

1.2 Naturwissenschaftliche Grundlagen

1.2.1	Physikalische Eigenschaften	3
1.2.2	Wasserdichte	6
1.2.3	Viskosität	7
1.2.4	h, x-Diagramm für feuchte Luft	8

Dieses Kapitel wurde erstellt unter Mitwirkung von:

5. Auflage:	Otto Fux , Masch. Ing. SIA, dipl. Sanitärplaner, Ittigen / BE
	Bernhard Berchtold , Sanitärtechniker TS, Frauenfeld
	Jürg Reist , Sanitärtechniker TS, Gärnigen / BE
	Christian Stauber , Sanitärtechniker TS, Epalinges / VD
	Emanuel Zehender , Sanitärtechniker TS, St.Gallen
Überarbeitung 2014:	Stefan von Rotz , Sanitärtechniker HF, Wallisellen

Tabellenverzeichnis

Stoffwerte fester metallischer Stoffe	3
Stoffwerte fester nichtmetallischer Stoffe	4
Stoffwerte flüssiger Stoffe	5
Stoffwerte gasförmiger Stoffe	5
Dichte (ρ) des Wassers in Abhängigkeit der Temperatur 0° – 100 °C	6
Dichte (ρ) und kinematische Viskosität von Wasser	7
Dichte (ρ) und kinematische Viskosität von verschiedenen Stoffen	7

Quellennachweis

[1] XXX

1.2.1 Physikalische Eigenschaften

Stoffwerte fester metallischer Stoffe

Werkstoff	Symbol	Dichte	Schmelz- temperatur	Mittl. spez. Wärme- kapazität bei 20 °C	Wärmeleitzahl bei 20 °C	Längenaus- dehnung
		ρ [kg / m ³]	[°C]	c [kJ / kg • K]	λ [W / m • K]	α [mm / m • K]
Aluminium	Al	2'700	658	0.942	204.0	$2.38 \cdot 10^{-2}$
Blei	Pb	11'340	327	0.130	35.1	$2.90 \cdot 10^{-2}$
Bronze	Br	8'700 – 8'900	900	0.352	26.0 – 42.0	$1.75 \cdot 10^{-2}$
Chrom	Cr	7'140	1'800	0.439	69.0	$7.00 \cdot 10^{-3}$
Eisen rein	Fe	7'880	1'530	0.452	58.0	$1.23 \cdot 10^{-2}$
Stahl	St	7'850	1'350 – 1'450	0.477	37.0 – 52.0	$1.18 \cdot 10^{-2}$
Gusseisen		7'250	1'200	0.540	50.0	$1.10 \cdot 10^{-2}$
Gold	Au	19'290	1'063	0.130	311.0	$1.42 \cdot 10^{-2}$
Kupfer	Cu	8'900	1'083	0.385	372.0	$1.65 \cdot 10^{-2}$
Messing	Ms	8'500 – 8'600	900	0.381	112.0	$1.84 \cdot 10^{-2}$
Nickel	Ni	8'800	1'455	0.502	58.0 – 87.0	$1.30 \cdot 10^{-2}$
Platin	Pt	21'450	1'773	0.134	71.0	$9.00 \cdot 10^{-3}$
Quecksilber	Hg	13'550	– 39	0.138	8.0	$6.00 \cdot 10^{-2}$
Rotguss	Rg	8'500 – 8'900	950	0.377	60.0	$1.18 \cdot 10^{-2}$
Silber	Ag	10'500 – 10'600	960	0.234	413.0 – 418.0	$1.95 \cdot 10^{-2}$
Zink	Zn	7'200	419	0.385	112.0	$2.90 \cdot 10^{-2}$
Zinn	Sn	7'300	232	0.226	63.0	$2.67 \cdot 10^{-2}$

Anmerkung: Die Werte können je nach Hersteller und Verwendungszweck des Stoffes leichte Abweichungen erfahren.

Stoffwerte fester nichtmetallischer Stoffe

Werkstoff	Symbol	Dichte	Schmelztemperatur	Mittl. spez. Wärmekapazität bei 20 °C	Wärmeleitzahl bei 20 °C
		ρ [kg / m ³]	[°C]	c [kJ / kg • K]	λ [W / m • K]
Polyvinylchlorid	PVC	1'350	1.0	0.16 – 0.21	$7.0 - 9.0 \cdot 10^{-2}$
Polyäthylen	PE	950	1.76 – 1.97	0.43	0.15 – 0.23
Polypropylen	PP	900	1.68	0.22	0.12
Asbest	–	2'100 – 2'800	0.8	–	–
Beton	–	1'800 – 2'200	1.00	0.75 – 1.5	–
Eis (bei 0 C°)	–	880 – 920	2.05	–	–
Faserzement	–	2'000	–	0.45	$1.2 \cdot 10^{-2}$
Gips	–	2'300	1.09	0.45	$2.5 \cdot 10^{-2}$
Glas	–	2'400 – 3'000	0.75	0.58 – 1.05	$5.0 - 8.0 \cdot 10^{-3}$
Holz	–	500 – 900	2.3 – 2.7	0.12 – 0.21	–
Kesselstein	–	2'400 – 2'600	0.8	1.22	–
Kork	–	200 – 350	1.26 – 2.51	0.035 – 0.04	–
Papier	–	970	1.34	0.14	–
Porzellan	–	2'300 – 2'500	0.8	0.81 – 1.86	$3.0 \cdot 10^{-3}$
Steinzeug	–	2'500 – 2'600	0.75 – 0.84	1.05 – 1.57	–

Anmerkung: Die Werte können je nach Hersteller und Verwendungszweck des Stoffes leichte Abweichungen erfahren.

Stoffwerte flüssiger Stoffe

Flüssigkeit	Symbol	Dichte bei 20 °C ρ [kg / m ³]	Mittl. spez. Wärmekapazität bei 20 °C c [kJ / kg • K]	Verdampfungswärme bei 1'013 mbar l_d [kJ / kg]	Siedepunkt bei 1'013 mbar [°C]	Volumenausdehnung bei 20 °C γ [m ³ / m ³ • K]
Aethylalkohol	–	790	2.39	846	78.3	$1.1 \cdot 10^{-3}$
Benzin (leicht)	–	680 – 720	2.00	–	90 – 100	$1.2 \cdot 10^{-3}$
Glyzerin	–	1'260	2.43	–	290	$5.0 \cdot 10^{-4}$
Heizöl	–	800 – 860	1.88	–	430	$7.0 \cdot 10^{-4}$
Petrol	–	760 – 860	2.13	–	150	$9.2 – 10.0 \cdot 10^{-4}$
Wasser	H ₂ O	998.2	4.18	2'256	100	$1.8 \cdot 10^{-4}$

Stoffwerte gasförmiger Stoffe

Gas	Symbol	Dichte bei 0 °C und 1013 mbar ρ [kg / m ³]	Gas-konstante R [J / kg • K]	Dichte-verhältnis Luft = 1 d	spez. Wärmekapazität bei 0 °C	
					konst. Druck c_p [kJ / kg • K]	konst. Volumen c_v [kJ / kg • K]
Azethylen	C ₂ H ₂	1.171	319.5	0.906	1.51	1.22
Butan n	C ₄ H ₁₀	2.703	143.0	2.091	–	–
Butan i	C ₄ H ₁₀	2.668	143.0	2.064	–	–
Erdgas	–	0.800	464.0	0.619	–	–
Kohlendioxyd	CO ₂	1.977	188.9	1.529	0.82	0.63
Kohlenoxyd	CO	1.250	296.8	0.967	1.04	0.74
Lachgas (Stickoxydul)	N ₂ O	1.978	188.9	1.53	0.89	0.70
Luft trocken	–	1.293	287.1	1.000	1.00	0.72
Propan	C ₃ H ₈	2.019	189.0	1.561	1.549	1.36
Sauerstoff	O ₂	1.429	259.8	1.105	0.91	0.65

1.2.2 Wasserdichte

Dichte (ρ) des Wassers in Abhängigkeit der Temperatur 0° – 100 °C

0.5	999.87	25.5	996.92	50.5	987.84	75.5	974.59
1	999.90	26	996.79	51	987.61	76	974.29
1.5	999.92	26.5	996.66	51.5	987.38	76.5	973.98
2	999.94	27	996.53	52	987.15	77	973.68
2.5	999.95	27.5	996.39	52.5	986.92	77.5	973.37
3	999.96	28	996.25	53	986.69	78	973.07
3.5	999.96	28.5	996.11	53.5	986.45	78.5	972.76
4	999.97	29	995.97	54	986.21	79	972.45
4.5	999.96	29.5	995.82	54.5	985.97	79.5	972.14
5	999.96	30	995.67	55	985.73	80	971.83
5.5	999.95	30.5	995.52	55.5	985.49	80.5	971.52
6	999.94	31	995.37	56	985.25	81	971.21
6.5	999.92	31.5	995.21	56.5	985.00	81.5	970.89
7	999.90	32	995.05	57	984.75	82	970.57
7.5	999.88	32.5	994.89	57.5	984.50	82.5	970.25
8	999.85	33	994.73	58	984.25	83	969.94
8.5	999.82	33.5	994.57	58.5	984.00	83.5	969.62
9	999.78	34	994.40	59	983.75	84	969.30
9.5	999.74	34.5	994.23	59.5	983.50	84.5	968.98
10	999.70	35	994.06	60	983.24	85	968.65
10.5	999.65	35.5	993.89	60.5	982.98	85.5	968.33
11	999.60	36	993.72	61	982.72	86	968.00
11.5	999.55	36.5	993.54	61.5	982.46	86.5	967.67
12	999.50	37	993.36	62	982.20	87	967.34
12.5	999.44	37.5	993.18	62.5	981.94	87.5	967.01
13	999.38	38	992.99	63	981.67	88	966.68
13.5	999.31	38.5	992.81	63.5	981.40	88.5	966.35
14	999.24	39	992.62	64	981.13	89	966.01
14.5	999.17	39.5	992.43	64.5	980.86	89.5	965.68
15	999.1	40	992.24	65	980.59	90	965.34
15.5	999.02	40.5	992.05	65.5	980.32	90.5	965.01
16	998.94	41	991.86	66	980.05	91	964.67
16.5	998.86	41.5	991.66	66.5	979.77	91.5	964.33
17	998.77	42	991.47	67	979.50	92	963.99
17.5	998.68	42.5	991.27	67.5	979.22	92.5	963.65
18	998.59	43	991.07	68	978.94	93	963.30
18.5	998.50	43.5	990.86	68.5	978.66	93.5	962.96
19	998.40	44	990.66	69	978.38	94	962.61
19.5	998.30	44.5	990.46	69.5	978.10	94.5	962.27
20	998.20	45	990.25	70	977.81	95	961.92
20.5	998.10	45.5	990.03	70.5	977.52	95.5	961.57
21	997.99	46	989.82	71	977.23	96	961.22
21.5	997.88	46.5	989.61	71.5	976.95	96.5	960.87
22	997.77	47	989.40	72	976.66	97	960.51
22.5	997.66	47.5	989.18	72.5	976.36	97.5	960.16
23	997.54	48	988.96	73	976.07	98	959.81
23.5	997.42	48.5	988.74	73.5	975.77	98.5	959.46
24	997.30	49	988.52	74	975.48	99	959.04
24.5	997.18	49.5	988.29	74.5	975.18	99.5	958.74
25	997.05	50	988.07	75	974.89	100	958.38

1.2.3 Viskosität

Dichte (ρ) und kinematische Viskosität von Wasser

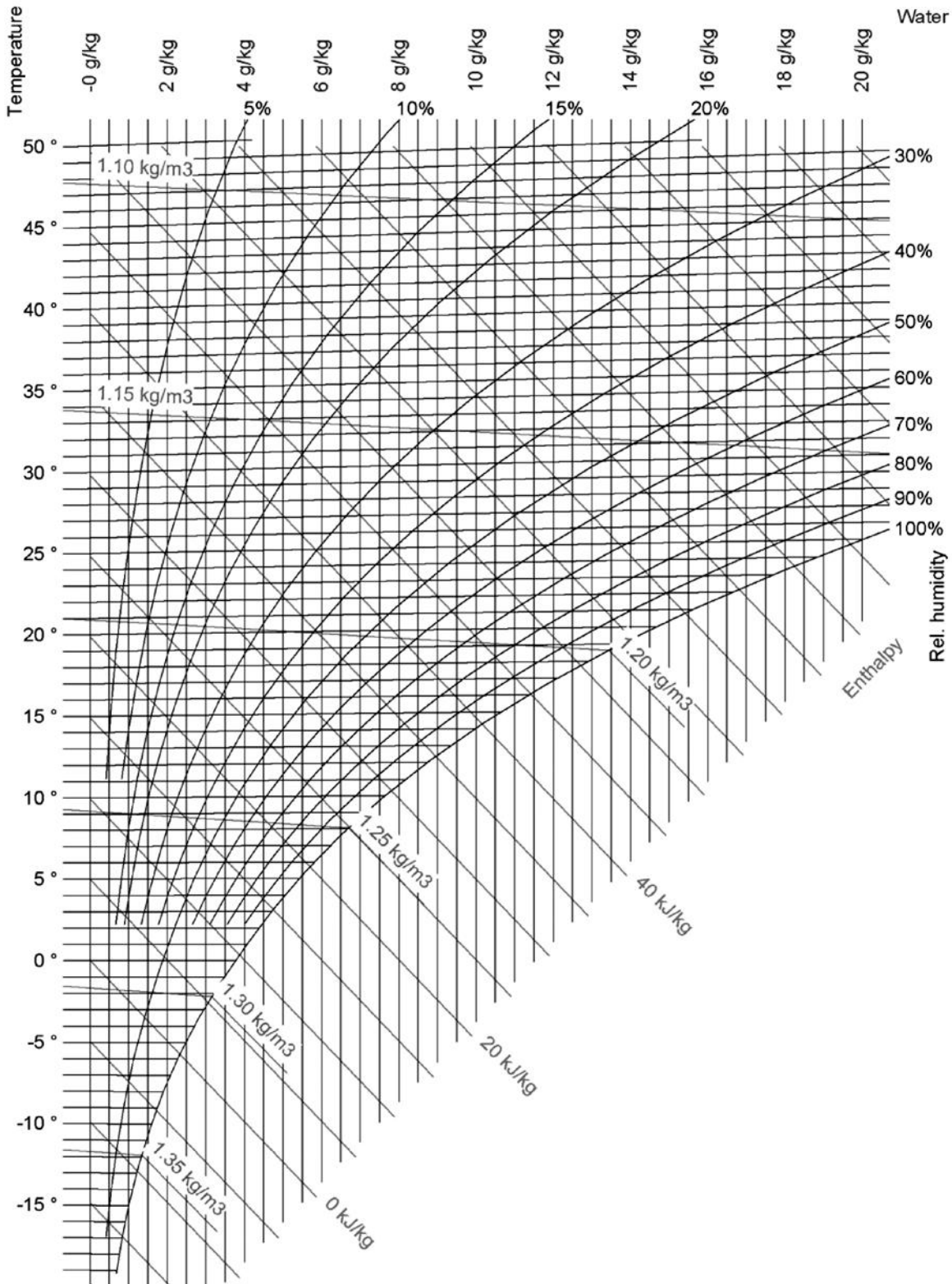
Temperatur [°C]	Dichte ρ [kg / m ³]	Kinematische Viskosität ν [10 ⁻⁶ • m ² / s]	Temperatur [°C]	Dichte ρ [kg / m ³]	Kinematische Viskosität ν [10 ⁻⁶ • m ² / s]
4	999.97	1.562	55	985.73	0.512
10	999.70	1.307	60	983.24	0.475
20	998.20	1.0038	70	977.81	0.413
30	995.67	0.801	80	971.83	0.365
40	992.24	0.658	90	965.34	0.326
50	988.07	0.554	100	958.38	0.295

Dichte (ρ) und kinematische Viskosität von verschiedenen Stoffen

Stoff	Temperatur [°C]	Dichte ρ [kg / m ³]	kinematische Viskosität ν [10 ⁻⁶ • m ² / s]
Abgase	100	0.95	20.0
Abgase	300	0.63	45.0
Aethylenglykol	20	1140.0	27.0
Azethylen	15	1.11	9.09
Butan	15	2.56	2.81
Erdgas (-)	20	0.78	12.8
Heizöl (1.5 °E)	20	860.0	6.0
Lachgas	15	1.84	7.92
Propan	15	1.91	4.15
R 12 flüssig	20	1329.0	0.17
Sauerstoff	20	1.33	15.34
Thermoöl (Diphyl)	100	996.0	1.02
Thermoöl (Diphyl)	200	909.0	0.44

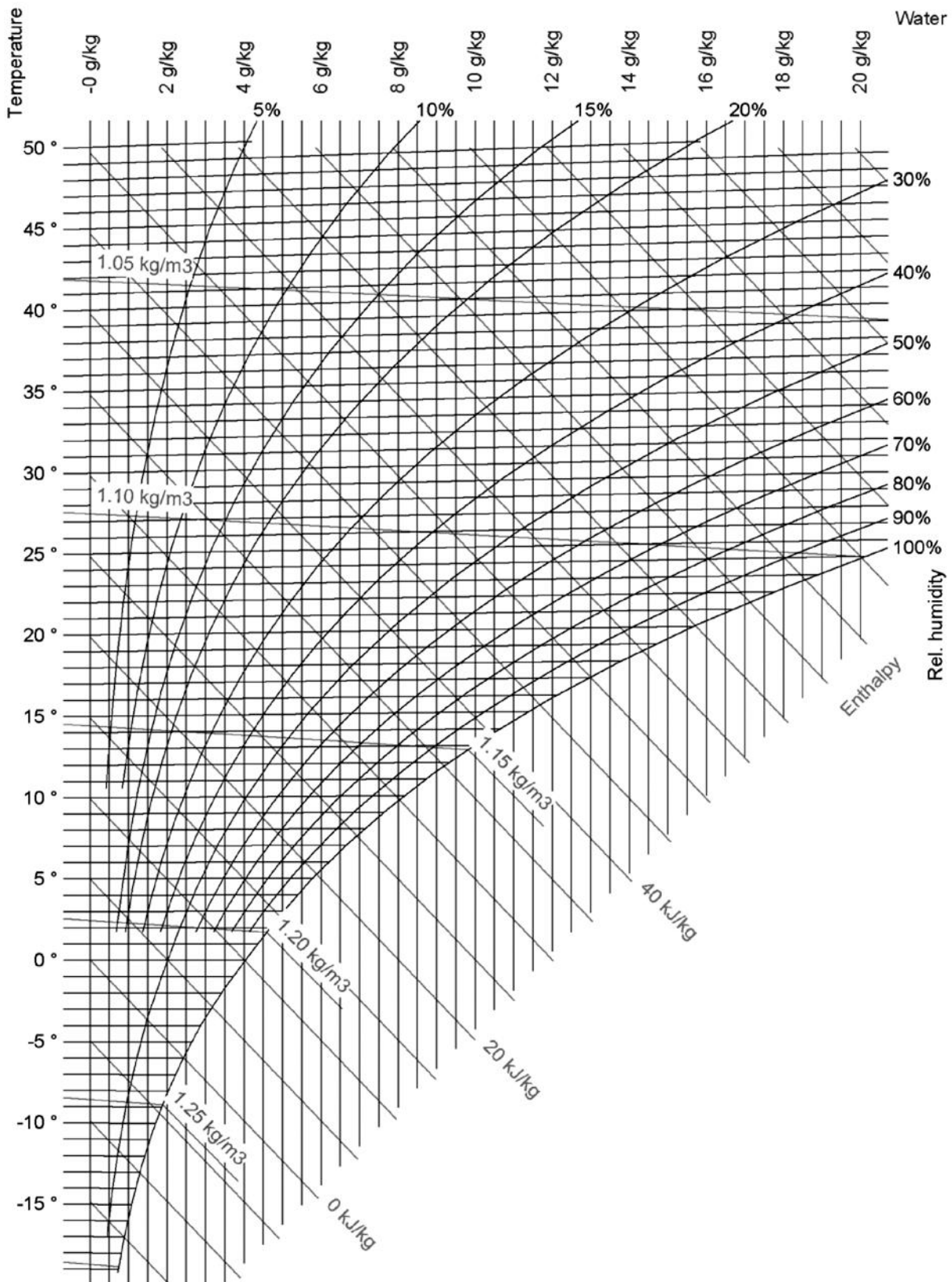
1.2.4 h, x-Diagramm für feuchte Luft

h, x-Diagramm für feuchte Luft, H = 0 m über Meer



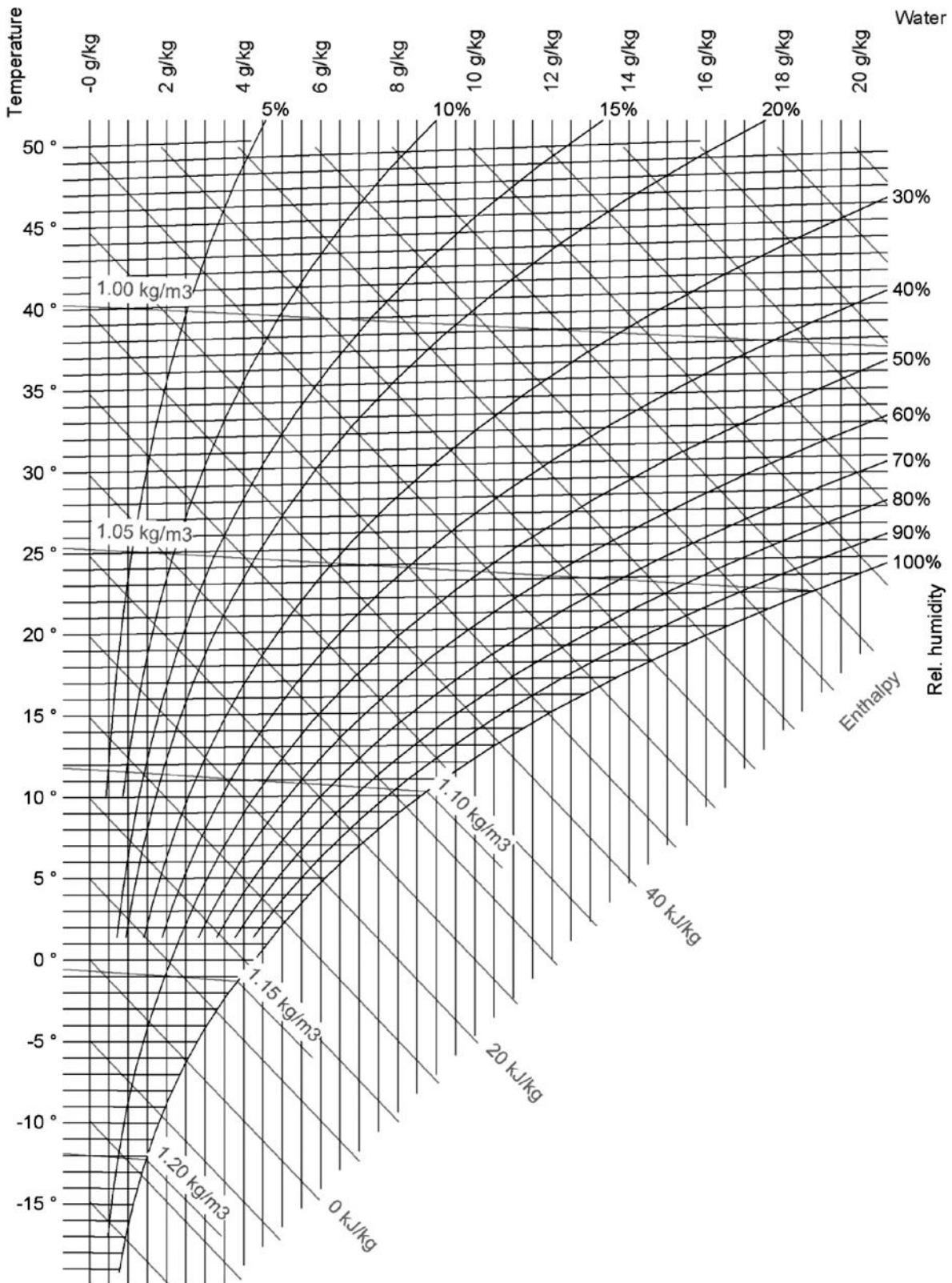
Mollier-h-x-Diagramm for air humid - Pressure 1.013 bar (0.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rH)

h, x-Diagramm für feuchte Luft, H = 540 m über Meer



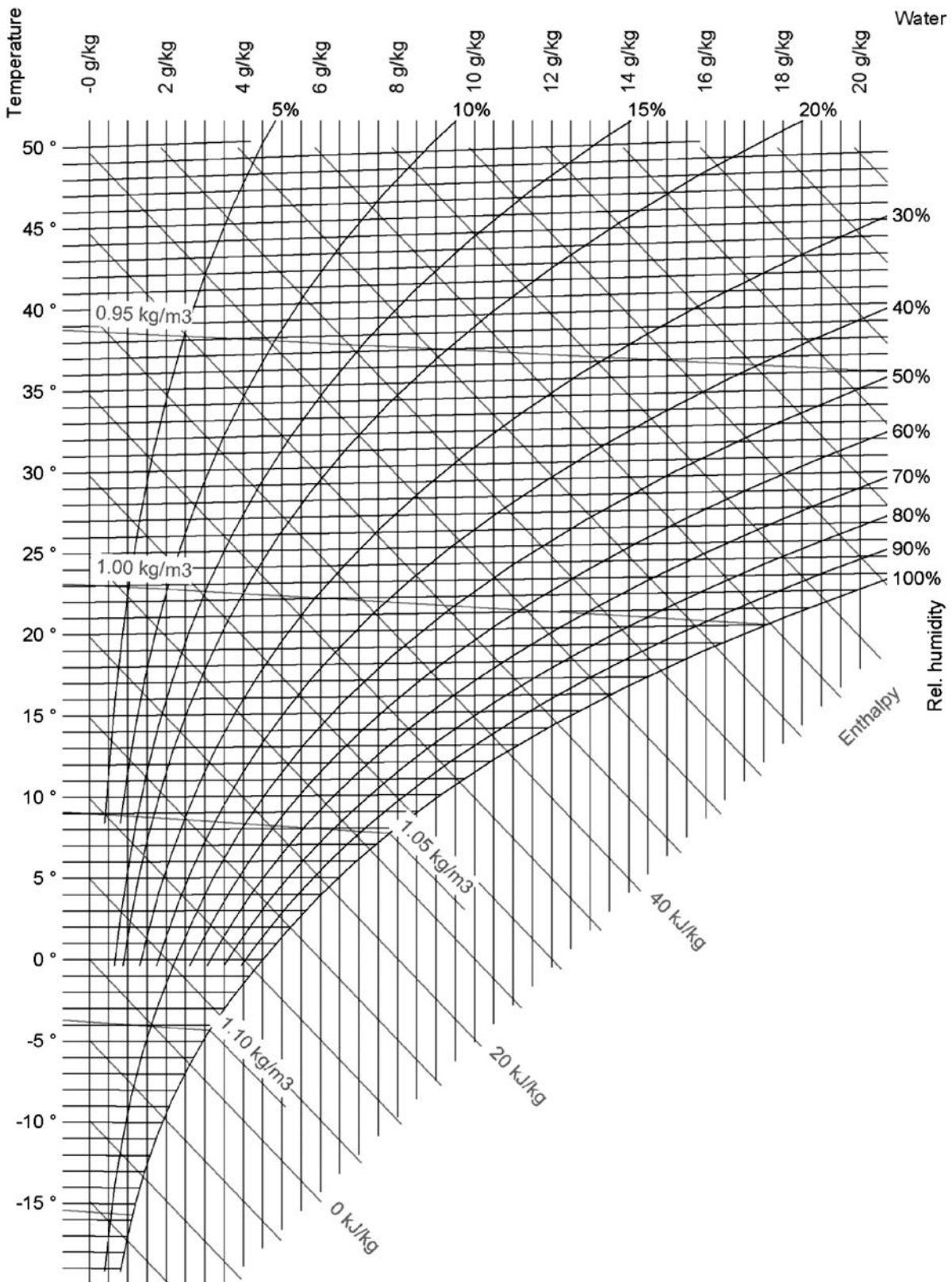
Mollier-h-x-Diagramm for air humid - Pressure 0.950 bar (540.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rH)

h, x-Diagramm für feuchte Luft, H = 989 m über Meer



Mollier-h-x-Diagramm for air humid - Pressure 0.900 bar (989.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rH)

h, x-Diagramm für feuchte Luft, H = 1'457 m über Meer



Mollier-h-x-Diagramm for air humid - Pressure 0.851 bar (1457.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rH)