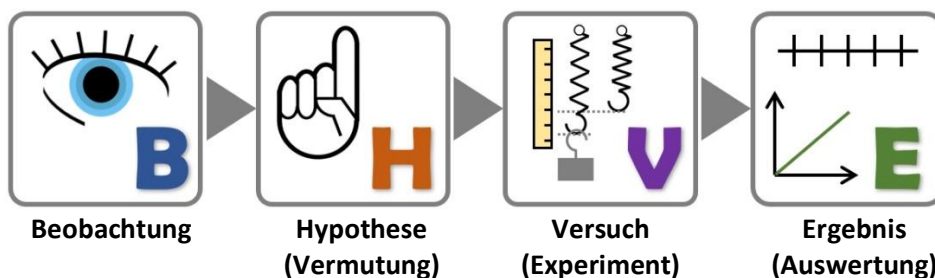


Jahrgangsstufenübergreifende Grundlagen für das Fach Physik

Physikalische Arbeitsweise



Größen in der Physik

- Physikalische Größen sind alle messbaren Eigenschaften eines Körpers.

Grundgrößen	Abgeleitete Größen
legt der Mensch beliebig fest, z. B. Länge ℓ , Masse m und Zeit t .	sind von Grundgrößen abhängig, z. B. Fläche A , Volumen V .

- Für die Festlegung der Grundgrößen benötigt man die Definition der Gleichheit, der Vielfachheit und der Einheit. Die Einheit wird folgendermaßen dargestellt:

$$[\text{Größensymbol}] = 1 \cdot \text{Einheit} \quad \text{z. B.} \quad [\ell] = 1 \cdot \text{m}$$

- Die Messung einer physikalischen Größe erfolgt durch den Vergleich der zu messenden Größe mit einer Einheit. Das Messergebnis ist das Produkt aus Maßzahl und Maßeinheit.
- Die Differenz zweier Messwerte einer Größe wird durch Δ („delta“) vor dem Größensymbol angegeben:

$$\text{z. B.} \quad \Delta \ell = \ell_2 - \ell_1$$

Messung - Sinnvolle Ziffern

Messgerät	Messbereich	Genauigkeit*	Bsp. Dicke einer Glasscheibe
Maßband	z. B. bis 50,00 m	1 cm	$\ell = 1 \text{ cm}$
Geodreieck	z. B. bis 7,0 cm	1 mm	$\ell = 0,9 \text{ cm}$ oder $\ell = 9 \text{ mm}$
Messschieber	z. B. bis 16,00 cm	0,1 mm	$\ell = 0,92 \text{ cm}$ oder $\ell = 9,2 \text{ mm}$
Mikrometerschraube	z. B. bis 2,000 cm	0,01 mm	$\ell = 0,918 \text{ cm}$ oder $\ell = 9,18 \text{ mm}$

* Die Anzahl der sinnvollen Ziffern hängt von der Messgenauigkeit des Messgeräts ab.

- Bei jeder Messung ist die letzte Ziffer unsicher. Alle Ziffern davor bezeichnet man als sicher. Es gilt:

$$\text{sinnvolle Ziffern} = \text{sichere Ziffern} + \text{unsichere Ziffer}$$

- Vorangestellte Nullen sind nicht zu zählen, da bei Umwandlungen in andere Einheiten sich die Anzahl der sinnvollen Ziffern ändern würde (z. B. $1 \text{ m} = 0,001 \text{ km}$).

$$\text{Bsp.:} \quad \ell = 0,00034 \text{ km} \quad \rightarrow \quad \text{zwei sinnvolle Ziffern}$$

- Nachgestellte Nullen werden gezählt.

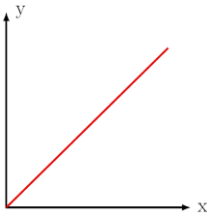
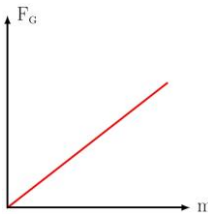
$$\text{Bsp.:} \quad \ell = 12,00 \text{ km} \quad \rightarrow \quad \text{vier sinnvolle Ziffern, da die Anzahl der Nachkommastellen Rückschlüsse auf das verwendete Messgerät zulässt.}$$

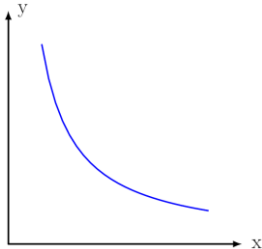
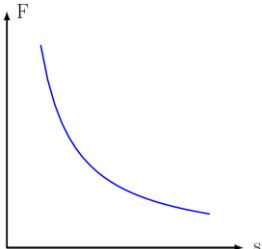
- Beim Einheitenwechsel darf sich die Genauigkeit nicht ändern (→ Verwendung von Zehnerpotenzen).
Bsp.: $\ell = 3,47 \text{ km} \rightarrow \ell = 3,47 \cdot 10^3 \text{ m}$
- Multipliziert oder dividiert man physikalische Größen, so hat das Ergebnis so viele sinnvolle Ziffern wie die Größe mit der geringsten Anzahl sinnvoller Ziffern.
Bsp.: $\ell = 22,5 \text{ m}$, $b = 14,7 \text{ m}$, $h = 0,75 \text{ m}$ (→ in diesem Beispiel die geringste Anzahl)
→ $V = \ell \cdot b \cdot h = 22,5 \text{ m} \cdot 14,7 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m}^3$
- Bei der Addition (Subtraktion) von Messwerten ist die Genauigkeit der Messung entscheidend. Das Ergebnis wird mit der Genauigkeit angegeben, die durch das ungenaueste Messgerät definiert wird.
Bsp.: $\ell_1 = 3,209 \text{ cm}$, $\ell_2 = 0,81 \text{ cm}$
→ $\ell_1 + \ell_2 = 3,209 \text{ cm} + 0,81 \text{ cm} \quad \text{bzw.} \quad \ell_1 - \ell_2 = 3,209 \text{ cm} - 0,81 \text{ cm}$
 $\quad \quad \quad = 4,02 \text{ cm} \quad \quad \quad = 2,40 \text{ cm}$
- Messergebnisse, z. B. bei Längen, werden folgendermaßen angegeben:
 $\ell = \bar{\ell} \pm \Delta\ell$, wobei $\bar{\ell}$ der Mittelwert und hier $\Delta\ell$ die größte Abweichung vom Mittelwert ist.

Vorsatzzeichen

Tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000	Billion
Giga	G	10^9	1 000 000 000	Milliarde
Mega	M	10^6	1 000 000	Million
Kilo	k	10^3	1 000	Tausend
-	-	10^0	1	-
Milli	m	10^{-3}	0,001	Tausendstel
Mikro	μ	10^{-6}	0,000 001	Millionstel
Nano	n	10^{-9}	0,000 000 001	Milliardstel

Mathematische Grundlagen für Versuchsauswertungen

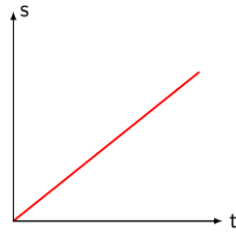
Direkte Proportionalität:	
Hinweis	Je größer die unabhängige Größe x, desto größer die abhängige Größe y.
Kennzeichen	Ein doppelter, dreifacher, ..., n-facher x-Wert bewirkt einen doppelten, dreifachen, ..., n-fachen y-Wert.
Numerische Auswertung	Die Werte der Quotienten sind konstant: $\frac{y}{x} = \text{konstant}$ (Quotientengleichheit)
Graphische Auswertung	<div> <p>Im y(x)-Diagramm ergibt sich als Graph eine Ursprungsstrecke:</p>  </div> <div> <p>Beispiel: Betrag der Gewichtskraft F_G: $F_G \sim m$ bzw. $g = \frac{F_G}{m}$ Weitere Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dichte ρ gleichförmige Bewegung  </div>

indirekte Proportionalität:		
Hinweis	Je größer die unabhängige Größe x , desto kleiner die abhängige Größe y .	
Kennzeichen	Ein doppelter, dreifacher, ..., n -facher x -Wert bewirkt einen halbierten, gedrittelten, ..., ge- n -telten y -Wert.	
Numerische Auswertung	Die Werte der Produkte sind konstant: $y \cdot x = \text{konstant}$ (Produktgleichheit)	
Graphische Auswertung	<p>Im $y(x)$-Diagramm ergibt sich als Graph ein Hyperbelast:</p> 	<p>Beispiel: Arbeit W: $F \sim \frac{1}{s}$ bzw. $W = F \cdot s$</p> 

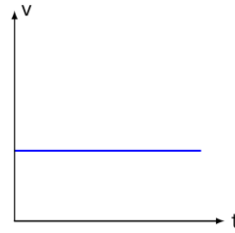
Lernbereich 1: Mechanik

Bewegungsdiagramme

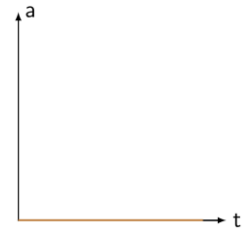
Gleichförmige Bewegung:



s(t) – Diagramm



v(t) – Diagramm



a(t) – Diagramm

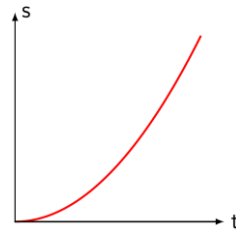
Zurückgelegter Weg:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t$$

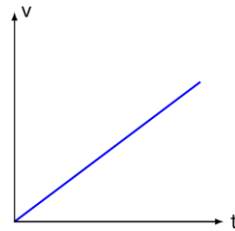
Geschwindigkeit:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{mit } [v] = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

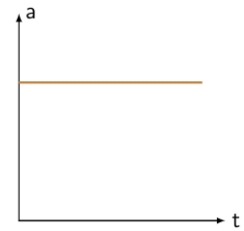
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung:



s(t) – Diagramm



v(t) – Diagramm



a(t) – Diagramm

Zurückgelegter Weg:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Beschleunigung:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{mit } [a] = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Sonderfall: Freier Fall

$$a = g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Grundgleichung der Mechanik

$$F = m \cdot a \quad \text{mit } [F] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$$

Kinetische Energie

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \text{mit } [E_{\text{kin}}] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J}$$

Impuls

$$p = m \cdot v \quad \text{mit } [p] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \text{ Ns}$$

Stöße zweier Körper

Energieerhaltung

Impulserhaltung

(Vollkommen) elastischer Stoß

- Die Summen der kinetischen Energien vor und nach dem Stoß sind gleich.
- Es findet (nahezu) keine Energieentwertung statt.
- Es gilt der Impulserhaltungssatz:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

Teilelastischer Stoß

- Die Summe der kinetischen Energien vor dem Stoß ist größer als die Summe der kinetischen Energien nach dem Stoß.
- Ein Teil der kinetischen Energie wird in innere Energie umgewandelt (entwertet).

Sonderfall: (Vollkommen) inelastischer Stoß

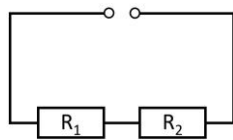
- Beide Körper bewegen sich nach dem Stoß mit der gleichen Geschwindigkeit in die gleiche Richtung weiter oder befinden sich in Ruhe.
- Es gilt der Impulserhaltungssatz:

$$p_1 + p_2 = p_{12}$$

Lernbereich 2: Elektrizitätslehre

Stromkreise (Schaltung von Widerständen)

Unverzweigt (Reihenschaltung)



Beispielschaltskizze für zwei Widerstände

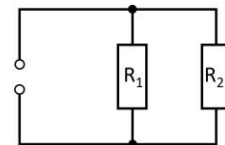
$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots$$

$$I_{\text{ges}} = I_1 = I_2 = \dots$$

$$P_{\text{ges}} = P_1 + P_2 + \dots$$

Verzweigt (Parallelschaltung)



Beispielschaltskizze für zwei Widerstände

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = \dots$$

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots$$

$$P_{\text{ges}} = P_1 + P_2 + \dots$$

Induktion in Spulen (Induktionsgesetz)

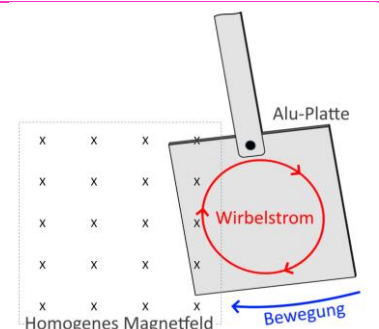
- In einer Spule wird eine Spannung induziert, wenn die Spule von einem sich ändernden Magnetfeld durchsetzt wird.
- Der Betrag der Induktionsspannung hängt ab von der ...
 - Windungszahl der Spule
 - Größe der Magnetfeldstärkenänderung
 - Geschwindigkeit der Änderung der Magnetfeldstärke
- Bei geschlossenem Stromkreis fließt ein Induktionsstrom.

Regel von Lenz

Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass sein Magnetfeld der Induktionsursache entgegenwirkt.

Wirbelströme

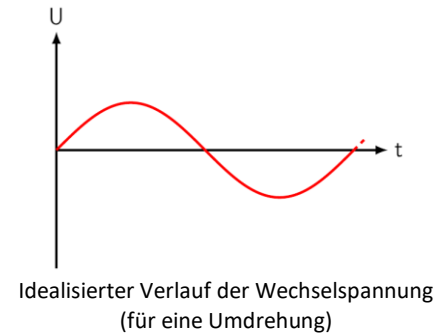
Ändert sich das Magnetfeld in einem Leiter (z. B. in einem massiven Metallkörper), werden Wirbelströme in ihm induziert.



Schwingende Alu-Platte im Magnetfeld

Generatoren

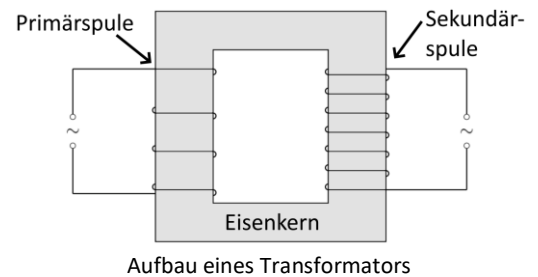
- Ein Generator wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um.
- Im Generator rotiert ein Magnet in einer Spule (Innenpolgenerator) oder eine Spule in einem Magnet (Außenpolgenerator). Dadurch ändert sich das Magnetfeld in der Spule ständig und in ihr wird eine Wechselspannung induziert.



Transformatoren

- Der in der Primärspule fließende Wechselstrom erzeugt ein sich ständig änderndes Magnetfeld, das durch den geschlossenen Eisenkern verstärkt wird und die Sekundärspule durchsetzt.
- In der Sekundärspule wird eine Wechselspannung induziert.
- Für den Wirkungsgrad eines Transformators gilt:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p}$$



- Der Wirkungsgrad eines Transformators ist kleiner als 100 %:

Ursachen für Energieentwertungen	Mögliche Verbesserungen (Abhilfen)
Erwärmung der Drähte durch Stromfluss	Kühlen der Drähte Verwendung von Drähten mit größerer Querschnittsfläche (bei gleicher Windungszahl)
Erwärmung des Weicheisenkerns durch Wirbelströme	Blättern des Weicheisenkerns
Erwärmung des Weicheisenkerns durch ständige Ummagnetisierung	Verwendung spezieller Legierungen
Streuung des Magnetfelds	Verwendung eines Ringkern- oder Manteltransformators

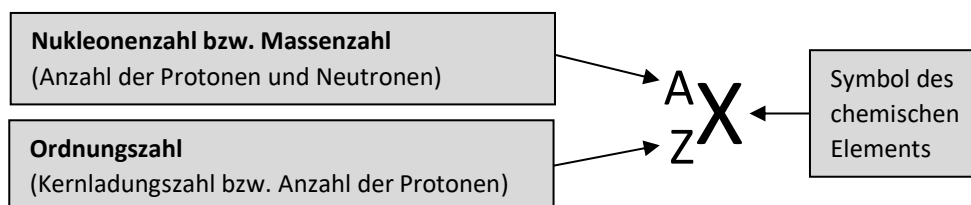
Lernbereich 3: Atom- und Kernphysik

Aufbau der Atome

- Atomkerne (Nuklide) bestehen aus folgenden Kernbausteinen (Nukleonen):

Nukleon	Elektrische Ladung	Aufbau
Proton	positiv	Zwei Up-Quarks Ein Down-Quark
Neutron	neutral	Ein Up-Quark Zwei Down-Quarks

- Die Nukleonen werden durch Kernkräfte (sehr starke Kräfte, Reichweite sehr gering, beschränkt auf benachbarte Nukleonen) zusammengehalten.
- In der Atomhülle befinden sich negativ geladene Elektronen.
- Nuklidschreibweise für Atomkerne:



- Isotope nennt man Nuklide mit gleicher Ordnungszahl, die eine unterschiedliche Neutronenzahl besitzen.

Radioaktive Strahlung

- Entstehung im Atomkern
- Nachweis z. B. durch Geiger-Müller-Zähler, Nebelkammer oder Dosismessgerät
- Unterscheidung von α -, β - und γ -Strahlung:

	α -Strahlung	β -Strahlung	γ -Strahlung
Art	Heliumkerne (${}^4_2\text{He}$)	Elektronen (${}^0_{-1}\text{e}$)	Elektromagnetische Strahlung
Abschirmung	Blatt Papier	Aluminiumplatte	Bleiplatte
Ablenkbarkeit durch elektrische oder magnetische Querfelder	Ja, da die Heliumkerne positiv geladen sind.	Ja, da die Elektronen negativ geladen sind.	Nein, da elektromagnetische Strahlung keine Ladung trägt.
Ionisationsvermögen	sehr hoch	relativ gering	relativ gering
Reichweite in Luft	wenige Zentimeter	wenige Meter	viele Meter

Halbwertszeit

Unter der Halbwertszeit T eines radioaktiven Isotops versteht man die Zeitspanne, nach der sich die Aktivität (bzw. Masse bzw. Anzahl) der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Kerne halbiert hat.

Aktivität

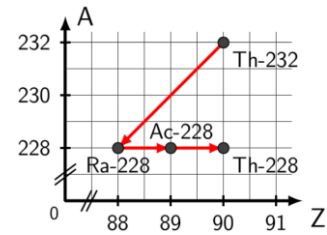
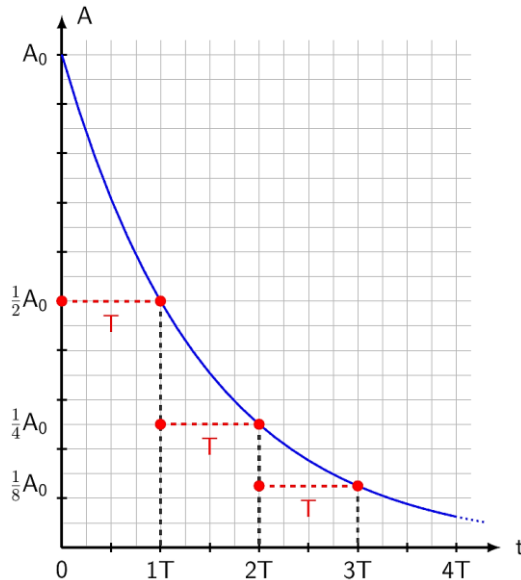
Die Aktivität A eines radioaktiven Präparates ist die Anzahl der Zerfälle n pro Zeiteinheit t .

$$A = \frac{n}{t} \quad \text{mit } [A] = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Bq}$$

Zerfallsgesetz

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

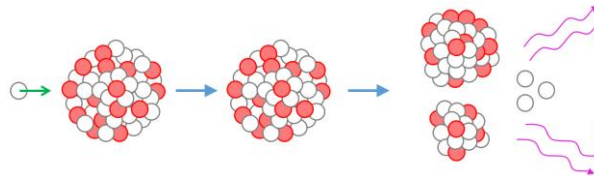
Diagramme



In einem Z-A-Diagramm können radioaktive Zerfälle grafisch dargestellt werden.

Kernspaltung

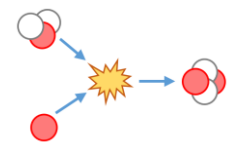
- Bei der Kernspaltung zerfällt ein schwerer Atomkern durch die Absorption eines Neutrons in zwei mittelschwere Kerne und mehrere freie Neutronen.



- Die dabei freigesetzte Energie führt gemäß $E = m \cdot c^2$ zu einer Abnahme der Gesamtmasse (Massendefekt).
- Die freien Neutronen können weitere Kerne spalten, dadurch entsteht eine Kettenreaktion.

Kernverschmelzung

- Zwei leichte Kerne verschmelzen bei hohem Druck und sehr hoher Temperatur zu einem schwereren Kern.
- Die dabei freigesetzte Energie führt gemäß $E = m \cdot c^2$ zu einer Abnahme der Gesamtmasse (Massendefekt).



Energiedosis

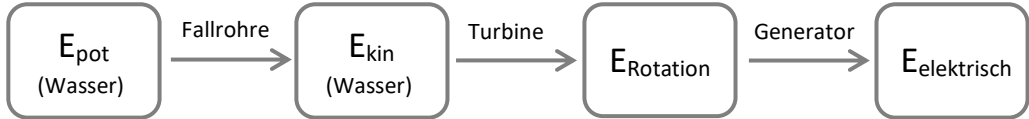
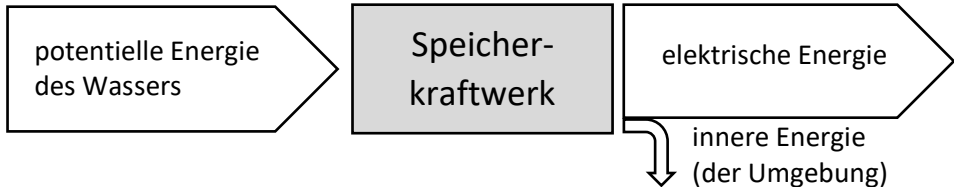
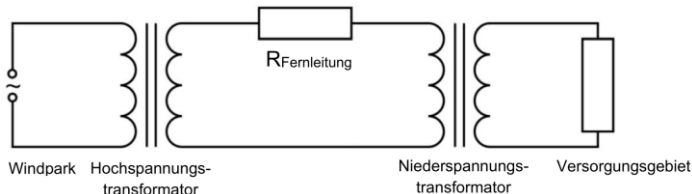
$$D = \frac{E}{m} \quad \text{mit } [D] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1 \text{ Gy}$$

Äquivalentdosis

$$H = q \cdot D \quad \text{mit } [H] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1 \text{ Sv}$$

Strahlenschutz

- Abstand vergrößern
- Abschirmung optimieren
- Aufenthaltsdauer minimieren
- Aktivität verringern
- Aufnahme in den Körper vermeiden

Lernbereich 4:	Energieversorgung
Energieträger	<ul style="list-style-type: none"> • Fossil: z. B. Erdöl, Erdgas, Heizöl, Benzin, Kohle • Regenerativ: z. B. Wasser, Wind, Sonnenstrahlung, Biomasse, Geothermie
Energieumwandlungen in nicht gekoppelten Kraftwerken	<p>Energieumwandlungen können wie folgt dargestellt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energieumwandlungskette bei einem Wasserkraftwerk (Speicherkraftwerk)  <ul style="list-style-type: none"> • Energieflussdiagramm bei einem Wasserkraftwerk (Speicherkraftwerk) 
Übertragung von Energie allgemein	<p>Elektrische Energie kann z. B. auf folgende Arten übertragen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit Wechselspannung/ -strom (Fernleitung) • mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) <p>Allgemein kann Energie z. B. mit folgenden Energieträgern transportiert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit Wasserstoff • mit Fernwärme
Übertragung von elektrischer Energie	<ul style="list-style-type: none"> • In Überlandleitungen tritt stets eine unerwünschte thermische Leistung auf, welche die Leitungen und deren Umgebung erwärmt: $P_{th} = R \cdot I^2$ <ul style="list-style-type: none"> • Um Energie über weite Strecken übertragen zu können, muss diese thermische Leistung möglichst gering gehalten werden. Dies kann in der Fernleitung erreicht werden durch eine ... <ul style="list-style-type: none"> ○ Verringerung der Stromstärke I_{Fern} ○ Verringerung des Widerstandes R_{Fern} 
Kraftwerkstechniken	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmekraftwerke (Kernkraftwerke, Gaskraftwerke, Geothermische Kraftwerke ...) • Wasserkraftwerke (Laufwasserkraftwerke, Pumpspeicherkraftwerke, ...) • Windkraftwerke • Biomassekraftwerke • Solarkraftwerke (Photovoltaik, Solarthermische Kraftwerke) • ...

Speicher- techniken

- Chemische Speicher (Akkumulatoren, Wasserstofftechnik, ...)
- Mechanische Speicher (Pumpspeicherkraftwerke, Schwungradspeicher, Druckluftspeicher, ...)
- Thermische Speicher (Warmwasserspeicher, Salzspeicher, ...)
- ...

Verbrennungs- wärme

Der Heizwert H ist der Quotient aus der Verbrennungswärme W_{th} und der Masse m eines Stoffes:

$$H = \frac{W_{th}}{m} \quad \text{mit} \quad [H] = 1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$