

# Grundlagen der Energietechnik

## 1. Einheiten

### 1.1. SI-Einheiten

Seit 1969 ist bei uns das SI-Einheitensystem (Systeme International d'Unités) eingeführt. Die SI-Einheiten umfassen sieben Basis Einheiten. Alle anderen empfohlenen oder erlaubten Einheiten sind von diesen Basis-Einheiten abgeleitet.

Basisgröße		Basiseinheit	
Name	Formelzeichen	Name	Einheitenzeichen
Länge	l	Meter	m
Zeit	t	Sekunde	s
Masse	m	Kilogramm	kg
Temperatur	T	Kelvin	K
Stromstärke	I	Ampere	A
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	I	Candela	cd

### 1.2. Abgeleitete Einheiten

#### a) Dichte

Als Dichte bezeichnet man eine Volumenbezogene Masse. So hat z.B. 1dm<sup>3</sup> Wasser bei 4°C eine Masse von 1 kg. Die Dichte des Wassers beträgt somit 1 kg/dm<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\rho$  = Dichte  
 $m$  = Masse  
 $V$  = Volumen

#### b) Kraft

Kraft ist die Ursache einer Beschleunigung oder Verformung eines Körpers. Sie wird definiert als das Produkt aus Masse und Beschleunigung.

$$F = m * a$$

$F$  = Kraft[N]  
 $a$  = Beschleunigung  $\left[ \frac{m}{s^2} \right]$   
 $m$  = Masse[kg]  
Fallbeschleunigung :  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

Beispiel: wie groß ist die Gewichtskraft einer Tafel Schokolade?

$$F = m * g = 0,1\text{kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,981 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2} = 0,981\text{N}$$

### c) Druck

Druck ist definiert als eine Kraft die auf eine Flächeneinheit wirkt.

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \rightarrow p = \frac{F}{A} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1\text{Pa}(\text{Pascal})$$

$$1\text{bar} = 100000\text{Pa} = 100\text{kPa}$$

$$1\text{mWS} = 0,0981\text{bar} = 98,1\text{mbar} = 9810\text{Pa} = 9,81\text{kPa}$$

Beispiel: Eine Druckverlustberechnung ergibt eine Pumpenförderhöhe von 8800 Pa. Das Pumpendiagramm gibt aber Werte in mWS an. Wie groß muß die Förderhöhe in mWS ein?

$$1\text{mWS} = 9810\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = \frac{1\text{mWS}}{9810\text{Pa}}$$

$$8800\text{Pa} = \frac{1\text{mWS}}{9810\text{Pa}} * 8800\text{Pa} = 0,897\text{mWS}$$

### d) Luftdruck, Überdruck

Die Erde ist von einer Lufthülle umgeben. Diese wird von der Erde angezogen und übt durch ihre Gewichtskraft einen Druck aus. Der Norm-Atmosphärendruck beträgt 1013 mbar. Der Druck nimmt mit zunehmender Entfernung von der Erde ab. Der Druck eines Gases gegenüber dem Druck Null im leerem Raum wird als Absolutdruck bezeichnet. Die atmosphärische Druckdifferenz zwischen dem absoluten Druck und dem jeweiligen Atmosphärendruck wird Überdruck genannt. Folgende Bezeichnungen werden verwendet:

$$p_{\text{amb}} = \text{Atmosphärendruck}$$

$$p_{\text{abs}} = \text{absoluter Druck}$$

$$p_e = \text{Überdruck}$$

$$p_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$$

### e) Druck in Flüssigkeiten

$$p = h * \rho * g$$

p = Druck  
h = Höhe  
 $\rho$  = Dichte  
g = Gravitationswert

- Der höchste Druck herrscht am Boden
- Der Druck hängt von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels ab
- Gefäßform und Querschnittsfläche haben keinen Einfluß

### f) Arbeit, Energie und Wärmemenge

Energie ist die in einem physikalischen System gespeicherte Arbeit bzw. seine Fähigkeit Arbeit zu verrichten.

$$\text{Energie} = \text{Kraft} * \text{Weg}$$
$$W = F * s$$
$$1J = 1N * m$$

Für Wärmeströme wird das Formelzeichen Q verwendet

$$1J = 1Ws = 1kWh = 3600kJ = 1000Wh$$

### g) Leistung

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

Formelzeichen: P  
Wärmeleistung: Q  
Einheit: W

$$1W = 1 \frac{J}{s} = 1 \frac{Ws}{s}$$

### 1.3. Vorsätze von Einheiten

Vorsatz	Vorzeichen	Faktor	Zehnerpotenz
Piko	p	0,000 000 000 001	$10^{-12}$
Nano	n	0,000 000 001	$10^{-9}$
Mikro	$\mu$	0,000 001	$10^{-6}$
Milli	m	0,001	$10^{-3}$
Zenti	c	0,01	$10^{-2}$
Dezi	d	0,1	$10^{-1}$
Deka	da	10	$10^1$
Hekto	h	100	$10^2$
Kilo	k	1000	$10^3$
Mega	M	1000 000	$10^6$
Giga	G	1000 000 000	$10^9$
Tera	T	000 000 000	$10^{12}$

## 2. Strömung in Flüssigkeiten und Gasen

### 2.1. Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom

Die Geschwindigkeit [w] eines Körpers ist der Quotient aus dem zurückgelegtem Weg und der dazu benötigten Zeit. (Gilt nur für gleichförmige Bewegung)

$$w = \frac{s}{t}$$

w = Geschwindigkeit  
s = Weg  
t = Zeit

Die SI-Einheit für die Geschwindigkeit ist m/s.

Beispiel: In einer Rohrleitung benötigt das Wasser 25 Sekunden, um einen Weg von 40 m zurückzulegen. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit.

$$w = \frac{s}{t}$$
$$w = \frac{40\text{m}}{25\text{s}} = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## Volumenstrom.

Der Volumenstrom ist der Quotient aus dem Volumen einer Flüssigkeit oder eines Gases, das durch eine Rohrleitung strömt, und der dazu benötigten Zeit. Volumenströme berechnet man auch als Produkt des Rohrquerschnitt und der Strömungsgeschwindigkeit.

$$V = A \cdot w$$

$$V = \frac{V}{t}$$

Beispiel:

Wie groß ist der Volumenstrom in einer Wasserleitung bei einem lichten Rohrquerschnitt von  $0,20 \text{ dm}^2$  und einer Strömungsgeschwindigkeit des Wassers von  $1,6 \text{ m/s}$

Lösung:

$$V = A \cdot w$$

$$V = 0,2 \text{ dm}^2 \cdot 16 \frac{\text{dm}}{\text{s}}$$

$$V = 3,2 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 3,2 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$V = 11520 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 11,52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

## 2.2. Kontinuitätsgesetz

Ändert sich der Querschnitt einer Rohrleitung von  $A_1$  auf  $A_2$ , so bleibt der Volumenstrom konstant, wenn keine Flüssigkeit zu- oder abgeführt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit erhöht sich mit kleiner werdendem Querschnitt.

$$A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2$$

Beispiel:

In einer Rohrleitung mit einem Querschnitt von  $0,20 \text{ dm}^2$  beträgt der Volumenstrom  $3,2 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Der Querschnitt wird auf  $0,13 \text{ dm}^2$  reduziert. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit  $w_2$

$$V = A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2$$

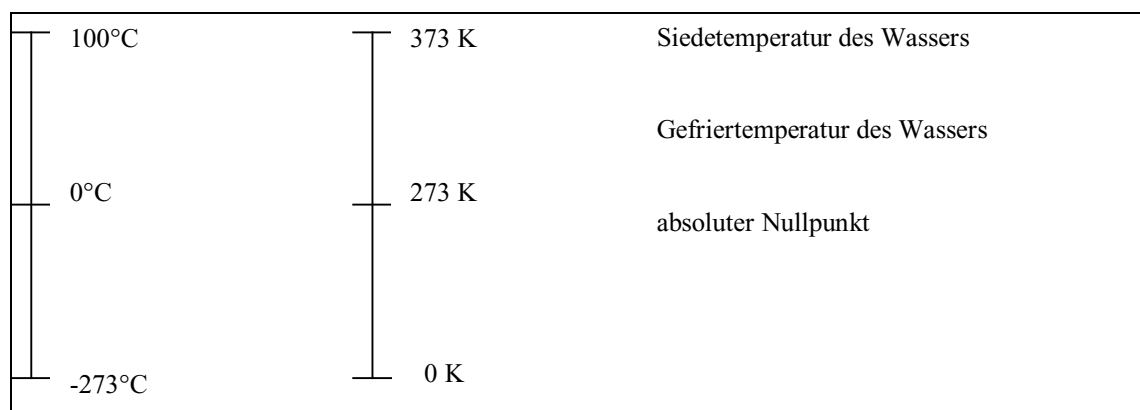
$$w_2 = \frac{V}{A_2} = \frac{3,2 \text{ dm}^3}{s \cdot \text{dm}^2} = 24,62 \frac{\text{dm}}{\text{s}} = 2,46 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3. Temperatur und Wärme

#### 3.1. Temperatur

Moleküle oder Atome eines Stoffes besitzen eine bestimmte Eigenbewegung bzw. Eigengeschwindigkeit, die man Molekularbewegung nennt. Die Temperatur ist ein Ausdruck dieser Bewegung. Mit zunehmender Molekularbewegung steigt die Temperatur, mit abnehmender sinkt sie. Wird in einem Stoff die Molekularbewegung gleich Null, ist der niedrigste Temperaturpunkt erreicht, der möglich ist. man bezeichnet ihn als absoluten Nullpunkt.

#### Temperatureinheiten:



Beispiel:

a) Wieviel K entsprechen einer Temperatur von 32°C  
 $T = 273 \text{ K} + 32^\circ\text{C} = 305 \text{ K}$

b) Wieviel °C entsprechen einer Temperatur von 270 K  
 $\nu = 270 \text{ K} - 273^\circ\text{C} = -3^\circ\text{C}$

Temperaturdifferenzen können in Celsius und Kelvin berechnet werden, die Zahlenwerte sind gleich. Es wird empfohlen, bei der Angabe von Temperaturdifferenzen das Einheitenzeichen **K** zu verwenden.

### 3.2. Längenausdehnung

Mit steigender Temperatur dehnen sich Baustoffe unterschiedlich stark aus. Die Ausdehnung eines Stoffes in eine Richtung nennt man Längenausdehnung. Sie ist besonders bei der Verlegung von Warmwasser- und Heizungsanlagen zu beachten.

Die Längenausdehnung eines Stoffes kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$\Delta l$  = Längenausdehnung

$l_0$  = Ausgangslänge

$\alpha$  = Längenausdehnungskoeffizient

Beispiel:

Ein 20 m langes Kupferrohr wird von 10°C auf 70°C erwärmt. Der Längenausdehnungskoeffizient von Kupfer beträgt 0,017 mm/(m\*K). Um wieviel mm dehnt es sich dabei in die Länge aus?

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta l = 20\text{m} \cdot 0,017 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 60\text{K} = 20,4\text{mm}$$

### 3.3. Spezifische Wärmekapazität

Die spezifische Wärmekapazität gibt an, welche Wärmemenge nötig ist um die Temperatur von 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erhöhen.

spez. Wärmekapazität von Luft (Normzustand):  $c = 1,03 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

spez. Wärmekapazität von Wasser  $c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Die Wärmemenge  $Q$ , die bei der Erwärmung einer beliebigen Masse um eine beliebige Temperaturdifferenz benötigt wird, errechnet sich nach der Formel:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta \vartheta$$

$Q$  = Wärmemenge

$m$  = Masse

$c$  = spez. Wärmekapazität

$\Delta \vartheta$  = Temperaturdifferenz

Beispiel:

In einem Speicher-Wassererwärmer werden 600 kg Wasser von 10 °C auf 60 °C aufgeheizt. Welche Wärmemenge in MJ und kWh ist dafür erforderlich?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$Q = 600\text{kg} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 50\text{K} = 125700\text{kJ} = 125,7\text{MJ}$$

$$Q = 125700\text{kJ} = 125700\text{kWs}$$

$$Q = \frac{125700\text{kWs} \cdot \text{h}}{3600\text{s}} = 34,9\text{kWh}$$

### 3.4. Wärmeleistung

Wird eine Wärmemenge in einer bestimmten Zeit transportiert oder umgewandelt, ergibt sich eine Wärmeleistung.

$$Q = \frac{Q}{t}$$

Die SI-Einheit für die Wärmeleistung ist das Watt (W). Die Leistung von 1 W wird erbracht, wenn je Sekunde die Wärmemenge 1 Joule umgesetzt wird.

Für die meisten Berechnungen ist es zweckmäßig, die Wärmeleistung als Produkt aus dem Massenstrom, der spez. Wärmekapazität und der Temperaturdifferenz zu berechnen. Die Wärmeleistung ist dann:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Beispiel:

Wie groß ist die Wärmeleistung einer Heizwendel in einem Speicherwassererwärmer, wenn 2500 kg/h Heizungswasser mit einer Vorlauftemperatur von 70°C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C hindurchströmen?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$Q = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10\text{K} \cdot \frac{1 \cdot \text{h}}{3600\text{s}} = 29,16 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 29,16\text{kW}$$

Quelle: Datenpool FH Wolfenbüttel