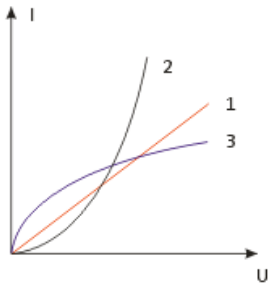
Grundlagen Physik für 10 I

Elektrizitätslehre

Allgemeines

Leiterkennlinien

Leiter 1: Konstantan oder Metalldraht bei konstanter Temperatur
Es gilt das Ohm´sche Gesetz: $I \sim U$
Leiter 2: Kohle, Graphit
Leiter 3: z. B. Eisen, Kupfer ungekühlt



elektr. Leitwert G
abgeleitete Größe

$$G = \frac{I}{U} \quad \text{mit} \quad [G] = 1\,\frac{A}{V} = 1\ S\ (\text{Siemens})$$

elektr. Widerstand R
abgeleitete Größe

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{mit} \quad [R] = 1\,\frac{V}{A} = 1\ \Omega\ (\text{Ohm})$$

Widerstandsgesetz

Der Widerstand eines Drahtes ist
- direkt proportional zu seiner Länge $(R \sim l)$,
- indirekt proportional zu seiner Querschnittsfläche $\left(R \sim \frac{1}{A}\right)$,
- abhängig vom Material und
- abhängig von seiner Temperatur.

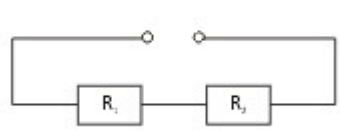
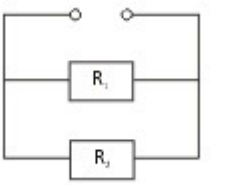
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

spezifischer Widerstand ρ
abgeleitete Größe

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad \text{mit} \quad [\rho] = 1\ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule

Schaltungen

Reihenschaltung	Parallelschaltung
	
Konstante Größe: Stromstärke I	Konstante Größe: Spannung U
$U_{ges} = U_1 + U_2 + \cdots$	$I_{ges} = I_1 + I_2 + \cdots$
$R_{ges} = R_1 + R_2 + \cdots$	$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$
$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2}$	$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Für beide Schaltungen gilt: $P_{ges} = P_1 + P_2 + \cdots$

Halbleiter

Ausgangsmaterialien

Germanium, Silicium und andere Elemente der IV. Hauptgruppe bezeichnet man als Halbleiter, da sie den Strom weder gut leiten noch isolieren (Nichtleiter sind). Beim absoluten Nullpunkt sind sie Isolatoren, bei normaler Temperatur schlechte Leiter.

Dotierung

Dotiert man Halbleitermaterialien mit Atomen eines Elements der V. Hauptgruppe, z.B. Arsen, so ist das fünfte Außenelektron des eingebauten Arsenatoms ein nahezu frei beweglicher Ladungsträger (n-Dotierung).
Dotiert man sie mit Atomen eines Elements der III. Hauptgruppe (z.B. Indium), so fehlt für die Edelgaskonfiguration ein Elektron. Diese Fehlstelle heißt Defektelektron oder Loch (p-Dotierung).

Halbleiterdiode

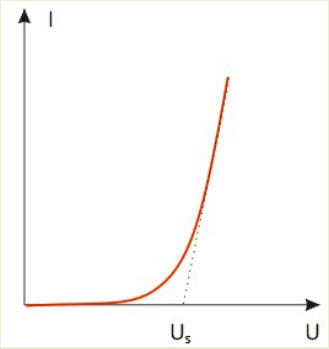
Fügt man einen n-Halbleiter und einen p-Halbleiter zusammen, so erhält man eine Halbleiterdiode.

Grenzschicht

Sie bildet sich um die Berührfläche nach dem Zusammenfügen eines n- und eines p-Halbleiters aus. An der Grenzschicht wandern die freien Elektronen des n-Halbleiters zu den Defektelektronen des p-Leiters, so dass ein elektrisches Feld entsteht, das weiteres Diffundieren von freien Ladungsträgern verhindert.

Diode im Stromkreis

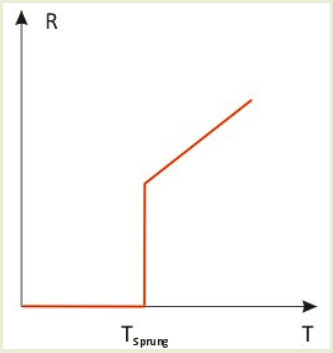
Sperrrichtung der Diode:
Legt man an die p-Schicht den Minuspol und an die n-Schicht den Pluspol einer E-Quelle an, so verbreitert sich die nahezu ladungsträgerfreie Grenzschicht.
Durchlassrichtung der Diode:
Legt man an die p-Schicht den Pluspol und an die n-Schicht den Minuspol einer E-Quelle (Spannung größer als die Schleusenspannung U_S) an, so fluten die Ladungsträger in die Sperrschicht und machen diese



	stromdurchlässig. Die Diode wirkt also als „Ventil“ oder Schalter.
Anwendung	Gleichrichterwirkung für Wechselstrom, der zu pulsierendem Gleichstrom wird.

Supraleitung

Eigenschaft	Supraleiter bestehen aus Materialien, deren elektrischer Widerstand beim Unterschreiten einer kritischen Temperatur T_{Sprung} (Sprungtemperatur) einen unmessbar kleinen Wert besitzt. Die Sprungtemperatur ist materialabhängig.



Elektromagnetische Induktion	
Generatorprinzip:	Bewegungsenergie wird in elektrische Energie umgewandelt.
Induktionsspannung	In einer Spule entsteht Induktionsspannung, wenn sich das von der Spule umfasste Magnetfeld zeitlich ändert. Die Höhe der Induktionsspannung nimmt mit • wachsender Windungszahl der Spule, • größerer Magnetfeldstärkenänderung und • der Geschwindigkeit der Änderung der Magnetfeldstärke zu.
Induktionsstrom	Bei geschlossenem Stromkreis fließt ein Induktionsstrom.
Die Lenz´sche Regel	Die elektromagnetische Induktion wirkt ihrer Entstehungsursache entgegen.
Lorentzkraft	Auf bewegte Ladungsträger wirkt im Magnetfeld die Lorentzkraft.
Linke-Hand-Regel für die Induktion	• Daumen in Bewegungsrichtung (Ursache), • Zeigefinger in Magnetfeldrichtung von Nord nach Süd (Vermittlung), • Mittelfinger zeigt in die Richtung der Lorentzkraft (Wirkung), die auf eine negative elektrische Ladung wirkt. Die drei Finger der linken Hand stehen dabei jeweils senkrecht zueinander.
Wechselstrom-generatoren	Ein Generator wandelt mechanische in elektrische Energie um.

Bauarten	
Außenpol-generator:	Die Induktionsspule rotiert zwischen den Polschuhen eines Feldmagneten.
Innenpol-generator:	Der Feldmagnet bewegt sich zwischen den feststehenden Induktionsspulen Einsatz z. B. in Großkraftwerken, in denen hohe Leistungen erzielt werden, d. h. die Leistung P als Produkt der Spannung U und der Stromstärke I ist groß. Dies lässt sich beim Innenpolgenerator besser realisieren als beim Außenpolgenerator: • Da die Induktionsspulen nicht bewegt werden müssen, können diese eine hohe Windungszahl besitzen. → hohe Spannung möglich • Induktionsstrom fließt nicht wie beim Außenpolgenerator über Schleifbürsten → hohe Stromstärken möglich

© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule

Transformatoren

Der in der Primärspule fließende Wechselstrom erzeugt ein sich ständig änderndes Magnetfeld, das durch den geschlossenen Eisenkern verstärkt und auf die Sekundärspule übertragen wird. Hier wird eine Wechselspannung induziert.

Zweck		Anwendung
Hochspannung	Hohe Sekundärspannung wird erreicht durch hohe Sekundärwindungszahl und niedrige Primärwindungszahl.	Übertragung elektrischer Energie über weite Strecken
Hochstrom	Hoher Induktionsstrom wird erreicht durch niedrige Sekundärwindungszahl, hohem Leiterquerschnitt und hoher Primärwindungszahl.	Schweißen, Induktionsöfen
Niederspannung	niedrige Sekundärspannung wird erreicht durch niedrige Sekundärwindungszahl, kleinem Leiterquerschnitt und hoher Primärwindungszahl.	Klingel, Spielzeugeisenbahn, NF-Audioteile

Der Wirkungsgrad eines Transformators ist kleiner als 100 %. Es gilt: $\eta = \frac{P_s}{P_p}$

Ursachen	Abhilfe
Zunahme der inneren Energie des Spulendrahts aufgrund des ohmschen Widerstands	• niedrige Windungszahl • große Leiterquerschnittsfläche • gut leitendes Material • Kühlen der Spule, Supraleitung
Zunahme der inneren Energie des Weicheisenkerns durch Wirbelströme	Blättern des Weicheisenkerns
Streuung des Magnetfeldes	Verwendung eines Ringkern- oder Manteltransformators
Zunahme der inneren Energie des Weicheisenkerns durch ständige Ummagnetisierung	Verwendung spezieller Legierungen

© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule

Energieübertragung

In Überlandleitungen hat man stets einen unerwünschten Energiestrom, der die Leitungen und deren Umgebung erwärmt: $P_{fern} = R_{fern} \cdot I_{fern}^2$

Um Energie über weite Strecken übertragen zu können, muss dieser Energiestrom möglichst gering gehalten werden. Dies kann erreicht werden durch:

- Stromstärke I_{fern} verringern: indem man am Kraftwerk die Spannung hochtransformiert. (Für den Endabnehmer muss die Spannung wieder herabtransformiert werden.)
- R_{fern} verringern durch die Verwendung von
  - gut leitendem Material wie Kupfer oder Aluminium und
  - große Leiterquerschnittsflächen.
    (Nachteil: teuer und schwer)

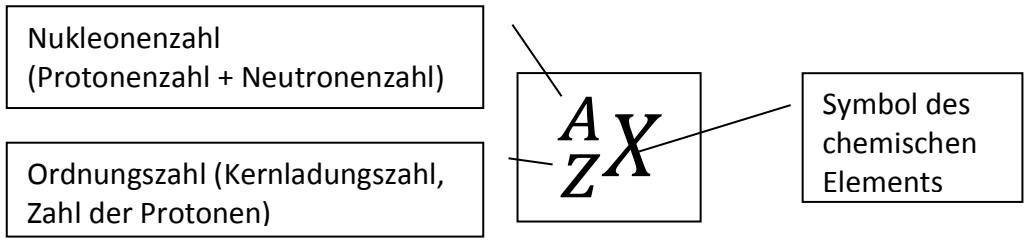
© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule

Atom- und Kernphysik

Grundlagen

Jeder Atomkern besteht aus Protonen (positiv geladen) und Neutronen (elektrisch neutral), die durch Kernkräfte (sehr starke Kräfte, Reichweite sehr gering - beschränkt auf Nachbarteilchen) zusammengehalten werden. In der Atomhülle befinden sich die Elektronen (negativ geladen).

Nuklidschreibweise



Isotope

… nennt man Nuklide mit gleicher Ordnungszahl (Zahl der Protonen), aber unterschiedlicher Neutronenzahl.

Radioaktive Strahlung

… kommt immer aus dem Kern, sie kann durch Geiger-Müller-Zähler, Nebelkammern und Fotoplatten nachgewiesen werden. Es gibt α-, β- und γ-Strahlung.

	α - Strahlung	β - Strahlung	γ - Strahlung
Art	Heliumkerne (zweifach positiv geladen) $^{4}_{2}\mathrm{He}$	Elektronen (einfach negativ geladen), die aus dem Zerfall eines Neutrons stammen: $\mathbf{^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e}$	Elektromagnetische Strahlung eines angeregten Kerns nach einer α- oder β-Strahlung
Zerfallsgleichung (Bsp.)	$\mathbf{^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He}$	$\mathbf{^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{0}_{-1}e}$	
Abschirmung	durch ein Blatt Papier	durch mind. 4 mm dicke Aluminiumplatte	durch mind. 15 mm dicke Bleiplatte
Ablenkbarkeit durch elektrische oder magnetische Querfelder	ja, da positiv geladen	ja, da negativ geladen; Richtungsbestimmung mit der UVW-Regel	nein, da keine Ladung vorhanden
Ionisationsvermögen	sehr hoch	relativ gering	relativ gering
Reichweite in Luft	< 10 cm	< 1 m	> 1 m
Energie/Geschwindigkeit	einheitlich bei einem bestimmten Nuklid	unterschiedlich verteilt bis ca. 99% der Lichtgeschwindigkeit	Ausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit

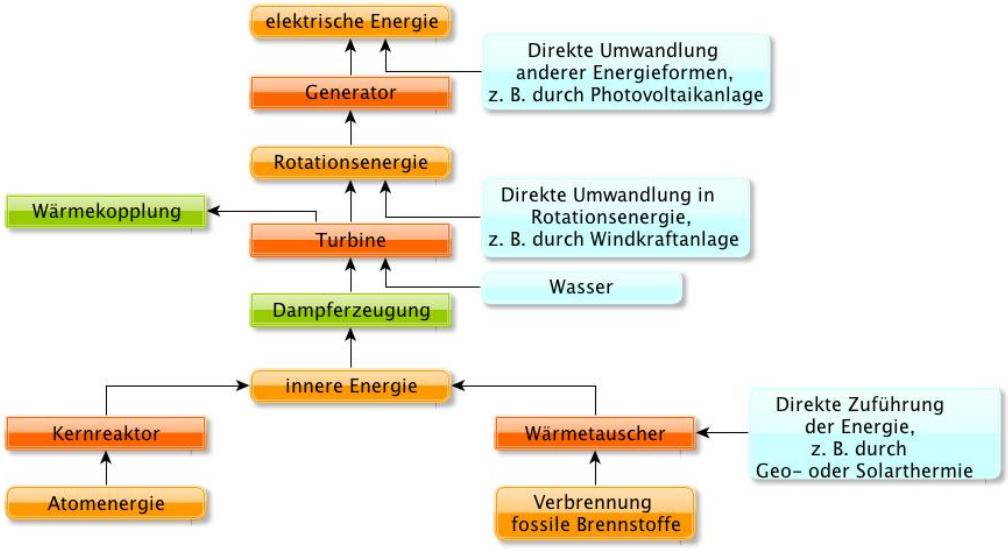
© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule

Halbwertszeit	Unter der Halbwertszeit T eines radioaktiven Isotops versteht man die Zeitspanne, nach der sich die Aktivität/Masse/Anzahl der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Teilchen halbiert hat.
Zerfallsgesetz	$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ $\quad m(t) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ $\quad N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

Energie

Primärenergie	Die Energie natürlich vorhandener Energiequellen (Holz, Kohle, Erdöl, Erdgas, Erdwärme, Sonne, Wind, Wasser) nennt man Primärenergie.
Sekundär-energie	Die von Kraftwerken, Raffinerien, … bereitgestellte Energie nennt man Sekundärenergie.
Endenergie	Die Energie, die dem Endabnehmer (in der Regel Haushalte) zur Verfügung steht, nennt man Endenergie.
Nutzenergie	Die Energie, die man für einen gewünschten Zweck einsetzt, heißt Nutzenergie.
Einheiten	$1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{Ws}$ $\quad 1{,}0\ \mathrm{kWh} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \mathrm{J}$ $\quad 1{,}000\ \mathrm{J} = 2{,}778 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{kWh}$

Kraftwerk



Kraftwerke zur Nutzung von …

… erneuerbarer (regenerativer) Energie	… nicht erneuerbarer Energie
Wasser-, Wind-, Biomasse-, Geothermiekraftwerk	Kohle-, Erdöl-, Erdgaskraftwerk (fossile Brennstoffe)
Photovoltaikanlage, solarthermisches Kraftwerk	Kernkraftwerk (nukleare Brennstoffe)

Gesamt–wirkungsgrad einer Anlage

$\eta_{\mathrm{gesamt}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \ldots$

© 2011 – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung – Abteilung Realschule