

# Wärmelehre - Thermodynamik

Dienstag, 18. September 2018 08:53

## Wärmelehre - Thermodynamik

Siehe Buch ab Seite 107

### 7.1.) Temperaturbegriff

Die Temperatur ist eine physikalische Grundgröße.

Forderung an eine Temperaturskala: (ab ca. 1700)

kalt - lauwarm - warm - heiß

$\Theta_1 < \Theta_2 < \Theta_3 < \Theta_4$

$T_1 < T_2 < T_3 < T_4$

... subjektive Feststellung

$\Theta$  ... Temperatur in °C, °F, °R (Reaumur)

0°C	Schmelzpunkt von Wasser unter Normaldruck (1013 hPa)
100°C	Siedepunkt von Wasser unter Normaldruck (1013 hPa)

Größerer Druck => niedrigerer Schmelzpunkt (Eislaufen)

0°F	Temperatur einer Kältemischung (-17,8°C)
100°F	Körpertemperatur des Menschen (37,8°C)

0 K	Absoluter Nullpunkt
-----	---------------------

Sonst Teilung wie bei der °C-Skala

(0°C = 273,15 K)

Umrechnung:  $T \text{ in } ^\circ\text{F} = 9/5 T \text{ in } ^\circ\text{C} + 32$

Umrechnung:  $T \text{ in } ^\circ\text{C} = 5/9 T \text{ in } ^\circ\text{F} - 17,8$

Absoluter Nullpunkt = -459,7°F

## Ü 7.1

$20^{\circ}\text{F} = -6,66666^{\circ}\text{C}$

-> In Wien ist es wärmer

## Ü 7.2

a)  $15,6\text{e}6 + 273,15^{\circ}\text{C}$  und  $6033,15^{\circ}\text{C}$

b)  $\sim 0.002\%$  weniger und  $\sim 4,43\%$  weniger

## Ü 7.3

a)  $37,5^{\circ}\text{C} = 99,5^{\circ}\text{F}$

b)  $101^{\circ}\text{F} = 38,333333^{\circ}\text{C}$

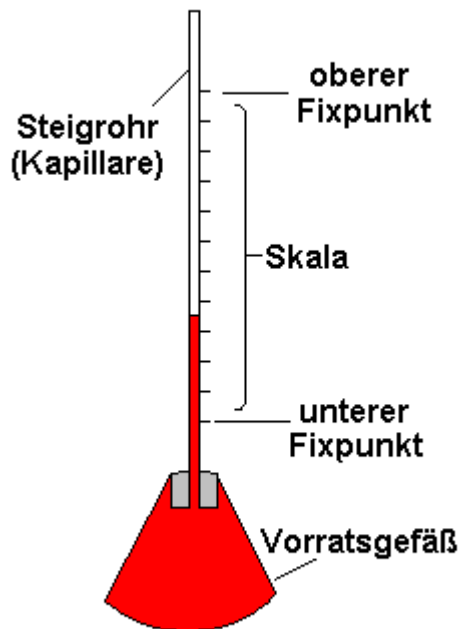
# Temperaturmessgeräte

Dienstag, 2. Oktober 2018 08:49

## a) Flüssigkeitsthermometer

Gemessen wird das Volumen, das von der Temperatur abhängt.

Messbereich:  $-190^{\circ}\text{C}$  bis  $+750^{\circ}\text{C}$  ... je nach Material

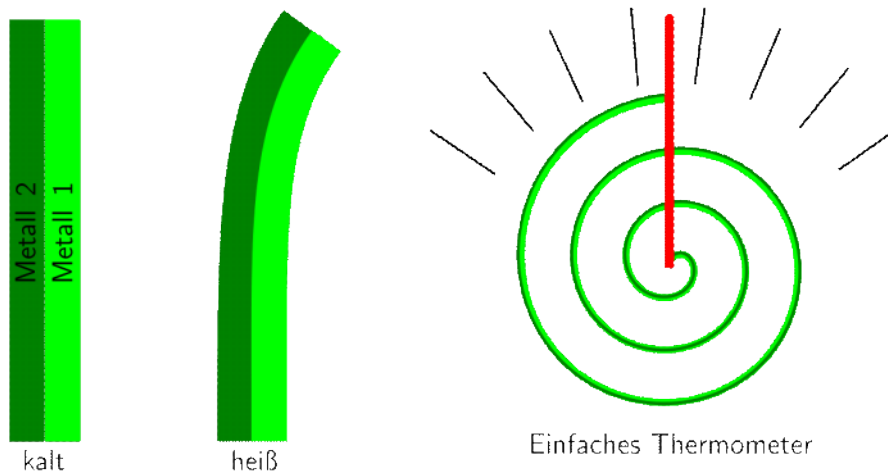


## b) Bimetallthermometer

Die Metalle haben andere Längenausdehnungskoeffizienten --> der Metallstreifen biegt sich.

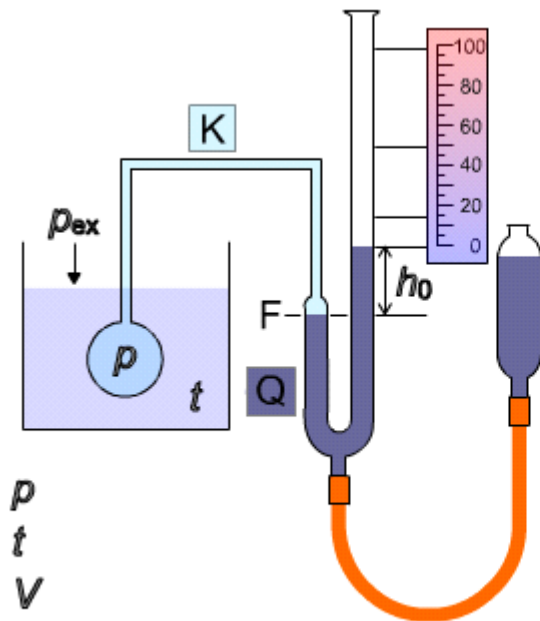
Damit lassen sich aber auch Thermostate und einfache Schaltungen leicht realisieren.

Messbereich:  $-100^{\circ}\text{C}$  bis  $+600^{\circ}\text{C}$



## c) Gasthermometer

### 1.) Hydraulik



Der Kolben und die Kapillare, die zum Quecksilbermanometer **Q** führt, enthalten die thermometrische Substanz - ein Gas - und bilden das eigentliche Thermometer **K**. Das Manometer besteht aus zwei Schenkeln, die aus dem Vorratsgefäß **QV** mit Quecksilber versorgt werden. Die Höhe  $h_0$  entspricht der Anfangstemperatur im Wasserbad. In diesem Fall beträgt diese  $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$  und entspricht dem Gefrierpunkt von Wasser.



Gemessen wird der Gasdruck, der von der Temperatur abhängt.

## 2.) Flüssigkeitstropfen

Gemessen wird das Gasvolumen, das von der Temperatur abhängt.

Messbereich:  $-150^{\circ}\text{C}$  bis  $+500^{\circ}\text{C}$

Sie sind unhandlich, liefern aber sehr genaue Ergebnisse.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$p$  ... Druck in Pa

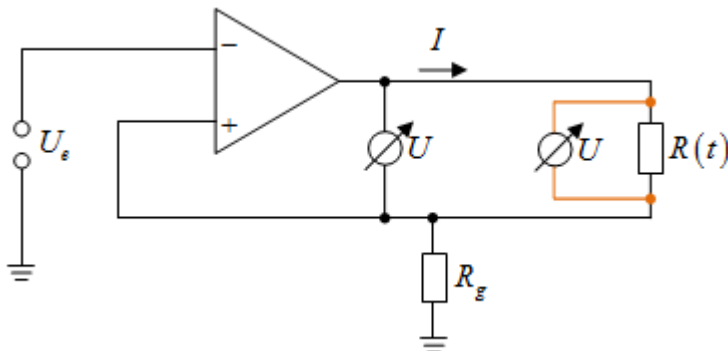
$V$  ... Volumen in  $\text{m}^3$

$n$  ... Gasmenge in mol

$R$  ... Gaskonstante des idealen Gases  $R = 8,314\text{ J / (mol} \cdot \text{K)}$

$T$  ... Temperatur in K

## d) Widerstandsthermometer



Gemessen wird der elektrische Widerstand, dessen Temperaturabhängigkeit bekannt ist.

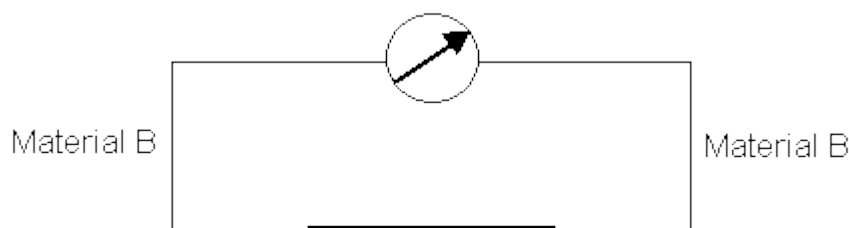
z.B.: PT 100:  $R = 100 + 0,4 \cdot T$

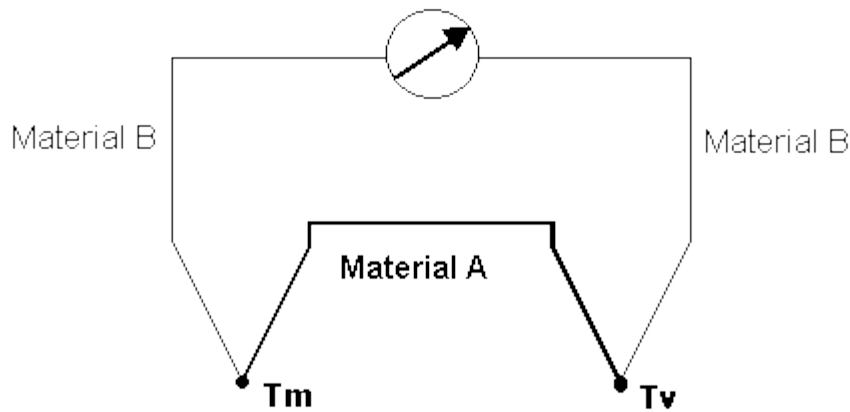
$R$  ... Widerstand in Ohm

$T$  ... Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$

Sie sind vielseitig verwendbar, billig, erlauben Fernmessung

## e) Thermoelemente





Überall, wo verschiedene leitende Metalle verbunden sind, tritt eine Kontaktspannung auf, die temperaturabhängig ist.

In einem Stromkreis, wo alle Kontaktstellen die gleiche Temperatur haben, addieren sich die verschiedenen Kontaktspannungen zur Nullsumme.

Ein thermoelektrischer Effekt ist zu beobachten, wenn die verschiedenen Kontaktstellen verschiedene Temperaturen haben. Damit kommt es zu einem Stromfluss  $I$ , der vom Temperaturunterschied der Kontaktstellen abhängig ist (**Seebeck-Effekt**).

**Umkehrung: Peltier-Effekt:** Durch erzwungenen Stromfluss kann ein Temperaturunterschied hergestellt werden (Ethä  $\sim 0,2$  Ethä Carnough)

Andere Anwendungen dieser Effekte:

- Umwandlung von Wärme in elektrische Energie
- Offenhalten des Gasventiles beim Gasherd

Messbereich:  $-270^{\circ}\text{C}$  bis  $+1900^{\circ}\text{C}$

speziell:

Kupfer-Konstantan:  $-200^{\circ}\text{C}$  bis  $+600^{\circ}\text{C}$

Eisen-Konstantan:  $-200^{\circ}\text{C}$  bis  $+800^{\circ}\text{C}$

f) Infrarotthermographie, Photometrie, Pyrometer, Strahlungsthermometer

- kontaktlose Temperaturmessung

Da alle Substanzen auf Grund ihrer Temperatur Strahlung aussenden, kann aus deren Spektren auf die Temperatur der Substanz geschlossen werden.

- Glühfadenpyrometer: ab  $700^{\circ}\text{C}$
- Gesamtstrahlungsthermometer ab ca.  $-80^{\circ}\text{C}$

# Die Molekularbewegung - die Braunsche Bewegung

Donnerstag, 18. Oktober 2018

12:49

Die ungeordnete Bewegung der Atome und Moleküle wird als Braunsche Bewegung bezeichnet. Die Bewegungsenergie aller dieser sich bewegenden Teilchen heißt **Innere Energie** U.

$$E = \frac{m * v^2}{2}$$

Auto mit 800kg wird von 100 km/h vollständig abgebremst. Wie viel Wärmeenergie entsteht dabei?

$$E = \frac{800 * (\frac{100}{3,6})^2}{2}$$

Wie stark erwärmen sich dabei die Bremsen, wenn sie 20kg schwer sind und aus einem Material bestehen, das eine spezifische Wärmekapazität c = 450 J/kgK hat?

$$E = \Delta U = m * c * \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta U}{m * c} = \frac{308600}{20 * 450} = 34,3$$

Molekulare Betrachtung:

$$E_{kin} = \frac{m * v^2}{2}$$

m ... Masse des Moleküls

v ... mittl. Geschwindigkeit

E<sub>kin</sub> ... Bewegungsenergie des Moleküls

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

Da keine Richtung ausgezeichnet ist, gilt aus Symmetriegründen:  $v^2 = 3v_x^2$

$$E_{kin} = \frac{3}{2} kT$$

für kugeliges Teilchen

k ... Boltzmannkonstante

T ... abs. Temperatur in K

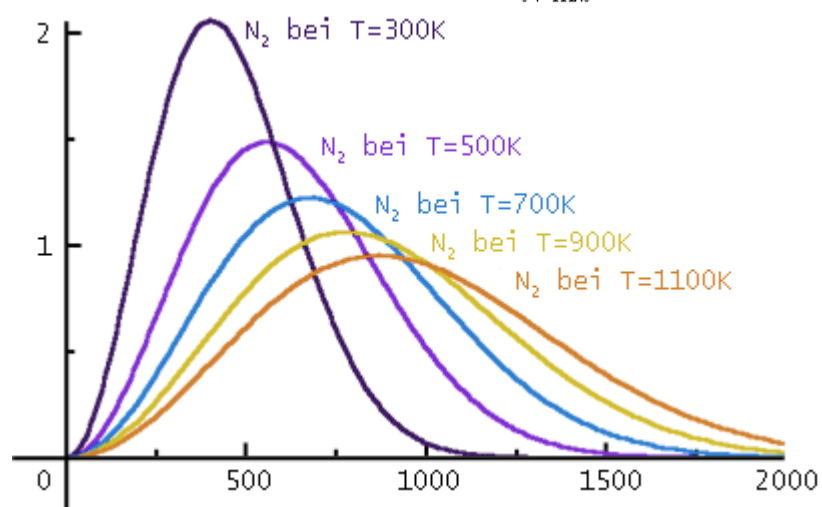
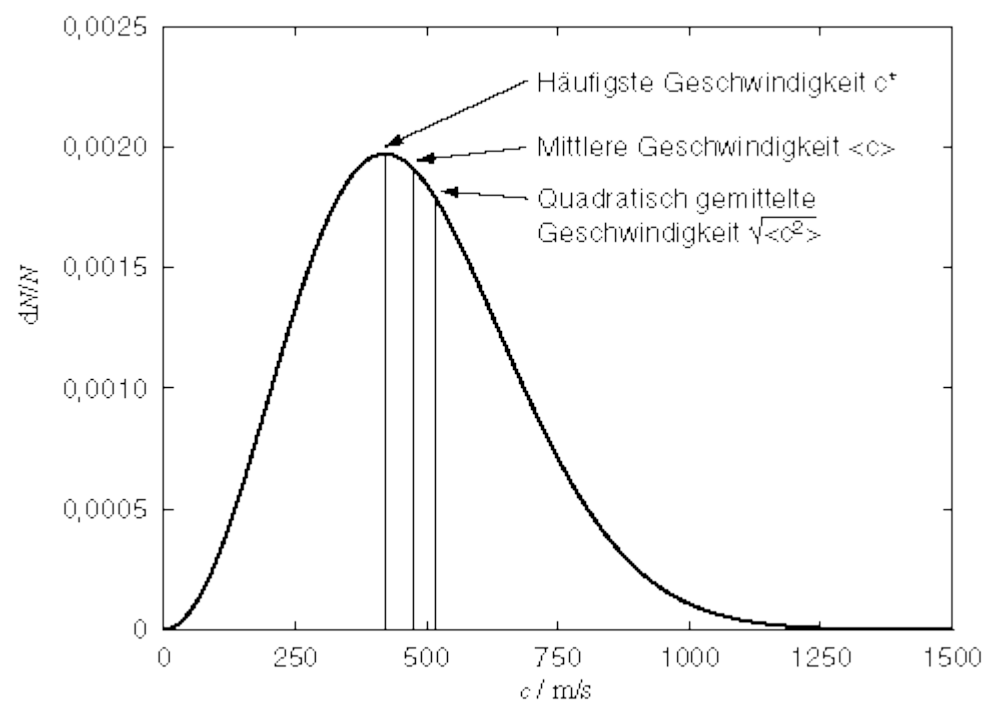
3 Raumrichtungen

$$E = \frac{5}{2} k * T$$

für "hantelförmige" Moleküle

# Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung

Freitag, 19. Oktober 2018 12:58



A

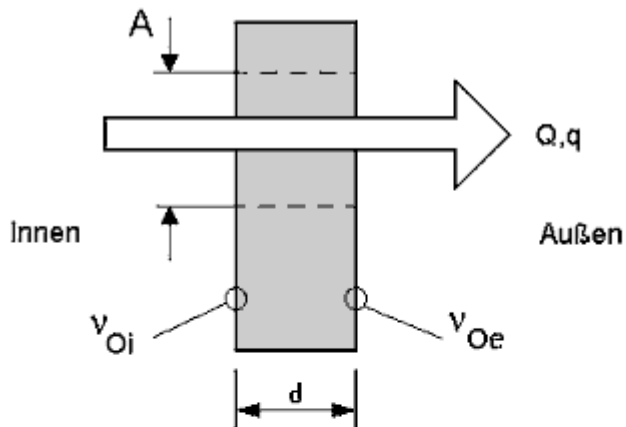
# Wärmetransport

Freitag, 19. Oktober 2018 13:14

- Wärmeleitung
- Konvektion / Wärmeströmung (durch Schwerkraft oder erzwungen)
- Wärmestrahlung

25.10.2018

## Wärmeleitung



### Wärmemenge

$$Q = \lambda \frac{A}{d} \cdot t \cdot \Delta v$$

Q Wärmemenge in [J]

$\lambda$  Wärmeleitfähigkeit in [W/(mK)]

A Querschnittsfläche in [m<sup>2</sup>]

d Wanddicke in [m]

t Zeit in [s]

$\Delta v$  Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen in [K]

☐ [INSERT TAFELBILD 1]

## Wärmeübergang

☐ [INSERT TAFELBILD 2 und 3]

08.11.2018

1. Kaum ein Temperaturgefälle, wegen Konvektion.
2. Gestörte Konvektion und Luft ist ein schlechter Wärmeleiter.
3. Wärmeleitung des Wandmaterials.

## Der u-Wert einer Wand (früher k-Wert)

☐ [INSERT TAFELBILD 4 und 5]

## Konvektion

Wärmetransport mittels Materialtransport.

Kühlmittel:



- Wasser wegen seiner sehr hohen spezifischen Wärmekapazität
- Luft wegen ihrer Verfügbarkeit

**15.11.2018**

## Wärmetransport

- Wärmeleitung & Wärmeübergang: U-Wert  
 $P = U \cdot A \cdot \Delta T$   
 $P = \Delta T / R_{th}$
- Konvektion  
 Freie --> Schwerkraft  
 Erzwungene --> Umwälzung

## Wärmestrahlung

Die optimale Strahlung eines "schwarzen Körpers".

Schwarz: Oberflächenbeschaffenheit, die alles Licht optimal absorbiert (verschluckt), aber auch optimal emittiert (aussendet).

## Die Strahlungsgesetze

### 1. Das Wien'sche Verschiebungsgesetz

$\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$

$\lambda_{max}$  ... Wellenlänge, bei der die meiste Intensität vorkommt in m

T ... Temperatur in K

Graphische Darstellung: siehe Abb. 43.3

Siehe auch: Licht von Temperaturstrahlern (3. Klasse)

Beispiel: Eine Glühbirne sendet von einem weißglühenden Wolframfaden bei 3200K Licht aus.

Dabei liegt  $\lambda_{max}$  im Infrarot-Bereich.

$\lambda_{max} = 2,9 \cdot 10^{-3} / 3200 = 906 \text{ nm}$

Glühbirne ~ 95% Wärme, 5% Licht (sichtbar)

Kerzenflamme ~ 99% Wärme, 1% Licht (sichtbar)

Sonne ~ 46% Wärme, 47% Licht (sichtbar), 7% UV-Licht

### 2. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz

$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$

P ... Abgestrahlte Leistung in W

$\sigma$  ... Stefan-Boltzmann-Konstante

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

A ... strahlende Oberfläche in  $\text{m}^2$

T ... Oberflächentemperatur in K

Beispiel: Welche Leistung strahlt ein 1000°C heißer, schwarzer Körper mit einer Oberfläche von  $2 \text{ m}^2$  (ein Schmiedestück) ab? Bei welcher Wellenlänge tritt die größte Strahlungsintensität auf?

$5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 1273,15^4 = 297,9 \text{ kW}$

# HÜ 2 (Köttstorfer Johannes)

Donnerstag, 8. November 2018

13:04

**Ü 10.2** Warum steht folgender Hinweis im Handbuch einer CPU?

**»Achtung! Eine gute Kühlung ist lebenswichtig für die Halbleiter. Das Gerät darf nie, auch nicht kurzzeitig, ohne Kühlkörper oder zu kleinen Kühlkörper betrieben werden! Wenn die Kühlung mangelhaft ist, stirbt die CPU den „Hitzetod“.«**

Ein Transistor (Anschlusswerte  $R = 8 \text{ W}$ ,  $U = 20 \text{ V}$ ) mit Gehäuse (Abb. 159.2) muss gekühlt werden. In einem Datenbuch findet man den Wert  $R_{th} = 1,1 \text{ K/W}$  für den Kühlkörper, Zimmertemperatur  $20 \text{ °C}$ .

Auf welche Temperatur wird das Gehäuse aufgeheizt?

**Ü 10.3** Für Niedrigenergiehäuser strebt man für das Mauerwerk einen  $u$ -Wert von  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  und niedriger an. Die Mauer ist dann  $16 \text{ cm}$  stark. Wie stark muss eine Betonmauer ( $u = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) mit den gleichen Dämmwerten sein?

## 10.2

$$\Delta T = R_{th} (1,1) \cdot \phi (8)$$

$$Temp = 20 + 8 \cdot (1,1)$$

$$Temp = 28,8 \text{ °C}$$

## 10.3

$$0,15 \cdot 0,16 = 0,024$$

$$0,024 = 0,6 \cdot x$$

$$x = 0,024 / 0,6$$

$$0,024 / 0,6 = 0,04$$

**4 Zentimeter**

# HÜ 3 (Köttstorfer Johannes)

Donnerstag, 15. November 2018 13:19

Welche Oberfläche soll ein 3200K heißer Wolframfaden einer 60 Watt Glühbirne haben?

$$5,67 \cdot 10^{-8} \cdot A \cdot 3200^4 = 60$$

$$A = 60 / (5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 3200^4)$$

$$\mathbf{A = 10.091 \text{ mm}^2}$$

# Gasgesetze

Donnerstag, 22. November 2018 12:38

Siehe Buch ab S. 125

## Ideales Gas

Die Gasteilchen füllen jedes Volumen aus und bewegen sich völlig frei. Sie ziehen sich nicht gegenseitig an. Sie haben kein Eigenvolumen und können somit auf ein beliebig kleines Volumen zusammengedrückt werden.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

## Reales Gas

Die Gasteilchen können sich gegenseitig anziehen oder abstoßen. Sie haben ein Eigenvolumen.

$$(p+a) \cdot (V-b) = n \cdot R \cdot t$$

- Bemerkung: jedes Gas mit einer Temperatur, die wesentlich über dem Siedepunkt liegt und einem Volumen, das wesentlich über der Summe der Eigenvolumina liegt, kann als ideales Gas betrachtet werden.

## Das Gesetz von Boyle-Mariotte (1664 & 1676 unabh. voneinander)

Bei konstanter Temperatur gilt:

$$p \cdot V = \text{const. bzw. } p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = \dots, \text{ also } p \sim 1/v \text{ und } v \sim 1/p$$

p ... Druck in Pa

V ... Volumen in m<sup>3</sup>

**Beispiel:** Der Luftdruck sinkt von 1000hPa auf 960hPa. Wie viel m<sup>3</sup> Luft (bezogen auf den Enddruck) entweichen durch eine Öffnung aus einem 120m<sup>3</sup> großen Tank?

$$p \cdot V = 10 \cdot 120 = 1\,200$$

$$p_2 \cdot V_2 = 9,6 \cdot x = 1\,200$$

$$p_2 \cdot V_2 = 9,6 \cdot 125 = 1\,200$$

Wie groß war diese Luftmenge unter Anfangsdruck?

$$5 \cdot (9,6/10) = 4,8$$

## Das Gesetz von Charles

Bei konstantem Druck gilt:

$$V/T = \text{const. bzw. } V_1/T_1 = V_2/T_2 = V_3/T_3 = \dots$$

T ... Temperatur des Gases in K

$$V(T) = k \cdot T$$

Das reale Gas nimmt bei sehr niedrigen Temperaturen mindestens das Eigenvolumen ein

**Beispiel:** Um wie viel % ändert sich das Volumen eines Luftballons, wenn sich die Temperatur von 50°C auf 10°C verringert?

$$273,15 + 50 = 323,15$$

$$273,15 + 10 = 283,15$$

$$283,15 / 323,15 = 0,8762$$

$$(1 - (283,15 / 323,15)) \cdot 100 = 12,3782\%$$

## Das Gesetz von Gay-Lussac

Bei konstantem Volumen gilt:

$$p/T = \text{const. bzw. } p_1/T_1 = p_2/T_2 \dots$$

Das reale Gas wird bei sehr niedrigen Temperaturen flüssig

Beispiel: Durch die offene Tür eines Gefrierschranks ist Luft mit 20°C bei einem Luftdruck von 1020 hPa in den Kühlraum gelangt. Nach dem Schließen der Tür wird diese Luft auf -10°C abgekühlt. Welcher Luftdruck stellt sich im Inneren ein, wenn die Tür dicht schließt? Welche Kraft ist zum Öffnen der Tür notwendig? (3653N)

F=? Druckkraft wirkt von außen, Hebelgesetz (/2)  $p_2 = (p_1 \cdot T_2) / T_1$

$$20 + 273,15 = 293,15$$

$$-10 + 273,15 = 263,15$$

$$1020 \cdot (263,15 / 293,15) = 915,6166 \text{ hPa}$$

**04.12.2018**

$$p_1 / T_1 = p_2 / T_2 \implies p_2 = (p_1 \cdot T_2) / T_1$$

$$F = (p_1 - p_2) \cdot A$$

$$F_{\text{zug}} = F / 2 = ((p_1 - p_2) \cdot A) / 2 = \dots$$

# HÜ 4 (Köttstorfer Johannes)

Donnerstag, 22. November 2018

13:14

Das Volumen einer Luftblase ist an der Oberfläche doppelt so groß wie am Seegrund. Wie tief ist der See?

1m Wassersäule = 0,1 bar

Oberfläche ~ 1 bar

Doppelt so groß = 2 bar

$1 + (0,1 * x) = 2$

$x = 10$

--> Der See ist 10 Meter tief

**Ü 8.7** Ein Taucher besitzt ein Lungenvolumen von 6,6 Liter. Er taucht ohne Pressluftflasche auf eine Tiefe von 10 m. Die Temperatur bleibe konstant.

**a)** Wie groß ist der Druck in der Lunge des Tauchers?

**b)** Welches Lungenvolumen hat der Taucher in 10 m Tiefe?

2 bar (Oberfläche +  $10 * 0,1$ )

3,3 Liter ( $6,6 * (1/2)$ )

# HÜ 5 (Köttstorfer Johannes)

Donnerstag, 29. November 2018 12:59

Eine Gasmenge nimmt bei 260K ein Volumen von 50cm<sup>3</sup> ein. Wie groß ist das Volumen, wenn bei konstantem Druck die Temperatur auf 400K gesteigert wurde.

$$50 * (400/260) = 76,9231\text{cm}^3$$

Überprüfe zum Thema Gasgesetze deine Fähigkeiten mit folgenden Übungen:

**Ü 8.1** Ein Jäger kommt an einem kalten Wintermorgen ( $\vartheta = -15\text{ °C}$ ) zu seiner Blockhütte ( $V = 150\text{ m}^3$ ). Er heizt sofort ein und die Luft hat bald eine Temperatur von 18 °C erreicht. Berechne, wie viel Luft während des Erwärmens aus der Hütte entweicht

$$-15 + 273,15 = 258,15$$

$$18 + 273,15 = 291,15$$

$$150 * (291,15/258,15) - 150 = 19,1749\text{m}^3$$

# Die Zustandsgleichung d. idealen Gases als Zusammenfassung

Dienstag, 4. Dezember 2018 11:52

Bei konstanter Stoffmenge gilt:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const} \quad \text{bzw} \quad \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad p(V, T) = k$$

Diagrammtyp: 3D-Darstellung siehe Abb. 128.1

**Standardbedingungen:** Sie sind wichtig, um Gasmengen vergleichen zu können.

$$T = 273,15\text{K} = 0^\circ\text{C} \quad p = 1013\text{hPa} = 1,013 \cdot 10^5\text{Pa}$$

**Beispiel:** Ein Heliumballon nimmt bei  $30^\circ\text{C}$  und einem Luftdruck von  $950\text{hPa}$  ein Volumen von  $1000\text{m}^3$  ein.

Wie viel  $\text{m}^3$  Heliumgas sind das unter Standardbedingungen?

$$(0,950 \cdot 1000) / 303,15 = 3,1338$$

$$(1,013 \cdot x) / 273,15 = 3,1338$$

$$(3,1338 \cdot 273,15) / 1,013 = 845,0123 = x$$

## Berücksichtigung der Stoffmenge n, N oder m

a) **Angabe der Stoffmenge in Mol:**

1 Mol einer Substanz enthält  $6,0221367 \cdot 10^{23}$  (Avogadrokonstante  $N_A$  oder Loschmidt-Konstante  $L$ ) Moleküle dieser Substanz.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1. \text{ Version})$$

**Beispiel:**

Wie viel Volumen nimmt 1mol eines idealen Gases unter Standardbedingungen ein? (22,4l)

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 273,15}{1,013 \cdot 10^5} = 0,02242\text{m}^3$$

## Festlegung der Maßeinheit 1 Mol

1 Mol ist das  $N_A$ -fache der Molekülmasse.

$$1u = \frac{1}{12} \text{ der Masse des stabilen } ^{12}\text{C} - \text{Atoms, des in der Biosphäre bedeutendsten Atoms.}$$

Es entspricht etwa der Masse eines Kernbausteines (p, n).

$$1u = 1,6605402 \cdot 10^{-27}\text{kg}$$

$$m_p = 1,007u = 1,6722 \cdot 10^{-27}\text{kg}$$

$$m_n = 1,009u = 1,6872 \cdot 10^{-27}\text{kg}$$

$$m_e = \dots u = 9,109 \cdot 10^{-31}\text{kg}$$

Die Molmasse einer Substanz in g entspricht etwa der Nukleonenzahl aller am Molekül beteiligten Atome.

$$1 \text{ mol } ^{12}\text{C} = 6,0221367 \cdot 10^{23} (N_A) \cdot 12 (\text{Nukleonenzahl}) \cdot 1,6605402 (1u)\text{kg} = 12\text{g}$$

$$1 \text{ mol H} = 1,008\text{g}$$



1 mol O = 15,9994g  
 1 mol S = 32,06g  
 1 mol H<sub>2</sub>O = 18,02g  
 1 mol Methan = 16,04g  
 1 mol Fe = 55,85g  
 1 mol Pu = 244,064g  
 1 mol Pb = 207,2g  
 1 mol Rn = 222,02g

**b) Angabe der Stoffmenge in Teilchenzahl N**

$$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T$$

$k_B$  ... Boltzmannkonstante =  $1,380658 \cdot 10^{-23}$

Zusammenhang von R u  $k_B$ :  $R = k_B \cdot N_A$

**Beispiel:**

Wie viele Teilchen pro cm<sup>3</sup> enthält Gas bei -130°C und einem Druck von  $1,7 \cdot 10^{-15}$  bar (Ultrahochvakuum)? (1bar =  $10^5$  Pa)

$$(1/1000000) \cdot 1,7 \cdot 10^{-10} = N \cdot 1,380658 \cdot 10^{-23} \cdot (-130+273,15)$$

$$N = 85.993 \text{ (Teilchen)}$$

**c) Angabe der Stoffmenge in kg**

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

m ... Gasmasse in kg

$R_s$  ... spezifische Gaskonstante in J / kg\*K

Werte für  $R_s$ : siehe Tabelle 130.1

**Beispiel:**

Gesucht ist die Masse von 1m<sup>3</sup> Luft unter Standardbedingungen.

$$1,013 \cdot 10^5 \cdot 1 = m \cdot 289 \cdot 273,15$$

$$m = (1,013 \cdot 100000) / (289 \cdot 273,15) = 1,28325 \text{ kg}$$

**Beispiel:**

Eine Vakuumröhre weist bei 25°C einen Druck von  $1,4 \cdot 10^{-3}$  Pa auf. Gesucht ist die Anzahl der Gasmoleküle in der 120cm<sup>3</sup> großen Röhre.

$$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-6} = N \cdot 1,380658 \cdot 10^{-23} \cdot 298,15$$

$$N =$$

$$4,080 \cdot 10^{13}$$

8.2, 8.4, 8.5, 8.6

## Übungen

Überprüfe zum Thema Gasgesetze deine Fähigkeiten mit folgenden Übungen:

- Ü 8.1** Ein Jäger kommt an einem kalten Wintermorgen ( $\vartheta = -15\text{ °C}$ ) zu seiner Blockhütte ( $V = 150\text{ m}^3$ ). Er heizt sofort ein und die Luft hat bald eine Temperatur von  $18\text{ °C}$  erreicht. Berechne, wie viel Luft während des Erwärmens aus der Hütte entweicht
- Ü 8.2** Ein Autofahrer stellt sein Fahrzeug an einem Wintermorgen ( $\vartheta = -2\text{ °C}$ ) auf einem Parkplatz ab. Während des Tages erwärmt die Sonne die Reifen auf  $20\text{ °C}$ . Welcher Reifendruck wird erreicht, wenn der ursprüngliche Reifendruck  $1,8\text{ bar}$  betragen hat?  
(Die Volumszunahme ist zu vernachlässigen.)
- Ü 8.3** Berechne, welche Temperatur ein Gas annimmt, wenn man seinen Druck verdoppelt. Berechne unter der Voraussetzung, dass das Volumen konstant bleibt.
- Ü 8.4** In einem luftdicht verschlossenen Behälter befindet sich ein Gas mit der Temperatur  $0\text{ °C}$ . Berechne, welche Temperaturzunahme notwendig ist, damit sich der Gasdruck verdoppelt.
- Ü 8.5** Ein Gas nimmt bei einem Druck von  $0,7\text{ MPa}$  und einer Temperatur von  $15\text{ °C}$  ein Volumen von  $900\text{ Liter}$  ein.
- Wie groß ist der Druck bei  $25\text{ °C}$  bei  $800\text{ Liter}$  Volumen?
  - Wie groß ist das Volumen bei  $0,5\text{ MPa}$  und  $0\text{ °C}$ ?
  - Wie groß ist Temperatur bei einem Druck von  $1\text{ bar}$  und  $1\text{ m}^3$ ?

- Ü 8.6** Auf welche Temperatur (in  $\text{°C}$ ) muss Luft gebracht werden ( $p = \text{const.}$ ), damit das Volumen
- verdoppelt, **b)** halbiert wird? Anfangstemperatur  $0\text{ °C}$

8.2:

$$T_1 = -2 + 273,15 = 271,15$$

$$T_2 = 20 + 273,15 = 293,15$$

$$p_1 = 1,8$$

$$p_2 = (293,15 / 271,15) \cdot 1,8 = 1,946$$

8.4:

$$T_1 = 273,15$$

$$T_2 = 273,15 \cdot 2 = 546,3$$

$$p_1 = x$$

$$p_2 = 2x$$

8.5:

$$p_1 = 0,7$$

$$T_1 = 273,15 + 15 = 288,15$$

$$V_1 = 900$$

$$0,7 \cdot 288,15 \cdot 900 = 181\,534,5$$

a

$$T_2 = 273,15 + 25 = 298,15$$

$$V_2 = 800$$

$$p_2 = ?$$

$$p_2 = (181534,5) / (298,15 \cdot 800) = 0,7611$$

b

$$T_2 = 273,15 \text{ \& } p_2 = 0,5 \rightarrow V_2 = ?$$

$$V_2 = 181534,5 / (273,15 \cdot 0,5) = 1329,1928$$

c

$p_2 = 1$  &  $V_2 = 1000 \rightarrow T_2 = ?$   
 $T_2 = 181534,5 / (1000) = 181,5345$

8.6:

a

$T_2 = 273,15 \cdot 2 = 546,3$

b

$T_2 = 273,15 / 2 = 136,575$

8.16, 8.18, 8.19, 8.20

## Übungen

Wenn du diese Übungen löst, kannst du anhand typischer naturwissenschaftlicher Fragestellungen zum Thema Gasgesetze Ergebnisse errechnen.



**Ü 8.14** Wie groß ist die Masse eines **a)** Wasserstoffatoms, **b)** eines Wassermoleküls, **c)** eines Sauerstoffmoleküls?

**Ü 8.15** Berechne, wie viele „Moleküle“ sich in 1 m<sup>3</sup> Luft (vgl. **Beispiel 8.7**) befinden.

**Ü 8.16** Eine Druckflasche enthält komprimiertes Gas unter einem Druck von 35 bar und einer Temperatur von 20 °C. Auf welchen Wert fällt der Druck des Gases, wenn die Hälfte des Gases abgelassen wird und die Temperatur dabei auf 10 °C fällt?

**Ü 8.17** Welche Dichte hat Wasserstoff, der in einer Druckflasche bei 15 °C und 100 bar eingeschlossen ist?

**Ü 8.18** In einer 30 cm<sup>3</sup> großen Glühlampe befindet sich Argon ( $R_s = 208 \text{ J/kgK}$ ). Der Druck im Inneren der Lampe beträgt 350 Pa und die Temperatur 20 °C.

Berechne, wie viel Gramm und wie viele Atome Argon in der Lampe sind?

**Ü 8.19** Der Laguna-Nebel ist eine Wasserstoffwolke in etwa 3 900 Lichtjahren Entfernung. Das Gas wird durch Sterne im Nebel auf 7 500 K aufgeheizt. Man schätzt seine Dichte auf 80 Moleküle in 1 cm<sup>3</sup>. Wie groß ist der Druck in bar?

**Ü 8.20** If 3 m<sup>3</sup> of a gas at STP<sup>1)</sup> is placed under a pressure of 4 atm, the temperature of the gas rises to 40 °C. How great is the volume?

### 8.16

$$p_1 = 35 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 293,15 \text{ K}$$

$$V_1 = x$$

-----

$$p_2 = ?$$

$$T_2 = 283,15 \text{ K}$$

$$V_2 = x/2$$

$$293,15 \cdot 35 = 10\,260,25$$

$$p_2 = 10\,260,25 / (283,15/0,5) = 18,118$$

### 8.18

$$V = 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$R_s = 208 \text{ J/kgK}$$

$$p = 350 \text{ Pa}$$

$$T = 293,15 \text{ K}$$

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

$$m = (350 \cdot 30 \cdot 10^{-6}) / (208 \cdot 293,15) = 1,722 \cdot 10^{-7}$$

$$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T$$

$$N = (350 \cdot 30 \cdot 10^{-6}) / (1,380658 \cdot 10^{-23} \cdot 293,15) = 2,594 \cdot 10^{18}$$

$$\text{Atommasse (Argon)} = 39,948 \text{ u}$$

### 8.19

$$T = 7500 \text{ K}$$

$$N = 80 \cdot 10^6$$

$$V = 1 \text{ m}^3$$

$$p = N \cdot k_B \cdot T = 8,284 \cdot 10^{-12}$$

### 8.20

$$V_1 = 3 \text{ m}^3$$

$$p_1 = 1$$

$$T_1 = 273,15$$

$$3 \cdot 273,15 = 819,45$$

$$V_2 = ?$$

$$p_2 = 4$$

$$T_2 = 313,15$$

$$V_2 = 819,45 / (4 \cdot 313,15) = 0,6542$$

# Gemisch idealer Gase

Donnerstag, 20. Dezember 2018 13:08

## Das Gesetz von Dalton

Der Gesamtdruck eines Gasgemisches ist gleich der Summe der Partialdrücke der Einzelgase. Der Partialdruck ist der Druck, den ein Einzelgas (Gassorte) ausübt, wenn es den Gesamtraum des Gasgemisches alleine ausübt.

$$p(v_1+v_2) = p \cdot V \quad V(p_1+p_2) = p \cdot V$$

Beispiel: Gesucht ist die Masse von  $1\text{m}^3$  Luft unter Standardbedingungen.

Die Luft ist ein Gemisch aus 78% (Volums-%)  $\text{N}_2$  ( $m_A = 28,02\text{g}$ ), 21%  $\text{O}_2$  ( $m_A = 32,00\text{g}$ ), 1% Ar ( $m_A = 39,94$ ) und weiteren Gasen ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , ...) die hier vernachlässigt werden sollen.

$$n_{\text{N}_2} = p \cdot V_{\text{N}_2} / R \cdot T = (101300 \cdot 0,78 \cdot 1) / (8,314 \cdot 273,15) = 34,7931 = p_{\text{N}_2} \cdot V / R \cdot T$$

$$n_{\text{O}_2} = p \cdot V_{\text{O}_2} / R \cdot T = (101300 \cdot 0,21 \cdot 1) / (8,314 \cdot 273,15) = 9,3674 = p_{\text{O}_2} \cdot V / R \cdot T$$

$$n_{\text{Ar}} = p \cdot V_{\text{Ar}} / R \cdot T = (101300 \cdot 0,01 \cdot 1) / (8,314 \cdot 273,15) = 0,4461 = p_{\text{Ar}} \cdot V / R \cdot T$$

$$(34,7931 \cdot 28,02) + (9,3674 \cdot 32) + (0,4461 \cdot 39,94) = 1\,292,4767\text{g} = 1,292\text{kg}$$

## 10.1

$$n_{\text{N}_2} = 34,793 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 9,367 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ar}} = 0,446 \text{ mol}$$

$$m_{\text{ges}} = 1,292\text{kg}$$

# Hauptsätze der Thermodynamik

Donnerstag, 17. Jänner 2019 12:45

## 1. Hauptsatz (Buch Seite 137)

$$\Delta U = \Delta W + \Delta Q$$

$\Delta U$  ... Zunahme der inneren Energie in J

$\Delta W$  ... zugeführte Arbeit in J

$\Delta Q$  ... zugeführte Wärme in J

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. Sie kann nur von einer Form in andere Formen umgewandelt oder von einem Körper auf andere Körper übertragen werden.

Folgerung: Ein Perpetuum mobile 1. Art ist unmöglich!

## 2. Hauptsatz (Buch Seite 138)

**1.Version:** Wärme fließt von selbst, ohne äußeres Zutun immer nur vom wärmeren zum kälteren Körper ... allgemeine Erfahrung.

**2.Version:** Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die einem Reservoir Wärme entzieht und diese ohne Energiezufuhr von außen vollständig in mechanische Arbeit umwandelt.

So eine Maschine wäre ein Perpetuum mobile 2. Art

## 3. Hauptsatz

Der absolute Nullpunkt ist unerreichbar.