 - [Zerfall](#)
 - [Gefahren, Schutzmöglichkeiten, Nutzen](#)
 - [Massendefekt und Bindungsenergie](#)
 - [Kernspaltung](#)
 - [Kernfusion](#)
 - [Altersbestimmung durch C-14-Methode](#)
- [Energie](#)
 - Grundlagen (wichtig, aber hier nicht in der Zusammenfassung)
 - Rechnungen und Formeln (wichtig, aber auch nicht in der Zusammenfassung)
 - [Wärmeübertragung](#)
 - Theorie zu Wärmemaschinen (unwichtig)
 - [Wärme kraftwerke](#)
 - [Wasserkraftwerke](#)
 - [Energievorräte](#)
 - [Umweltbelastung](#)
 - [Gliederungsmöglichkeiten](#)

Elektrizitätslehre

Magnetismus

Eigenschaften von Magneten

- Gleichnamige Magnetpole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an.
- Magnetpole treten immer paarweise auf.
- Magnetische Kräfte wirken nur auf **ferromagnetische Stoffe**.
- Durch Kombination von Magneten können magnetische Kräfte verstärkt oder geschwächt werden.

Magnetische Influenz

Im Wirkungsbereich eines Magneten werden ferromagnetische Stoffe selbst zum Magneten.

→ Alle ferromagnetischen Stoffe besitzen im Inneren kleinste magnetische Dipole, sog. Elementarmagnete.

Möglichkeiten zu Endmagnetisierung

Starke Erschütterung, Erhitzen über Curie-Temperatur

Das Magnetfeld

Raum um einen Magneten, in dem eine magnetische Wirkung zu beobachten ist.

Zur Veranschaulichung werden Magnetfeldlinien verwendet:

- Eine Feldlinie gibt in jedem Punkt die Kraftwirkung auf einem mag. Nordpol an.
- Feldlinien verlaufen vom Nordpol zum Südpol (des felderzeugenden Magneten).
- Feldlinien schneiden sich nicht und treten immer senkrecht ein und aus.
- Ferromagnetische Hohlkörper können ein Magnetfeld abschirmen.

Innenwiderstand

Spannungsquellen besitzen einen baulich bedingten inneren Widerstand. Berechnung:

- mit Hilfe einer „Kurzschlusschaltung“: $R_i = \frac{U_{\text{Spannungsquelle}}}{I_{\text{Kurzschlussstromstärke}}}$
- $R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

Messgeräte

Innenwiderstand

- Soll bei einem Spannungsmessgerät möglichst groß sein
- Soll bei einem Strommessgerät möglichst klein sein

Messbereichserweiterung

- Beim Spannungsmessgerät mithilfe eines in Reihe geschalteten Vorwiderstand

$$R_{\text{Vorwiderstand}} = R_{\text{Messgerät}} \cdot \frac{U_{\text{Vorwiderstand}}}{U_{\text{Messgerät}}}$$

- Beim Strommessgeräte mithilfe eines parallel geschalteten Nebenwiderstands

$$R_{\text{Nebenwiderstand}} = R_{\text{Messgerät}} \cdot \frac{I_{\text{Messgerät}}}{I_{\text{Nebenwiderstand}}}$$

Kräfte auf Ströme im Magnetfeld

Auf Elektronen, die sich senkrecht zu den Magnetfeldlinien eines Magneten bewegen, wirkt eine Kraft, die sog. Lorenzkraft. Sie wirkt immer senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen und senkrecht zu den Feldlinien. Die auf die Elektronen wirkenden Kräfte werden auf den Leiter übertragen.

Linke-Hand-Regel

- Daumen: Richtung der Elektronenbewegung
- Zeigefinger: Richtung der magnetischen Feldlinien
- Mittelfinger: Richtung der Kraft auf die Elektronen

Induktion

Induktionsgesetz

In einem Leiter (z. B. einer Induktionsspule) wird dann eine elektrische Spannung induziert, wenn sie von einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld durchsetzt wird.

Ursache

Lorenzkraft, die auf die freien Elektronen im Leiter wirken und diese im Leiter verschieben.

Stärke der Induktionsspannung

Die Induktionsspannung ist umso höher, je

- schneller bzw. stärker die Änderung des Magnetfeldes ist.
- größer die Windungszahl der Induktionsspule ist.

Lenz'sche Regel (Spezialfall des Energieerhaltungssatzes)

Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass sein Magnetfeld die Induktionsursache hemmt.

Wirbelströme

Ursache

Wirbelströme treten in Metallkörpern auf, wenn diese von einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld durchsetzt werden. Ihr Magnetfeld ist so gerichtet, dass es die Ursache seiner Entstehung hemmt.

Nachteile

Nutzlose thermische Energie in Eisenkernen von Generatoren und Transformatoren, die abgeführt werden muss.

→ geblätterte Eisenkerne

Vorteilhafte Nutzung

Wirbelstrombremsen, Induktionskochstellen, Schwingungsdämpfer bei Waagen

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.

Spezielle Transformatoren

Hochstromtransformator (z. B. bei Schweißgerät)

Sekundärwindungszahl deutlich geringer als Primärwindungszahl

Hochspannungstransformator (z. B. Energieübertragung, Funken bei Zündkerzen)

Sekundärwindungszahl deutlich höher als Primärwindungszahl

Selbstinduktion

Unter gewissen Voraussetzungen ist eine Spule, die sich in einem Stromkreis befindet von einem sich ändernden Magnetfeld umgeben. Dadurch entsteht in der Spule eine Induktionsspannung. Da die Induktionsspule dieselbe Spule ist, die auch das Magnetfeld hervorruft, spricht man von **Selbstinduktion**.

Voraussetzungen für das Auftreten einer Induktionsspannung im Gleichstromkreis

- Einfügen/Wegnahme eines Eisenkerns
- Änderung des Spulenstroms beim Öffnen/Schließen des Stromkreises

Supraleitung

Die Erscheinung, dass der Widerstand bestimmter Materialien (z. B. Quecksilber, Blei) unterhalb einer materialabhängigen Sprungtemperatur T_{Sprung} unmessbar klein wird, bezeichnet man als Supraleitung.

Anwendungen

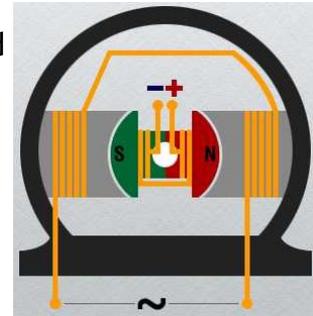
- Erzeugung extrem starker Magnetfelder: Kernspintomographie, Magnetschwebetechnik
- „Stromspeicherung“

Generatoren

Innenpolgenerator

Funktionsweise: Während der Rotation des Feldmagneten ändert sich das die Induktionsspulen durchsetzende Magnetfeld zeitlich. In den Spulen wird eine Spannung induziert. Nach jeweils einer halben Umdrehung des Feldmagneten wird die Richtung des Magnetfelds bezüglich der Induktionsspulen umgekehrt, wodurch sich die Polarität der Induktionsspannung jeweils ändert. Damit entsteht eine Spannung, deren Größe und Richtung sich periodisch ändern: Wechselspannung.

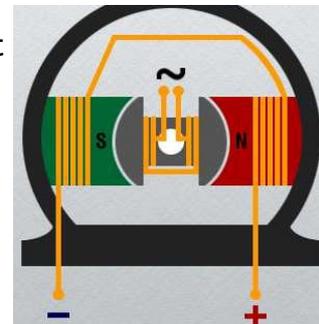
Einsatzort: große Leistungsabgaben möglich → Elektrizitätswerke



Außenpolgenerator

Funktionsweise: Wie bei Innenpolgenerator, nur dass sich statt den Feldmagneten die Induktionsspulen drehen.

Einsatzort: Nur für kleinere/mittlere Leistungsabgaben geeignet, da begrenzte Strom- und Spannungsabgabe.



Halbleiter

Materialien, deren elektrischer Widerstand bei Zimmertemperatur zwischen dem von Leitern und Nichtleitern liegt und der durch äußere Einflüsse relativ leicht beeinflusst werden kann (z. B. Germanium, Silizium).

Entstehung freier Ladungsträger im Halbleiter: Paarbildung

- Das Kristallgitter führt thermische Schwingungen aus.
- Einige Elektronen erhalten dadurch genügend Energie und werden aus ihren Bindungen gelöst.
 - ➔ Es entstehen ein Leitungselektron (negativ) und ein Loch (positiv).
- Neben der Paarbildung finden auch ständig Rekombinationsprozesse (Vereinigung von einem Loch und einem Leitungselektron) statt.
 - ➔ Es stellt sich ein Gleichgewicht zwischen durch Paarbildung erzeugten und durch Rekombination weggenommenen Ladungsträgern ein.

Elektronenstrom (n-Leitung)

- Die Leitungselektronen erfahren im elektrischen Feld eine Kraft, die sie zum Pluspol beschleunigt.

Löcherstrom (p-Leitung)

- Jedes Loch im Kristallgitter übt aufgrund seiner positiven Ladung anziehende Kräfte auf benachbarte Valenzelektronen aus.
- Die Valenzelektronen erfahren zusätzlich noch eine Kraft durch das elektrische Feld.
 - ➔ Sind die beiden Kräfte gleichgerichtet, wird das Valenzelektronen aus seiner Bindung gerissen und rekombiniert mit dem benachbartem Loch.
 - ➔ Gleichzeitig hinterlässt das Valenzelektronen ein neues Loch.

- Da sich dieser Vorgang ständig wiederholt, hat es den Anschein, die Löcher würden sich zum Minuspol bewegen.

Dotierung von Halbleitern: Fremdleitung

Das Hinzufügen von Fremdatomen in das Kristallgitter eines Halbleiters, um die Anzahl der freien Ladungsträger zu erhöhen und somit die Leitfähigkeit zu verbessern.

Entstehung eines n-Halbleiters durch n-Dotierung

Dotierung mit einem Element der 5. Hauptgruppe (**Donator**, 5 Valenzelektronen), z. B. Arsen.

- In gewissen Abständen bilden Arsen-Atome Störstellen im Gitter.
- Das 5. Valenzelektronen des Arsen-Atoms wird nicht für die Bindung benötigt und wird somit zum Leitungselektron.
- Das Arsen-Atom wird dabei zum ortsfesten, positiven Gitterion.

Entstehung eines p-Halbleiters durch p-Dotierung

Dotierung mit einem Element der 3. Hauptgruppe (**Akzeptor**, 3 Valenzelektronen), z. B. Indium.

- In gewissen Abständen bilden Indium-Atome Störstellen im Gitter.
- Da Indium nur 3 Valenzelektronen hat, bleibt eine Bindung von einem Si-Atom zunächst unbesetzt. Das Fremdatom Indium zieht Elektronen stärker an als ein Si-Atom.
- Es wird von einem benachbarten Si-Atom ein Valenzelektronen entzogen und zur Einbindung des In-Atoms genutzt.
- Das entzogene Valenzelektronen hinterlässt ein Loch im Kristallgitter.
- Das In-Atom wird dabei zum ortsfesten, negativen Gitterion.

Majoritätsträger

Sind überwiegend für die E-Leitung verantwortlich, also im n-Leiter die Elektronen und im p-Leiter die Löcher.

Minoritätsträger

Sind nur unwesentlich für die E-Leitung verantwortlich, also im n-Leiter die Löcher und im p-Leiter die Elektronen.

Halbleiterwiderstände

- Heißleiter-Widerstand (NTC): Leitet bei höheren Temperaturen besser.
- Fotowiderstand (LDR): Leitet besser, wenn er beleuchtet wird.
- Kaltleiter-Widerstand (PTC): Leitet bei höheren Temperaturen schlechter.

Halbleiterdiode

Elektronisches Bauteil, das durch Aneinanderfügen eines p-Halbleiters und eines n-Halbleiters entsteht.

Wenn keine Spannung anliegt

- Infolge der thermischen Bewegung diffundieren Leitungselektronen des n-Leiters zum p-Leiter und rekombinieren dort mit Löchern.
 - Zu beiden Seiten des Berührungsbereiches von n- und p-Schicht entsteht eine dünne Übergangszone („Verarmungszone“), in der fast keine beweglichen

Ladungsträger vorhanden sind. Diese breitet sich aber nicht über den ganzen n- und p-Leiter aus, denn

- im n-Leiter bleiben ortsfeste positiv geladene Ionen zurück.
- im p-Leiter bleiben ortsfeste negativ geladene Ionen zurück.

→ Entstehung eines elektrischen Feldes, das weiteres Diffundieren verhindert.

Wenn in „Sperrrichtung“ Gleichspannung anliegt

Kein bzw. nur geringer Strom messbar, denn infolge des äußeren elektrischen Feldes durch die Spannungsquelle wandern die freien Elektronen aus dem n-Leiter zum Pluspol und werden dort „abgesaugt“. Löcher „wandern“ zum Minuspol, nehmen dort Elektronen auf und werden dadurch neutralisiert. Die Verarmungszone wird breiter und der Widerstand steigt stark an.

Wenn in „Durchlassrichtung“ Gleichspannung anliegt

Beim Erhöhen der Spannung steigt die Stromstärke bis zur sog. Schleusenspannung nicht bzw. nur schwach an, denn infolge des äußeren elektrischen Feldes durch die Spannungsquelle werden die freien Ladungsträger in Richtung Pluspol getrieben. Die Löcher des p-Leiters werden in Richtung Minuspol getrieben. Die jeweiligen Majoritätsträger erreichen den gegenüberliegenden Pol der Spannungsquelle nicht, sondern dringen in die Verarmungszone ein. Diese wird dadurch schmaler und wird bei genügend großer Spannung ganz abgebaut.

Technische Anwendungen

Spannungsstabilisierung, Leistungsreduzierung, Gleichrichterschaltung (Wechselspannung wird in Gleichspannung umgewandelt), Leuchtdioden

Solarzelle

- In abgedunkeltem Zustand wie eine Diode.
- In beleuchtetem Zustand wie eine Gleichspannungsquelle.

Funktionsweise

- Licht dringt durch die extrem dünne n-Schicht zur Verarmungszone vor.
- Elektronen werden aus ihren Bindungen gelöst.
→ Es entstehen freie Elektronen und Löcher.
- Elektronen werden in Richtung n-Gebiet gezogen, Löcher in Richtung p-Gebiet.
- Ladungen stauen sich an den Kontakten bzw. es fließt Strom.

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 reichen nicht aus, um Abstoßung der Protonen vollständig auszugleichen; Kern geht in stabileren Stand über.	Im Kern wird ein Neutron in ein Proton (bleibt im Kern) und ein Elektron (verlässt Atom) umgewandelt.	Energetisch angeregter Kern geht in energieärmeren Zustand über.
Kernreaktionsgleichung	${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He (+\gamma)$	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e (+\gamma)$	${}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X (+\gamma)$
Geschwindigkeit	$v \leq 0.1 c$	$v \leq 0.99 c$	$v = c$
Energie	$E \leq 10 \text{ MeV}$	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:

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

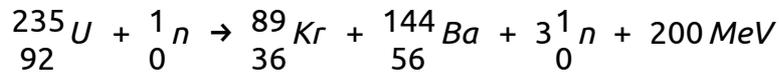
Nach $E_B = m \cdot c^2$ wird die „verlorene Masse“ beim Zusammenbau des Kerns als

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.

Energie

Wärmeübertragung

- Durch Wärmeströmung: Konvektion
- Durch Wechselwirkung der Teilchen: Wärmeleitung
- Ohne Mitwirkung eines Zwischenstoffes: Wärmestrahlung

Wärmekraftwerke

Thermische Kraftwerke: Umwandlung chemischer Energie in elektrische

- **Dampfkraftwerk** ($\eta = 42 \%$)
Durch Verbrennung von Kohle wird Wasserdampf erzeugt → Dampf strömt durch Turbine → Turbine treibt Generator an
- **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