

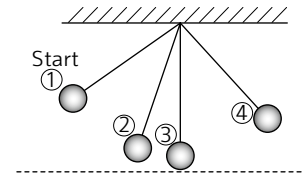
17 Energieerhaltung, Reibung und Wirkungsgrad

Energieerhaltung

- ▶ In einem System, das energetisch geschlossen ist, ist die **Summe aller Einzelenergien konstant**. Energetisch geschlossen bedeutet, dass Energie weder von außen zu- noch von innen abgeführt wird.
- ▶ Innerhalb des Systems kann sich eine Energieform in eine andere wandeln, wie z. B. Licht in elektrische Energie in einer Solarzelle oder Höhenenergie in Bewegungsenergie, wenn ein Apfel von einem Baum herunterfällt.

1. Bei der Pendelbewegung treten drei unterschiedliche Energieformen auf.

- Nenne die drei Energieformen.
Höhen-, Bewegungsenergie und Reibung.
- Beschreibe die jeweiligen Energiemengen an den einzelnen Positionen.
 - Höhenenergie maximal, alle anderen Null.
 - weniger Höhenenergie als bei ①, etwas Bewegungsenergie und Reibung;
 - keine Höhenenergie, maximale Bewegungsenergie, etwas mehr Reibung als bei ②;
 - maximale Höhenenergie, aber nicht so viel wie bei ①, keine Bewegungsenergie, noch mehr Reibung.

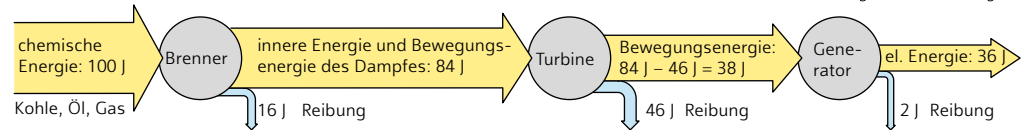


Reibung

- ▶ Die **Reibung** ist ein Nebeneffekt der Bewegung von Körpern. Sie tritt meistens bei mechanischer Arbeit auf, wenn z. B. ein Holzklötz über einen Tisch geschoben wird, sich also zwei Gegenstände, Flüssigkeiten o. ä. gegeneinander verschieben. Reibungsvorgänge wandeln mechanische Arbeit in (meist unerwünschte) innere Energie um, die an die Umgebung abfließt und nicht weiter genutzt werden kann. Die Wertigkeit der Energie nimmt ab (Energienentwertung), da sich Reibung nur schwer wieder in andere Energieformen wandeln kann. Diese Vorgänge sind **irreversibel**. Fälschlicherweise wird bei Reibung daher oft von „Energieverlust“ gesprochen, obwohl die Summe der Energien konstant bleibt (Energieerhaltung).
- ▶ Ein Maß für die entwertete Energie stellt die **Entropie S** dar. Wird die Energie eines Systems um ΔW erhöht, so steigt auch die Entropie um den Wert ΔS . Es gilt: $\Delta S = \frac{\Delta W}{\Delta T}$ mit $\Delta W = \text{Energienmenge}$ und $\Delta T = \text{Temperaturunterschied}$. Die Einheit der Entropie ist: $1 \frac{J}{K}$.
- ▶ Für die Entropie gibt es keinen Erhaltungssatz, da sie bei irreversiblen Vorgängen immer nur steigen kann.
- ▶ Reibung ist aber erwünscht, wenn etwas gebremst oder erwärmt werden soll.
- ▶ Ein „**perpetuum mobile**“ (lat.: etwas sich ständig Bewegendes) soll eine Maschine sein, die einmal aktiviert wird und dann ewig weiterläuft. Aufgrund des Auftretens der Reibung gilt es aber als absolut sicher, dass eine solche Maschine nicht gebaut werden kann. Die gewandelte Energie könnte wieder vollständig zurückgewonnen werden, d. h. der Vorgang wäre reversibel. Das gibt es in der Natur nicht.

2. Energieübergänge können mit dem Energieflussdiagramm (rechts) dargestellt werden. Die Energiewandler stehen dabei in den Kreisen, die Energie, die „unterwegs“ ist, steht in den Pfeilen.

Beschrifte das Energieflussdiagramm unten und erkläre die Bedeutung der blauen Pfeile. Die blauen Pfeile sind entwertete Energie: Reibung.



3. Nenne je zwei Situationen, in denen Reibung erwünscht bzw. nicht erwünscht ist.

Erwünscht: Bremsvorgänge, da die Reibung die Bewegungsenergie vermindert; Wasserkocher, da die Reibung in der Heizspirale als innere Energie auf das Wasser übertragen wird und die innere Energie des Wassers erhöht.
Unerwünscht: die Reibung bei Windkraftanlagen oder beim Dynamo am Fahrrad, da ein Teil der Bewegungsenergie unbrauchbar wird, da sie sich in innere Energie wandelt, die an die Umgebung abgegeben wird.

4. Das Bild zeigt eine Konstruktion für ein Perpetuum mobile.

Erkläre, wie es funktionieren soll und woran die Konstruktion scheitert.

Das Wasser fließt unten aus dem Becher heraus und wird über den Schlauch wieder in den Becher geleitet, sodass der Wasserstand immer gleich bleibt (Kreislauf). Die Reibung zwischen Schlauchwand und Wasser sowie die Reibung zwischen den Wasserteilchen bringen das Prinzip zum Scheitern, da sie als nicht weiter nutzbare innere Energie an die Umgebung abgegeben wird.



Wirkungsgrad Symbol η , Einheit –

- ▶ Wandelt sich eine Energieform in eine andere, so tritt dabei immer anteilig eine Energieentwertung meist in Form von Reibung oder unerwünschter innerer Energie auf. Damit ist der **Wirkungsgrad** immer kleiner als 100% oder als 1. Es gilt: Wirkungsgrad $\eta = \frac{\text{genutzte Energie}}{\text{zugeführte Energie}}$; $\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{zu}}}$

5. Durch eine Glühlampe fließen 0,44 A. Die Lichtausbeute beträgt ca. 3W.

Berechne den Wirkungsgrad der Glühlampe und bewerte das Ergebnis.

$$U = 230V \quad \eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{zu}}} \quad \eta = \frac{P_{\text{Nutz}} \cdot t}{U_{\text{zu}} \cdot I_{\text{zu}} \cdot t} \quad t \text{ kann gekürzt werden} \quad \eta = \frac{3W}{230V \cdot 0,44A} = 0,03 \quad \eta = 3\%$$

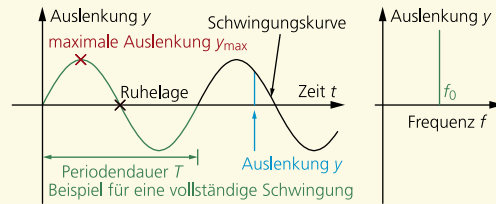
Die Lichtausbeute ist sehr gering und 97% der zugeführten Energie gehen als innere Energie ungenutzt an die Umgebung. Daher werden Glühlampen inzwischen durch Energiesparlampen unterschiedlicher Technik ersetzt.

18 Akustik – Schall, Höhe, Lautstärke und Ausbreitung eines Tones/von Schall

Schall

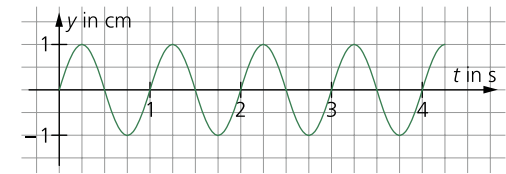
► **Schallwellen** können durch **schwingungsfähige Systeme** erzeugt werden. Dabei bewegt sich ein Oszillator um seine Ruhelage. Folgende Begriffe beschreiben die Schallwellen:

- **Schwingung:** eine vollständige Hin- und Herbewegung
 - **Periodendauer T :** die Zeit, die für eine komplette Schwingung benötigt wird; Einheit $[T] = 1 \text{ s}$.
 - **Auslenkung y :** die momentane Auslenkung (auch: Elongation) des Oszillators aus seiner Ruhelage; Einheit $[y] = 1 \text{ m}$
 - **Amplitude y_{max} :** die maximale Auslenkung des Oszillators aus seiner Ruhelage; Einheit $[y_{\text{max}}] = 1 \text{ m}$.
 - **Frequenz f :** Anzahl der Schwingungen pro Sekunde; Einheit $[f] = 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$ (1 Hertz)
Es gilt: $f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$, n = Anzahl der Schwingungen, t = dafür benötigte Zeit
- Beim Schall wird unterschieden in:
- **Geräusch:** Ein nichtperiodischer Vorgang mit kontinuierlichen Frequenzen.
 - **Knall:** Ein sehr kurzzeitiger, nichtperiodischer Vorgang mit hoher Amplitude.
 - **Klang:** Ein periodischer Vorgang mit mehreren Frequenzen. Es gibt einen Grundton mit der Grundfrequenz f_0 . Alle weiteren Töne werden als Obertöne bezeichnet.
 - **Ton:** Die Schwingung entspricht einer Sinuskurve mit einer einzelnen Frequenz f_0 . Der wohl bekannteste Ton ist der „Kammerton a“ mit einer Frequenz von ca. 440 Hz.



1. Bestimme die Periodendauer, Amplitude und Frequenz der abgebildeten Schwingung.

Periodendauer: $T = 1 \text{ s}$
 Amplitude: $y_{\text{max}} = 1 \text{ cm}$
 Frequenz: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \text{ s}} = 1 \text{ Hz}$

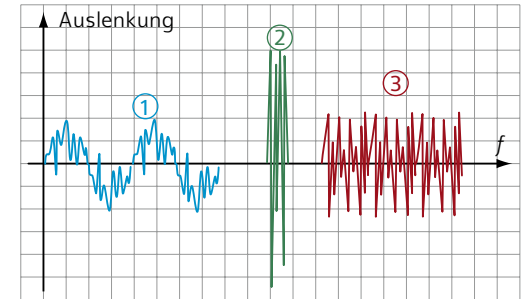


2. Nenne je ein Beispiel für ein Geräusch, einen Knall, einen Klang und einen Ton.

Geräusch: ein Auto fährt vorbei
Knall: ein Schuss fällt
Klang: eine Geige wird gestrichen
Ton: Frequenzgenerator; digital erzeugter Ton, z. B. von einem Computer

3. Ordne den rechts dargestellten Frequenzdiagrammen die Schalltypen Geräusch, Klang und Knall zu.

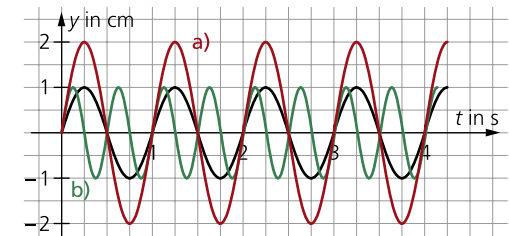
Das Diagramm
 ① zeigt einen Klang,
 ② einen Knall und
 ③ ein Geräusch.



Höhe und Lautstärke eines Tones

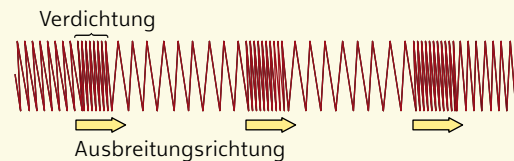
- Die **Höhe** eines Tones wird durch die Frequenz beschrieben. Je höher die Frequenz, desto höher der Ton.
- Die **Lautstärke** wird durch die Höhe der Amplitude beschrieben. Je höher die Amplitude, desto lauter der Ton.

4. Zeichne zu dem Diagramm in Aufgabe 1 einen Ton (schwarzer Graph) mit
 a) doppelter Lautstärke (rot).
 b) doppelter Tonhöhe (grün).



Ausbreitung von Schall

- Schall ist an ein Medium gebunden, das die Schwingungen als Druck- oder Dichteschwankungen weiterleitet.
- Für eine Richtung sieht die Ausbreitung einer Verdichtung wie bei einer Stahlfeder aus. Schall breitet sich jedoch in alle Richtungen aus. Im Vakuum kann Schall nicht transportiert werden.
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c des Schalls hängt von dem Trägermedium ab. In Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit ca. $c_L = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



1. In vielen Science-Fiction-Filmen rauschen die Raumschiffe mit deutlich hörbarem Antrieb am Zuschauer vorbei. Erkläre, was dabei physikalisch falsch ist.

Im All herrscht eine Art Vakuum, sodass kein Träger für den Schall vorhanden ist. Somit dürfte auch kein dröhnendes Antriebsgeräusch zu hören sein. Für den Film wäre das aber wenig eindrucksvoll!

2. In Wasser ist die Schallgeschwindigkeit wesentlich höher als in Luft, bei 20 °C ca. $1484 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Erkläre, warum das so ist.

Die Bindung der Wassermoleküle ist viel stärker als die der Luftmoleküle, sodass eine bessere Übertragung möglich ist.

19 Gasgleichung, Wärmekraftmaschinen und V-p-Diagramm

Gasgleichungen

- Der Zustand einer Gasmenge lässt sich mit drei Größen komplett beschreiben. Diese **Zustandsgrößen** sind der **Druck p**, die **Temperatur T** und das **Volumen V** der Gasmenge. Zwischen ihnen bestehen folgende Zusammenhänge:
- 1. Bei einer abgeschlossenen Gasmenge konstanter Temperatur T (isotherm) ist das Produkt aus Druck p und Volumen V konstant.
Es gilt: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \text{konstant}$ (**Boyle-Mariotte'sches Gesetz**).
- 2. Bei einer abgeschlossenen Gasmenge konstanten Drucks (isobar) ist der Quotient aus ihrem Volumen V und ihrer Temperatur T konstant.
Es gilt: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{konstant}$ (**Gay-Lussac'sches Gesetz**).
- 3. Bei einer abgeschlossenen Gasmenge konstanten Volumens (isochor) ist der Quotient aus ihrem Druck p und ihrer Temperatur T konstant.
Es gilt: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{konstant}$ (**Amonton'sches Gesetz**).
- Alle drei zusammengefasst ergeben das **Allgemeine Gasgesetz** für ideale Gase.
Es gilt: $p_1 \cdot \frac{V_1}{T_1} = p_2 \cdot \frac{V_2}{T_2} = \text{konstant}$

- Für die ideale Gasmenge wurden Normbedingungen festgelegt. Finde heraus, wie groß der Druck p , die Temperatur T und das Volumen V der Gasmenge unter Normbedingungen sind.

$$p_N = 1013 \text{ hPa} = 1,013 \text{ bar}; \quad T_N = 273,15 \text{ K (bzw. } \vartheta_N = 0^\circ\text{C)} \quad \text{und} \quad V_N = 2,2414 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

- Kreuze die richtigen Aussagen an und korrigiere die falschen.

a) Bei isobaren Vorgängen dehnen sich Gase bei steigender Temperatur aus.	x
b) Werden die Temperatur und der Druck einer abgeschlossenen Gasmenge verdoppelt, halbiert sich das Volumen.	
c) Ist ein Vorgang sowohl isochor als auch isobar, ist er automatisch auch isotherm.	x
d) Beim Auto ist der Druck in den Reifen kurz vor dem Fahren genauso groß wie kurz nach dem Fahren.	
e) Es gilt: $p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = p_2 \cdot V_2 \cdot T_1$	x

zu b): Nein: $2p \cdot \frac{V}{2T} \Rightarrow 2$ kürzt sich heraus, V bleibt konstant.

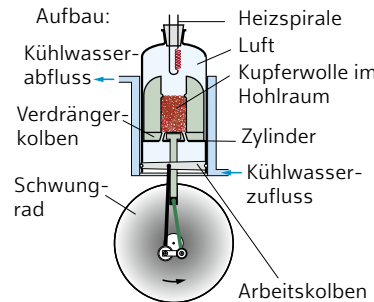
zu d): Da sich durch die Reibung beim Fahren auch die Temperatur erhöht, verändert sich auch der Reifendruck.

Pa = Pascal
(Druckeinheit)
 $1013 \text{ hPa} = 1,013 \text{ bar}$

Wärmekraftmaschinen

- Eine Wärmekraftmaschine ist der **Heißluftmotor**. In ihm wird eine eingeschlossene Luftmenge periodisch erhitzt und dann wieder abgekühlt. Mit diesem Wechsel zwischen Ausdehnung der Luft und dem sich wieder Zusammenziehen, wird ein Kolben bewegt, der z. B. eine Masse anhebt. Die innere Energie der Luft wandelt sich in mechanische Energie. Ein Beispiel für einen Heißluftmotor ist der Stirlingmotor.

- Beschrifte in der Skizze den Aufbau und beschreibe die Arbeitsprozesse im Stirlingmotor.

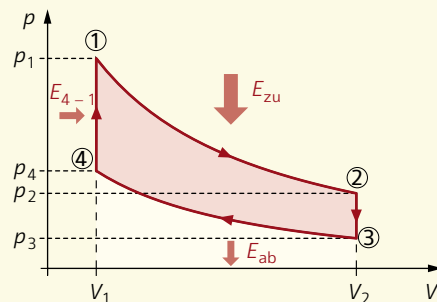


Arbeitsprozess:

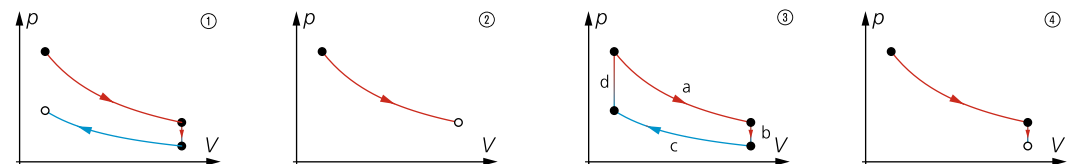
Die Luft wird erwärmt und dehnt sich aus. Der Arbeitskolben wird nach unten gedrückt.
Der Verdrängerkolben bewegt sich nach oben in den heißen Bereich und schiebt die heiße Luft in den gekühlten Teil des Zylinders.
Durch das Abkühlen verringert sich das Luftvolumen. Der Arbeitskolben bewegt sich nach oben.
Der Verdrängerkolben geht nach unten und schiebt die kalte Luft wieder in den heißen Bereich.

Das V-p-Diagramm

- Das V - p -Diagramm zeigt einen **Kreisprozess**, der sich periodisch wiederholt.
- Es gibt Auskunft über die energetischen Vorgänge des Motors, da die Flächen unter dem Diagramm den jeweiligen Energien entsprechen, mit deren Hilfe der Wirkungsgrad ermittelt werden kann.
Wirkungsgrad: $\eta = \frac{E_{zu} - E_{ab}}{E_{zu}} = 1 - \frac{E_{ab}}{E_{zu}}$



- Ordne den Teilen des V - p -Diagramms die unterschiedlichen Takte des Stirlingmotors aus Aufgabe 3 zu.



Reihenfolge: ②, ④, ①, ③

- Welche Vorgänge im Bild ③ aus Aufgabe 4 sind isochor und welche sind isotherm?

isochor: b, d, da das Volumen konstant bleibt;
isotherm: a und c, da p proportional zu $\frac{1}{V}$ ist.