

Physikalische Eigenschaften

Allgemeine Planungsgrundlagen

Basewissen - Physikalische Eigenschaften



1.6 Physikalische Eigenschaften

Taballe 1a: Stoffwerte fester Stoffe

Werkstoff	Dichte	Schmelztemperatur	Schmelzwärme	spez. Wärmekapazität	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	Längenausdehnung	Siedepunkt
	ρ (Rho)	θ	L_s	c	λ	α	θ
	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$	$\frac{\text{W}}{\text{mK}}$	$\frac{\text{m}}{\text{mK}}$	$^{\circ}\text{C}$
Aluminium	2 700	658	356	0,942	204	$238 \cdot 10^{-5}$	
Beton	1 000 - 2 200			1	0,75 - 1,5	$120 \cdot 10^{-5}$	
Blei	11 340	327	24	0,13	35,1	$290 \cdot 10^{-5}$	
Bronze	8 700 - 8 900	900		0,362	26,0 - 42,0	$175 \cdot 10^{-5}$	
Chrom	7 140	1 000	290	0,409	69	$700 \cdot 10^{-5}$	
Eis (0 °C)	380 - 920	0	332	2,05	2,21	$510 \cdot 10^{-5}$	
Eisen	7 880	1 530	272	0,462	58	$123 \cdot 10^{-5}$	2 500
Gips	2 300			1,09	0,45	$250 \cdot 10^{-5}$	
Glas	2 400 - 3 000			0,75	0,58 - 1,05	$100 \cdot 10^{-5}$	
Gold	19 290	1 063	67	0,13	311	$142 \cdot 10^{-5}$	
Kork	200 - 350			1,23 - 2,51	0,005 - 0,04		
Kupfer	8 900	1 083	209	0,365	372	$165 \cdot 10^{-5}$	2 330
Messing	8 500 - 8 800	900		0,361	112	$184 \cdot 10^{-5}$	
Nickel	8 500	1 455	290	0,502	50,0 - 67,0	$130 \cdot 10^{-5}$	
PE	950			1,73 - 1,97	0,43	$200 \cdot 10^{-4}$	
Porzellan	2 300 - 2 500			0,8	0,81 - 1,86	$300 \cdot 10^{-5}$	
PP	900			1,06	0,22	$180 \cdot 10^{-4}$	
PVC	1 350			1	0,16 - 0,21	$800 \cdot 10^{-5}$	
Quecksilber	13 550	-39		0,138	8	$600 \cdot 10^{-4}$	
Rotguss	8 500 - 8 900	950		0,377	90	$118 \cdot 10^{-5}$	
Silber	10 500 - 10 800	960	105	0,234	413,0 - 413,0	$195 \cdot 10^{-5}$	
Stahl	7 850	1 350 - 1 450	205	0,477	37,0 - 52,0	$118 \cdot 10^{-5}$	
Steinzeug	2 500 - 2 600			0,75 - 0,84	1,05 - 1,57		
Zink	7 200	419	112	0,365	112	$290 \cdot 10^{-5}$	907
Zinn	7 300	232	59	0,226	63	$267 \cdot 10^{-5}$	2 337

Taballe 1b: Stoffwerte flüssiger Stoffe

Flüssigkeit	Dichte bei 20 °C	spez. Wärmekapazität	Verdampfungswärme bei 1013 mbar	Volumenausdehnung bei 20 °C	Siedepunkt bei 1013 mbar
	ρ (Rho)	c	L_v	β_v	θ
	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3\text{K}}$	$^{\circ}\text{C}$
Aethylalkohol	790	2,39	846	$1,1 \cdot 10^{-3}$	78,3
Anilin	900	2,22	532	$1,35 \cdot 10^{-3}$	56,1
Benzin (leicht)	650 - 720	2		$1,2 \cdot 10^{-3}$	90 - 100
Butan (n)	600	2,28	402		0,5
Heizöl EL	800 - 860	1,88	260	$700 \cdot 10^{-4}$	430
Propan	585	2,41	449		-42,6
Wasser	1 000	4,187	2 256	$1,80 \cdot 10^{-4}$	100

Physikalische Eigenschaften

Allgemeine Planungsgrundlagen

Baswissen - Physikalische Eigenschaften

Tabelle 17: Stoffwerte gasförmiger Stoffe

Gas	Symbol	Dichte bei 0 °C und 1 013 mbar	Gas-Konstante	Dichte- verhältnis Luft = 1	spez. Wärme- kapazität bei 0 °C konst. Druck	konst. Volumen
		ρ (Rho)	R	d	cp	cv
		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$		$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$
Azethylen	C ₂ H ₂	1.171	319.5	0.906	1.51	1.22
Butan (n)	C ₄ H ₁₀	2.703	143	2.091		
Erdgas		0.8	464	0.619		
Kohlendioxyd	CO ₂	1.977	188.9	1.529	0.82	0.63
Kohlendioxyd	CO	1.25	296.8	0.967	1.04	0.74
Luft trocken		1.293	287.1	1	1	0.72
Propan	C ₃ H ₈	2.019	189	1.561	1.549	1.30
Sauerstoff	O ₂	1.429	259.8	1.105	0.91	0.65

Physikalische Eigenschaften

Allgemeine Planungsgrundlagen
Basiswissen - Physikalische Eigenschaften



Tabelle 18: Wassertemperatur, Dichte und Volumen

Temperatur	Dichte	Spez. Volumen	Temperatur	Dichte	Spez. Volumen
ϑ in °C	ρ in kg/m ³	v in dm ³ /kg	ϑ in °C	ρ in kg/m ³	v in dm ³ /kg
0	999.8	1.0002	49	988.4	1.0117
1	999.9	1.0001	50	988.0	1.0121
2	999.9	1.0001	51	987.6	1.0126
3	999.9	1.0001	52	987.1	1.0131
4	1 000	1	53	986.6	1.0136
5	1 000.0	1.0000	54	986.2	1.0140
6	1 000.0	1.0000	55	985.7	1.0145
7	999.9	1.0001	56	985.2	1.0150
8	999.9	1.0001	57	984.6	1.0156
9	999.8	1.0002	58	984.2	1.0161
10	999.7	1.0003	59	983.7	1.0166
11	999.7	1.0003	60	983.2	1.0171
12	999.6	1.0004	61	982.6	1.0177
13	999.4	1.0006	62	982.1	1.0182
14	999.3	1.0007	63	981.5	1.0188
15	999.2	1.0008	64	981.0	1.0193
16	999.0	1.0010	65	980.5	1.0199
17	998.8	1.0012	66	979.9	1.0205
18	998.7	1.0013	67	979.2	1.0211
19	998.5	1.0015	68	978.8	1.0217
20	998.3	1.0017	69	978.2	1.0223
21	998.1	1.0019	70	977.7	1.0228
22	997.8	1.0022	71	977.0	1.0235
23	997.6	1.0024	72	976.5	1.0241
24	997.4	1.0026	73	975.9	1.0247
25	997.1	1.0029	74	975.3	1.0253
26	996.8	1.0032	75	974.8	1.0259
27	996.6	1.0034	76	974.1	1.0266
28	996.3	1.0037	77	973.5	1.0272
29	996.0	1.0040	78	972.9	1.0279
30	995.7	1.0043	79	972.3	1.0285
31	995.4	1.0046	80	971.6	1.0292
32	995.1	1.0049	81	971.0	1.0299
33	994.7	1.0053	82	970.4	1.0305
34	994.4	1.0056	83	969.7	1.0312
35	994.0	1.0060	84	969.1	1.0319
36	993.7	1.0063	85	968.4	1.0326
37	993.3	1.0067	86	967.8	1.0333
38	993.0	1.0070	87	967.1	1.0340
39	992.7	1.0074	88	966.5	1.0347
40	992.3	1.0078	89	965.8	1.0354
41	991.9	1.0082	90	965.2	1.0361
42	991.5	1.0086	95	961.6	1.0399
43	991.1	1.0090	100	958.1	1.0437
44	990.7	1.0094			
45	990.2	1.0099			
46	989.8	1.0103			
47	989.4	1.0107			
48	988.9	1.0112			

Physikalische Eigenschaften

Allgemeine Planungsgrundlagen

Basiswissen - Physikalische Eigenschaften

Tabelle 19: Mengenäquivalente von Energieträgern

		MJ	kg	kg	l	kg	m ²	m ³	kWh	kg	kg
			Stein- kohle	Heizöl EL	Heizöl EL	Flüssig- gas	Erdgas Ho	Erdgas Hu	Elektri- zität	Holz	Holz- schnittel
1 kg	Steinkohle	29,3	1,00	0,69	0,82	0,64	0,73	0,87	8,14	1,86	2,42
1 kg	Heizöl EL	42,7	1,46	1,00	1,19	0,93	1,14	1,26	11,96	2,75	3,53
1 l	Heizöl EL	35,9	1,23	0,84	1,00	0,78	0,95	1,06	9,97	2,32	2,97
1 kg	Flüssiggas (Propan, Butan)	46,0	1,67	1,08	1,28	1,00	1,22	1,36	12,78	2,97	3,80
1 m ³	Erdgas Ho (Zürich)	37,6	1,28	0,88	1,06	0,82	1,00	1,11	10,44	2,43	3,11
1 m ³	Erdgas Hu (Zürich)	33,8	1,15	0,79	0,94	0,73	0,90	1,00	9,39	2,18	2,79
1 kWh	Elektrizität	3,6	0,12	0,08	0,10	0,08	0,10	0,11	1,00	0,23	0,30
1 kg	Holz (luftge- trocknet)	15,5	0,53	0,36	0,43	0,34	0,41	0,46	4,31	1,00	1,28
1 kg	Holzschnit- zel	12,1	0,41	0,28	0,34	0,26	0,32	0,36	3,36	0,78	1,00
1 kg	Holzschnit- zel	12.1000	0,413	0,337	0,203	0,358	0,388	0,301	0,751	1,000	

Alle Berechnungen ausgehend vom unteren Heizwert Hu (ausser Erdgas Ho)

Tabelle 20: "Schnell umgerechnet"

1 m³ Erdgas Hu (Zürich)	
0,79	kg Heizöl EL
0,94	Liter Heizöl EL
9,39	kWh Elektrizität
0,0083	Stk Holz Fichte/Firne
0,0047	Stk Holz Buche/Eiche
0,0110	m ³ Holzschnitzel Fichte/Tanne
0,0077	m ³ Holzschnitzel Buche/Eiche
1 kg Heizöl EL	
1,19	Liter Heizöl EL
1,26	m ³ Erdgas Hu (Zürich)
11,86	kWh Elektrizität
0,0081	Stk Holz Fichte/Firne
0,0059	Stk Holz Buche/Eiche
0,0140	m ³ Holzschnitzel Fichte/Tanne
0,0097	m ³ Holzschnitzel Buche/Eiche
1 kWh Elektrizität	
0,11	m ³ Erdgas Hu (Zürich)
0,084	kg Heizöl EL
0,10	Liter Heizöl EL
0,00088	Stk Holz Fichte/Firne
0,00050	Stk Holz Buche/Eiche
0,00117	m ³ Holzschnitzel Fichte/Tanne
0,00082	m ³ Holzschnitzel Buche/Eiche

Die Umrechnungszahlen basieren auf dem unteren Heizwert, ohne Berücksichtigung des Anlagewirkungsgrades.
Wassergehalt: Holz: 15 % / Holzschnitzel: 25 %