



Physik 6.Klasse Thermodynamik

1) Thermodynamische Zustandsgrößen

Thermodynamik	<p>Thermodynamik ist die Lehre von der Wärme und ihrer Umwandlung in andere Energieformen. Die Zustandsgrößen sind: Druck, Temperatur, Volumen, Geschwindigkeit der Moleküle, ...</p>
Thermische Bewegung	<p>Der englische Botaniker Robert Brown hat nach 1800 die „Brown'sche Bewegung“ von Staubteilchen im Wasser im Mikroskop entdeckt - und damit die thermische Bewegung der Moleküle –je heißer desto schneller. Die Brown'sche Bewegung (http://schulen.eduhi.at/riedgym/physik/10/waerme/temperatur/brownsche_bewegung.htm) der einzelnen Staubteilchen auf der Wasseroberfläche, sichtbar gemacht in einem Mikroskop, führte zur Idee, dass die Wassermoleküle die Staubteilchen immer anstoßen und diese eine Zickzackbewegung durchführen. Diese Teilchenbewegung ist mit wachsender Temperatur immer schneller, so dass sie bei Zimmertemperatur in der Luft im Mittel etwas größer als die Schallgeschwindigkeit ist. Die kinetische Energie eines Teilchens hängt von der Temperatur ab. ($E_{\text{kin}} = 3/2 \cdot k \cdot T$ mit k = Boltzmann-Konstante = $1,3 \cdot 10^{-23}$ J/K)</p> 
Temperatur, Druck, Volumen	<p>Temperatur misst man mit einem Thermometer, das die Längenausdehnung einer Flüssigkeitssäule (o.ä.) ausnutzt. Druck wird in Pascal gemessen, 100.000 Pascal ergeben ein bar, den durchschnittlichen Luftdruck. Volumen wird in Kubikmeter oder Liter (=Kubikdezimeter) angegeben. Im \rightarrow Gasgesetz wird die Beziehung dieser 3 Größen für das ideale Gas angegeben.</p>
Kräfte zwischen den Molekülen, Oberflächenspannung	<p>Durch die elektrischen Anziehungskräfte der negativen Elektronenwolken und der positiven Atomkerne gibt es in chemischen Bindungen Ladungsverschiebungen (Atombindung, Metallbindung, Ionenbindung), wodurch die Moleküle zusammenhalten. Ein Teil dieser Anziehungskräfte wird nicht vollständig neutralisiert und wirkt als Van der Waals-Kräfte auch über das einzelne Molekül hinaus und bewirkt eine Anziehungskraft über größere Abstände – so entstehen die Kohäsion und Oberflächenspannung bei Molekülen gleicher Art (Wasser) und die Adhäsion und Kapillarität bei verschiedenen Molekülsorten (Wasser und Glas).</p>
Temperaturmessung und Skalen	<p>Temperatur misst man mit einem Thermometer, das die Längenausdehnung einer Flüssigkeitssäule (o.ä.) ausnutzt. Durch Teilung der Skala in 100 Teile zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers bei Normalbedingungen wird die Celsiuskala begründet. Mit Addition von 273,15 Grad hat man die Kelvinskala der absoluten Temperatur – die nie kleiner als Null sein kann (denn dort ist Stillstand der Moleküle). Weiters gibt es die Fahrenheitskala der Temperatur in den englischsprachigen Ländern. Hier ist $0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F}$ und $100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$ (um 180° mehr statt um 100°). Damit gibt es eine interessante Temperatur: $100^{\circ}\text{F} \approx 37^{\circ}\text{C}$ (Fieber!)</p>
Volumen- und Längenausdehnung	<p>Die Flüssigkeiten und Gase dehnen sich mit wachsender Temperatur direkt proportional zur Temperaturänderung aus: $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$ mit einer Materialgröße γ (Wasser: $\gamma = 0,021 \% \text{ K}^{-1}$ Luft $\gamma = 0,341 \% \text{ K}^{-1} = \frac{100\%}{273,15}$) Die Längenausdehnung bei Festkörpern ist ca. 1/3 so groß und ebenso direkt proportional der Temperaturänderung : $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$ (Kupfer: $\alpha = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ Zink: $\alpha = 27 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) Anwendung: Bimetallstreifen, die das Bügeleisen ausschalten bei Erreichen der gewünschten Temperatur</p>

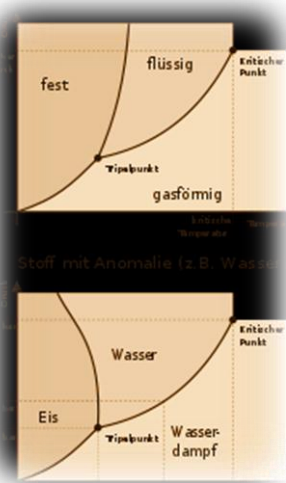
Diffusion	Zwei verschiedene Stoffe mischen sich, auch wenn an ihrer Grenzschicht keine sichtbare Bewegung auftritt – Diffusion (z.B. breitet sich die Teeblätterfarbe im heißen Wasser langsam aus – durch die dauernde thermische Bewegung)
Wärmetransport und Wärme als Energie	Durch Kontakt zweier verschieden warmen Körper entsteht ein Wärmeaustausch , so dass die Wärme Q vom heißeren zum kühleren Körper übergeht (2.Hauptsatz der Wärmelehre) – diese Wärme wird durch die Energie der pulsierenden Teilchen übertragen. Es gibt gute und schlechte Wärmeleiter
Anomalie des Wassers	<p>Wasser verhält sich nicht so wie andere Stoffe – beim Übergang von 0°C zu 4°C dehnt es sich nicht aus wie andere Flüssigkeiten, sondern es zieht sich zusammen um die größte Dichte bei 4°C zu erreichen. Dann dehnt es sich wieder aus. Damit ist sichergestellt, dass die Seen nicht von unten nach oben zufrieren, sondern sich das leichtere Eis auf dem Wasser als Schutz gegen weiteres Abkühlen bildet.</p> <p>Durch die Kristallbildung beim Eis sind die Moleküle im Eis weiter auseinander als im Wasser, das durch große Anziehungskräfte der Dipole der Wassermoleküle so dicht werden kann.</p> 

2) Das ideale Gas

Modell des idealen Gases	<p>Das Ideale Gas ist ein thermodynamisches System mit einer großen Anzahl von Molekülen ($L = 6 \cdot 10^{23}$ bei 22,4 l bei Normalbedingung), die infolge der ständigen thermischen Bewegung kinetische Energie haben</p> <p>Die Abstände benachbarter Moleküle im Gas sind groß (10-20mal so groß wie im festen oder flüssigen Zustand) – daher kann man das Eigen-Volumen der Moleküle in erster Näherung vernachlässigen. Auch die Wirkung der Van der Waals-Kräfte sind vernachlässigbar. Moleküle sind materielle Punkte und sind nur „sichtbar“ durch die Stöße an andere Moleküle.</p> <p>Die Stöße der Moleküle sollen als elastisch angenommen werden (kein Energieverlust!)</p>
Zustandsgleichungen Amontons'sches, Boyle-Mariotte'sches, Gay-Lussac'sches, ALLGEMEINES GASGESETZ	<p>Amontons Gesetz für die isochoren Prozesse (Volumen bleibt konstant) sagt, das die Gase sich um 1/273,15 tel pro Grad Temperaturänderung ausdehnen. Damit kann man begründen, dass -273,15°C die Temperatur ist, wo der Druck verschwindet, alle Moleküle stehen still.</p> <p>Der Druck ist direkt proportional der absoluten Temperatur: $p \sim T$ (prop.) oder $\frac{p}{T} = const = \frac{p_0}{T_0}$</p> <p>Robert Boyle und Edmé Mariotte haben vor 350 Jahren das Gesetz der Gasausdehnung bei langsamer Druckerniedrigung gefunden, wobei die Temperatur konstant gehalten wird (Isotherme Zustandsänderung). Auch hier gibt es eine Proportion, aber indirekt: $p \sim 1/V$ oder $p \cdot V = const$.</p> <p>Joseph Lois Gay-Lussac hat vor 200 Jahren herausgefunden, dass bei einer isobaren Zustandsänderung (Druck bleibt konstant) das Volumen direkt proportional mit der absoluten Temperatur größer wird: $V \sim T$</p> <p>Daraus folgt nun die ALLGEMEINE GASGLEICHUNG in 2 Formen: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ oder $\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$ n ist die mol-Zahl, R = 8,3 ist die Gaskonstante, die sich aus k·L ergibt (k Boltzmannkonstante, L Loschmidtzahl)</p>

<p>Der osmotische Druck (nur schriftliche Prüfung)</p>	<p>Der osmotische Druck ist der Druck, der bei Osmose (= Flüssigkeitsaustausch) den Fluss von gelösten Teilchen durch eine selektiv-permeable Membran antreibt. $p = nRT/V$ (n ist die Stoffmenge in mol des im Volumen V gelösten Stoffes).</p> <p>Der osmotische Druck in menschlichen Zellen ist 7 bar. Wir halten dadurch locker 70 m Wassertiefendruck (= 7 bar) gut aus!</p>
--	---

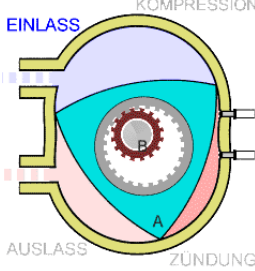
3) Phasenübergänge

<p>Spezifische Wärme und Wärmeausgleich</p>	<p>Beim Wärmeaustausch zwischen zwei unterschiedlich warmen Körpern wird die Wärmemenge $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ vom kälteren Körper aufgenommen bzw. vom wärmeren Körper abgegeben. ($c_{\text{Wasser}} = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ist die spezifische Wärmekapazität, also die Energie, die pro kg und °K abgegeben wird)</p>
<p>Phasenübergänge</p>	<p>Phasen sind: fest, flüssig, gasförmig und plasmaartig (Gas mit Ionen und Elektronen)</p> <p>Der Übergang von fest auf flüssig ist Schmelzen (umgekehrt Erstarren), wobei die Schmelzwärme aufgewendet werden muss, bei Eis 334 kJ je kg Eis.</p> <p>Es gibt auch den direkten Übergang von fest auf gasförmig = Sublimieren (Eis verschwindet in die Luft)</p> <p>Der Übergang von flüssig auf gasförmig ist Verdunsten (natürlich) und Verdampfen (künstlich). Auch hier ist viel Wärmeenergie nötig: 2257 kJ je kg Wasser. Dabei ist die gasförmige Phase über der flüssigen Phase in Wechselwirkung. Immer wieder gehen Moleküle von flüssig in gasförmig über, wenn die Energie ausreicht, um die Oberflächenspannung zu überwinden. Dabei entsteht der Dampfdruck. Der Druck eines gesättigten Dampfes steigt mit wachsender Temperatur, ist aber unabhängig vom Volumen.</p> <p>Bei geringerem Druck ist die Siedetemperatur niedriger. Das erkennt man im Zustandsdiagramm des Wassers – mit kritischer Temperatur (Flüssig = Gasförmig) und Tripelpunkt (Fest=Flüssig=Gasförmig)</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>Luftfeuchtigkeit</p>	<p>Die Wasserdampfmenge, die ein Kubikmeter Luft bei einer bestimmten Temperatur maximal aufnehmen kann, heißt Sättigungsmenge, bei 0°C sind es 5 g, bei 30°C sind es 30g. Das ist dann jeweils 100% relative Luftfeuchtigkeit. Für den Mensch ist etwa 50% optimal. Das ergibt im Winter bei aufgeheizten Räumen ein Problem, da dann die relative Luftfeuchtigkeit sinkt, wenn nicht Feuchtigkeit extra zugeführt wird. Bei kalten Temperaturen ist die Sättigungsgrenze rascherreicht, das ergibt Nebel (auch beim Ausatmen!).</p> <p>Auch den Föhn kann man mit der unterschiedlichen Sättigungsmenge erklären. Da die Luft bei Aufsteigen um 100m um ca. 1°C abkühlt, wird eine stark gesättigte Luft beim Aufsteigen von Süden über die Alpen kälter und muss dann die überschüssige Wasserdampfmenge ausregnen. Dabei wird auch die Verdampfungswärme frei und heizt die Wolke auf, mehr als ohne Wasserdampf. Beim Absteigen der Wolke wird daher die Temperatur der Luft wärmer sein und trockener als im Süden → Föhn</p>

4) Energie und Entropie

<p>Innere Energie</p>	<p>Die Bewegungsenergie und die Bindungsenergie der Moleküle eines Stoffes fasst man zur Inneren Energie U zusammen http://www.leifiphysik.de/web_ph08_g8/materialseiten/03_aend_inn_energie.htm In einem abgeschlossenen System bleibt die Gesamtenergie konstant. Die einzelnen Energieformen können sich ineinander umwandeln: $mv^2/2 + mgh + U = E = \text{const}$</p> <p>Mechanische Arbeit (Hubarbeit,...) und Wärme sind keine Zustände (wie gespeicherte Energie in Form von Heizöl,..) sondern Prozessgrößen. Sie sind Energieübertragungsgrößen, sie bewirken Energieänderungen.</p>
<p>Erster Hauptsatz der Wärmelehre</p>	<p>Die innere Energie eines Körpers/Systems kann durch Zufuhr von Arbeit (Reibung) und durch Zufuhr von Wärme (durch Leitung) erhöht werden $\Delta U = W(\text{ork}) + Q(\text{uelle der Wärme})$ Bei Gasen gilt: $W = -p \cdot \Delta V$ (Volumens Änderung bei konstanter Temperatur)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei isochoren Prozessen ($V = \text{const}$) wird keine Arbeit verrichtet, die innere Energie wird durch Erwärmung erhöht $\Delta U = Q$ • Bei isothermen Prozessen ($T = \text{const}$) wird die innere Energie nicht verändert, durch Volumsänderung wird Wärme abgegeben: $Q = p \cdot \Delta V$ • Bei adiabatischen Prozessen findet keine Wärmeabgabe statt, die innere Energie wird nur durch (Druck-) Arbeit erhöht: $\Delta U = W$ • Bei Kreisprozessen gilt: keine Änderung der Inneren Energie ($\Delta U = 0$) und Wärmeumsetzung ergibt mechanische Arbeit: $Q = -W$
<p>Verbrennungsprozesse</p>	<p>Bei Verbrennungsprozessen nimmt die Innere Energie ab und die erzeugte Wärme wird nach außen abgegeben. Man kann dabei einen Heizwert (=spezifische Verbrennungswärme) angeben, z.B: für Holz: 14 MJ/kg Benzin 43 MJ/kg und bei Nahrungsmitteln: Frankfurter 10 MJ/kg Für einen Tagesbedarf von ca. 8 MJ braucht man also 80 dag Frankfurter,...</p>
<p>Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre</p>	<p>Wärme kann von alleine nur von einem wärmeren Körper zu einem kälteren Körper strömen. (Kühlschrank und Wärmepumpe benötigen el.Strom!). Es ist kein „<i>perpetuum mobile</i>“ möglich, das sich „ununterbrochen bewegt“ ohne Energiezufuhr!</p> <p>Der absolute Nullpunkt ist nicht erreichbar (Man probiere still zu stehen, wenn dauernd jemand vorbeikommt und einen anrempelt) Auch im Weltall gibt es keinen absoluten Nullpunkt wegen der Hintergrundstrahlung von 3 Grad Kelvin. Anders formuliert: Die Entropie(= Maß der Unordnung) nimmt immer zu. Dies gibt auch die Richtung von chemischen Reaktionen an – zu mehr Entropie (bzw. Enthalpie).</p>
<p>Entropie (nur schriftliche Prüfung)</p>	<p><i>Ein Vorgang, der nur in eine Richtung ablaufen kann, nennt man irreversibel. Daraus kann man eine Zustandsgröße entwickeln: die Entropie S, die immer nur zunehmen kann in einem abgeschlossenen System.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>jeder Körper enthält Entropie S</i> • <i>je größer die Masse, desto mehr Entropie S</i> • <i>je heißer der Körper, desto mehr Entropie S</i> • <i>gasförmige mehr als flüssige, diese mehr als feste Körper</i> • <i>Entropie S strömt von selbst von Stellen höherer Temperatur zu Stellen tieferer Temperatur – dafür (für reversible Prozesse) gilt: $Q = T \cdot \Delta S$</i> • <i>findet in einem abgeschlossenen System ein irreversibler Prozess statt, so nimmt die Entropie S dieses Systems zu ($\Delta S > 0$). Bei reversiblen Prozessen bleibt die Entropie S gleich ($\Delta S = 0$)</i> <p><i>Entropie kann auch als Maß der Unordnung angesehen werden – bei größerer Unordnung ist gleich zeitig die Information über die Lage der einzelnen Teilchen weniger vorhanden (Informationsverlust).</i></p>

5) Wärme- und Kältetechnik

<p>Wirkungsgrad</p>	<p>Wärme­kraft­ma­schin­en ha­ben ei­nen sehr klei­nen ther­mischen Wirkungsgrad</p> $\eta < 1 - \frac{\text{Endtemperatur } T_2}{\text{Ausgangstemperatur } T_1}$ <p>Der Wirkungsgrad ist definiert als Bruch: $\eta = \frac{\text{Nutzleistung (Arbeit)}}{\text{zugeführte Leistung (Wärmeenergie)}}$</p> <p>Für den Otto-Motor gilt: $T_1 = 2200^\circ\text{C}$ $T_2 = 800^\circ\text{C}$ → Wirkungsgrad $\eta < 57\%$!!! Der Rest (43%) wird durch das Kühlsystem in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben. Erst bei Kraft-Wärmekopplung von E-Kraftwerken, wenn die Abwärme als Fernwärme weiter genutzt wird, gibt es höhere Wirkungsgrade.</p>
<p>4-Takt Motor und Wankelmotor</p>	<p>Beim sogenannten Otto-Motor (Benzinmotor) in unseren Autos wird in 4 Arbeitstakten (Ansaugen, Verdichten, Zünden, Ausstoßen) in einem Zylinder ein Kolben hin und her bewegt, was mit einer Pleuelstange in eine Kreisbewegung umgewandelt wird. Wirkungsgrad 30%. Dieselmotoren brauchen keine Zündung, sind Selbstentzünder. Felix Wankel hat 1967 das Problem, dass die Hin- und Herbewegung des Kolbens erst in eine Drehbewegung umgewandelt werden muss dadurch verbessert, dass er einen Drehkolben in Dreikreisbogenform erfunden hat. Dieser Motor hat sich leider nicht durchgesetzt obwohl er einen besseren Wirkungsgrad (>35%) hat als der Ottomotor. http://de.wikipedia.org/wiki/Wankelmotor (Grafik von „Y tambe“ Wikipedia)</p> 
<p>Kühlschrank</p>	<p>Der Kompressor-Kühlschrank arbeitet mit dem Prinzip: Abkühlen durch Verdampfen (wie wir das beim Schwitzen machen). Dabei wird als Kühlmittel ein Gas verwendet, das bei ca. -30°C verdampft (dazu eignet sich Isobutan oder Petafluorethan,...). Im Inneren des Kühlschranks verdampft das Kühlmittel und entzieht der Umgebung die Verdampfungswärme. Dann wird das Kühlmittel mit einem Kompressor verdichtet und dadurch wieder flüssig und gibt die entstehende Verdampfungswärme an die Umgebung ab (in den Kühlschlangen auf der Rückseite des Kühlschranks) – usw. Interessante Frage: Wird es in einem Raum wärmer oder kälter, wenn die Kühlschranktür offen bleibt? (Man unterscheide kurze und lange Zeitdauer!)</p>
<p>Wärmepumpe</p>	<p>Die Wärmepumpe funktioniert genauso wie ein Kühlschrank, nur wird dabei innen und außen vertauscht. Sie nutzt die Energie 2-3 mal rationeller als Elektroheizungen. Und nur dann wirklich effektiv, wenn sie mit einer Solaranlage oder Windrad gekoppelt wird.</p>
<p>Der absolute Nullpunkt</p>	<p>Durch das Kühlschranksprinzip kann man immer tiefere Temperaturen erreichen (flüssige Gase). Der absolute Nullpunkt 0 K ist nicht erreichbar! (Man probiere still zu stehen, wenn dauernd jemand vorbeikommt und einen anrempelt) . Auch im Weltall gibt es keinen absoluten Nullpunkt wegen der Hintergrundstrahlung von 3 Grad Kelvin. Es gibt interessante Effekte vor Erreichen der tiefsten Temperaturen -250°C: Supraleitung (ewiger Strom ohne Reibung), Suprafluidität (reibungsfreies Fließen)</p>
<p>Kraftwerke</p>	<p>Bestehen aus einer Turbine mit angeschaltetem Stromgenerator. Antrieb kann durch nicht-erneuerbare fossile Energien (Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) bestehen, die Wasserdampf als Antrieb der Turbine erzeugen. Besser sind: Biomasse (Pellets, Hackschnitzel aus Holz), Erdwärme, Sonnenenergie (Fotovoltaik für Stromerzeugung direkt, Solarkraftwerke mit Dampferzeugung) und Wasserkraft (Speicher- und Laufkraftwerke) und Windenergie. Vielleicht auch einmal Wasserstoff (wenn er sinnvoll hergestellt werden kann).</p>