

1 Stoffwerte von Wasser [1]:Molare Masse: $M = 18,0152 \text{ kg kmol}^{-1}$ Spezifische Gaskonstante: $R = 0,461522 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Kritische Zustandsgrößen:

Kritische Temperatur: $T_c = 647,14 \text{ K} + \delta T$ Kritischer Druck: $p_c = (220,64 \pm 0,05) \text{ bar} + \alpha \delta T$ Kritische Dichte: $\rho = (322 \pm 3) \text{ kg m}^{-3}$ - $0,10 \text{ K} \leq \delta T \leq 0,10 \text{ K}$ $\alpha = 2,4 \text{ bar K}^{-1}$ **Stoffwerte von Wasser beim Druck $p = 1 \text{ bar}$, berechnet mit der Gleichung von SATO nach [1] bzw. gemessen (σ nach [3] gegen Luft)**

ϑ °C	ρ kg m ⁻³	c_p kJ kg ⁻¹ K ⁻¹	β 10 ⁻³ K ⁻¹	η 10 ⁻⁶ kg m ⁻¹ s ⁻¹	ν 10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹	σ 10 ⁻³ N m ⁻¹
-30	983,78	4,817	-1,4497	8661,1	8,804	-
-20	993,62	4,418	-0,6576	4362,7	4,931	-
-10	998,14	4,277	-0,2887	2645,2	2,650	77,10
-5	999,27	4,242	-0,1665	2153,5	2,155	76,40
0	999,84	4,218	-0,0672	1792,3	1,793	75,62
5	999,97	4,203	0,0162	1518,7	1,519	74,90
10	999,70	4,192	0,0879	1306,4	1,307	74,20
15	999,10	4,185	0,1507	1138,0	1,139	73,48
20	998,21	4,181	0,2067	1002,0	1,004	72,75
25	997,05	4,179	0,2572	890,45	0,893	71,96
30	995,65	4,177	0,3034	797,68	0,801	71,15
35	994,03	4,177	0,3459	719,62	0,724	70,35
40	993,22	4,177	0,3855	653,25	0,658	69,55
45	990,21	4,178	0,4226	596,32	0,602	-
50	988,04	4,180	0,4578	547,08	0,554	67,90
55	985,69	4,182	0,4912	504,19	0,512	-
60	983,20	4,184	0,5232	466,59	0,475	66,17
65	980,55	4,187	0,5541	433,44	0,442	-
70	977,77	4,190	0,5840	404,06	0,413	64,41
75	974,84	4,193	0,613	377,9	0,388	-
80	971,79	4,197	0,6414	354,49	0,365	62,60
85	968,61	4,201	0,6693	333,48	0,344	-
90	965,31	4,206	0,6967	314,53	0,326	60,74
95	961,89	4,211	0,7238	297,4	0,309	-
99,63 ¹	958,61	4,216	0,7487	282,95	0,295	58,84

Dichte ρ von Wasser in kg m⁻³ in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]²

Druck bar	Temperatur in °C									
	0	25	50	75	100	150	200	250	300	350
1	999.83	997.06	988.03	974.86	0.5896	0.5164	0.4604	0.4156	0.3790	0.3483
5	1000.0	997.24	988.20	975.04	958.58	917.07	2.3537	2.1083	1.9137	1.7540
10	1000.3	997.47	988.42	975.26	958.81	917.36	4.8566	4.2984	3.8771	3.5402
20	1000.8	997.92	988.86	975.71	959.28	917.92	865.08	8.9757	7.9713	7.2169
30	1001.3	998.36	989.29	976.15	959.75	918.49	865.85	14.172	12.326	11.047
40	1001.8	998.81	989.73	976.59	960.22	919.05	866.60	799.10	17.000	15.052
50	1002.3	999.26	990.16	977.03	960.68	919.61	867.35	800.27	22.073	19.255
60	1002.8	999.70	990.59	977.47	961.14	920.17	868.10	801.42	27.662	23.687
70	1003.3	1000.1	991.02	977.91	961.60	920.72	868.84	802.56	33.944	28.384
80	1003.8	1000.6	991.45	978.35	962.06	921.28	869.57	803.69	41.226	33.394
90	1004.3	1001.0	991.88	978.78	962.52	921.83	870.31	804.80	713.36	38.776
100	1004.8	1001.5	992.31	979.22	962.98	922.38	871.03	805.90	715.58	44.611

¹ Sättigungszustand² Linienzüge deuten den Verlauf der Sättigungslinie an

Dynamische Viskosität η von Wasser in $10^{-6} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]¹

Druck bar	Temperatur in °C									
	0	25	50	75	100	150	200	250	300	350
1	1792	890,4	547,1	377,9	12,27	14,18	16,18	18,22	20,29	22,37
5	1791	890,4	547,1	378,0	282,0	182,5	16,05	18,14	20,24	22,34
10	1790	890,2	547,2	378,1	282,1	182,7	15,89	18,04	20,18	22,31
20	1788	890,0	547,4	378,4	282,4	182,9	134,5	17,85	20,07	22,25
30	1785	889,8	547,6	378,7	282,7	183,2	134,7	17,67	19,97	22,20
40	1783	889,6	547,8	378,9	282,9	183,4	135,0	106,2	19,88	22,16
50	1780	889,4	547,9	379,2	283,2	183,7	135,2	106,5	19,80	22,12
60	1778	889,1	548,1	379,4	283,5	183,9	135,5	106,7	19,73	22,10
70	1776	888,9	548,3	379,7	283,7	184,2	135,7	107,0	19,68	22,09
80	1773	888,7	548,5	380,0	284,0	184,4	136,0	107,3	19,65	22,09
90	1771	888,6	548,7	380,2	284,3	184,7	136,2	107,6	86,12	22,11
100	1769	888,4	548,9	380,5	284,5	184,9	136,5	107,8	86,52	22,15

Kinematische Viskosität ν von Wasser in $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]¹

Druck bar	Temperatur in °C									
	0	25	50	75	100	150	200	250	300	350
1	1,793	0,8931	0,5537	0,3877	20,81	27,46	35,14	43,83	53,54	64,22
5	1,791	0,8928	0,5537	0,3877	0,2942	0,1991	6,819	8,604	10,58	12,74
10	1,790	0,8925	0,5536	0,3877	0,2942	0,1991	3,272	4,198	5,206	6,302
20	1,786	0,8919	0,5536	0,3878	0,2944	0,1993	0,1555	1,989	2,518	3,083
30	1,783	0,8912	0,5535	0,3879	0,2945	0,1994	0,1556	1,247	1,620	2,010
40	1,779	0,8906	0,5534	0,3880	0,2946	0,1996	0,1558	0,1329	1,169	1,472
50	1,776	0,8900	0,5534	0,3881	0,2948	0,1997	0,1559	0,1330	0,8969	1,149
60	1,773	0,8894	0,5533	0,3882	0,2949	0,1999	0,1561	0,1332	0,7132	0,9331
70	1,770	0,8888	0,5533	0,3883	0,2951	0,2001	0,1562	0,1334	0,5797	0,7783
80	1,767	0,8882	0,5532	0,3884	0,2952	0,2002	0,1564	0,1335	0,4766	0,6616
90	1,763	0,8876	0,5532	0,3885	0,2953	0,2004	0,1565	0,1337	0,1207	0,5702
100	1,760	0,8871	0,5531	0,3886	0,2955	0,2005	0,1567	0,1338	0,1209	0,4965

Temperatur-Druck-Abhängigkeit von Wasser im Sättigungszustand vom Tripel- bis zum kritischen Punkt nach [1]

ϑ [°C]	p [bar]	ϑ [°C]	p [bar]	ϑ [°C]	p [bar]	ϑ [°C]	p [bar]	ϑ [°C]	p [bar]
0,01	0,006177	80,00	0,47373	160,00	6,1766	240,00	33,447	320,00	112,79
10,00	0,012281	90,00	0,70117	170,00	7,9147	250,00	39,736	330,00	128,52
20,00	0,023388	100,00	1,0132	180,00	10,019	260,00	46,894	340,00	145,94
30,00	0,042455	110,00	1,4324	190,00	12,542	270,00	54,999	350,00	165,21
40,00	0,073814	120,00	1,9848	200,00	15,536	280,00	64,132	360,00	186,55
50,00	0,12344	130,00	2,7002	210,00	19,062	290,00	74,380	370,00	210,30
60,00	0,19932	140,00	3,6119	220,00	23,178	300,00	85,838	373,976	220,55
70,00	0,31176	150,00	4,7572	230,00	27,951	310,00	98,605		

¹ Linienzüge deuten den Verlauf der Sättigungslinie an

3 Stoffwerte von Luft nach [1]:Molare Masse: $M = 28,96 \text{ kg kmol}^{-1}$ Spezifische Gaskonstante: $R = 287,22 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Kritische Zustandsgrößen:

Kritische Temperatur: $T_c = 132,52 \text{ K}$; $\vartheta_c = -140,63 \text{ }^\circ\text{C}$ Kritischer Druck: $p_c = 37,66 \text{ bar}$ Kritische Dichte: $\rho_c = 313 \text{ kg m}^{-3}$ Tripelpunkttemperatur: $T_t = 60 \text{ K}$ bzw. $\vartheta_t = -213,15 \text{ }^\circ\text{C}$ **Stoffwerte von Luft beim Druck $p = 1 \text{ bar}$ nach [1]**

ϑ $^\circ\text{C}$	ρ kg m^{-3}	c_p $\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	β 10^{-3} K^{-1}	η $10^{-6} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$	ν $10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
-40	1,495	1,007	4,313	15,16	101,4
-30	1,433	1,007	4,133	15,70	109,5
-20	1,377	1,007	3,968	16,22	117,8
-10	1,324	1,006	3,815	16,74	126,4
0	1,275	1,006	3,674	17,24	135,2
10	1,230	1,007	3,543	17,74	144,2
20	1,188	1,007	3,421	18,24	153,5
30	1,149	1,007	3,307	18,72	163,0
40	1,112	1,007	3,200	19,20	172,6
60	1,045	1,009	3,007	20,14	192,7
80	0,9859	1,010	2,836	21,05	213,5
100	0,9329	1,012	2,683	21,94	235,1
120	0,8854	1,014	2,546	22,80	257,5
140	0,8425	1,016	2,422	23,65	280,7
160	0,8036	1,019	2,310	24,48	304,6
180	0,7681	1,022	2,208	25,29	329,3
200	0,7356	1,026	2,115	26,09	354,7
250	0,6653	1,035	1,912	28,02	421,1
300	0,6072	1,046	1,745	29,86	491,8
350	0,5585	1,057	1,605	31,64	566,5
400	0,5170	1,069	1,486	33,35	645,1
450	0,4813	1,081	1,383	35,01	727,4
500	0,4502	1,093	1,293	36,62	813,5
750	0,3402	1,146	0,9772	44,08	1296
1000	0,2734	1,185	0,7853	50,82	1859

Dichte ρ von Luft in kg m^{-3} in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]

Druck bar	Temperatur in $^\circ\text{C}$									
	-25	0	25	50	75	100	150	200	300	400
1	1,404	1,275	1,168	1,078	1,000	0,9329	0,8226	0,7356	0,6072	0,5170
5	7,049	6,391	5,858	5,390	5,000	4,663	4,109	3,674	3,032	2,581
10	14,16	12,82	11,71	10,79	9,999	9,320	8,209	7,336	6,053	5,153
20	28,58	25,77	23,48	21,59	19,99	18,61	16,38	14,63	12,06	10,27
30	43,23	38,83	35,30	32,39	29,95	27,87	24,49	21,86	18,02	15,34
40	58,09	51,98	47,14	43,19	39,89	37,09	32,56	29,05	23,93	20,37
50	73,13	65,19	58,99	53,96	49,79	46,25	40,57	36,18	29,80	25,37
60	88,30	78,45	70,83	64,70	59,64	55,36	48,52	43,25	35,61	30,32
70	103,6	91,73	82,64	75,39	69,43	64,41	56,40	50,26	41,38	35,23
80	118,9	105,0	94,42	86,02	79,15	73,39	64,22	57,21	47,09	40,10
90	134,2	118,2	106,1	96,59	88,80	82,30	71,97	64,09	52,75	44,92
100	149,5	131,4	117,8	107,1	98,37	91,13	79,66	70,92	58,37	49,71

Dynamische Viskosität η von Luft in 10^{-6} Pa s in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]

Druck bar	Temperatur in °C									
	-150	-100	-75	-50	-25	0	25	50	75	100
1	8,650	11,77	13,22	14,62	15,96	17,24	18,48	19,67	20,82	21,94
5	8,778	11,85	13,30	14,68	16,01	17,29	18,52	19,71	20,86	21,97
10	8,997	11,97	13,40	14,77	16,09	17,36	18,59	19,77	20,91	22,02
20	9,790	12,29	13,65	14,98	16,27	17,52	18,72	19,89	21,03	22,12
30	43,99	12,71	13,96	15,23	16,48	17,70	18,88	20,04	21,15	22,24
40	46,82	13,27	14,35	15,53	16,72	17,91	19,06	20,19	21,30	22,37
50	49,16	13,98	14,81	15,87	17,00	18,14	19,26	20,37	21,45	22,51
60	51,19	14,88	15,35	16,26	17,31	18,39	19,48	20,56	21,62	22,66
70	53,03	15,98	15,97	16,70	17,65	18,67	19,71	20,76	21,80	22,82
80	54,70	17,31	16,66	17,18	18,01	18,96	19,96	20,97	21,98	22,99
90	56,26	18,84	17,44	17,70	18,40	19,28	20,23	21,10	22,18	23,16
100	57,72	20,51	18,28	18,26	18,82	19,61	20,50	21,44	22,39	23,35

Kinematische Viskosität ν von Luft in 10^{-7} m² s⁻¹ in Abhängigkeit von Druck und Temperatur nach [1]

Druck bar	Temperatur in °C									
	-150	-100	-75	-50	-25	0	25	50	75	100
1	30,24	58,29	75,09	93,57	113,6	135,2	158,2	182,5	208,2	235,1
5	5,835	11,56	14,95	18,68	22,72	27,06	31,68	36,57	41,72	47,12
10	2,785	5,721	7,442	9,323	11,36	13,54	15,87	18,33	20,91	23,63
20	1,242	2,814	3,697	4,657	5,692	6,799	7,973	9,214	10,52	11,89
30	0,7253	1,856	2,460	3,112	3,812	4,559	5,350	6,185	7,062	7,980
40	0,7491	1,386	1,850	2,347	2,879	3,445	4,044	4,676	5,338	6,032
50	0,7688	1,113	1,491	1,895	2,325	2,782	3,265	3,774	4,308	4,866
60	0,7860	0,9391	1,259	1,598	1,960	2,344	2,750	3,177	3,625	4,093
70	0,8014	0,8246	1,099	1,391	1,704	2,035	2,385	2,753	3,139	3,543
80	0,8155	0,7489	0,9846	1,240	1,515	1,806	2,114	2,438	2,778	3,132
90	0,8286	0,7005	0,9010	1,127	1,371	1,631	1,906	2,195	2,498	2,815
100	0,8409	0,6715	0,8391	1,040	1,259	1,493	1,741	2,002	2,276	2,562

4 Stoffwerte verschiedener Gase:
Molare Masse, Gaskonstante, spez. Wärmekapazität bei 20°C und 1 bar, sowie kritische Zustandsgrößen und Dichte im Normzustand einiger Gase nach [1, 4]

Stoff	M kg kmol ⁻¹	R kJ kg ⁻¹ K ⁻¹	c _p J kg ⁻¹ K ⁻¹	κ	T _c K	p _c bar	ρ _c kg m ⁻³	ρ _n kg m ⁻³
Ammoniak	17,0305	488,2175	2062	1,31	405,4	113,39	225	0,7718
Helium	4,00	2081	5198	1,66	5,2	2,275	69,8	0,18
Kohlendioxid	44,0098	188,9241	819	1,3	304,13	73,77	467,6	1,9770
Luft	28,96	287,22	1004	1,4	132,52	37,66	313	1,4319
Sauerstoff	31,9988	259,8329	910	1,4	154,599	50,460	417	1,4290
Stickstoff	28,0134	296,80	1039	1,4	126,20	34,0	314	1,2504
Wasserstoff	2,02	4130	14455	1,4	33,2	13,0	31,6	0,0890

Dynamische Viskosität η verschiedener Gase in 10^{-5} Pa s in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1 bar nach [1]

Stoff	Temperatur in °C									
	-150	-100	-50	0	25	100	200	300	400	500
Ammoniak	-	-	0,74	0,92	1,01	1,29	1,65	2,01	2,37	2,74
Helium	1,09	1,35	1,63	1,89	1,96	2,28	2,67	3,06	3,41	3,75
Kohlendioxid	-	-	1,12	1,38	1,50	1,84	2,26	2,65	3,00	3,30
Luft	0,865	1,18	1,46	1,72	1,86	2,19	2,61	2,99	3,33	3,66
Sauerstoff	0,955	1,31	1,63	1,92	2,03	2,43	2,88	3,29	3,67	4,03
Schwefeldioxid	-	-	0,94	1,17	1,28	1,62	2,00	2,40	2,75	3,13
Stickstoff	0,84	1,14	1,41	1,66	1,78	2,09	2,47	2,82	3,14	3,42
Wasserstoff	0,488	0,618	0,734	0,841	0,892	1,04	1,22	1,39	1,54	1,69

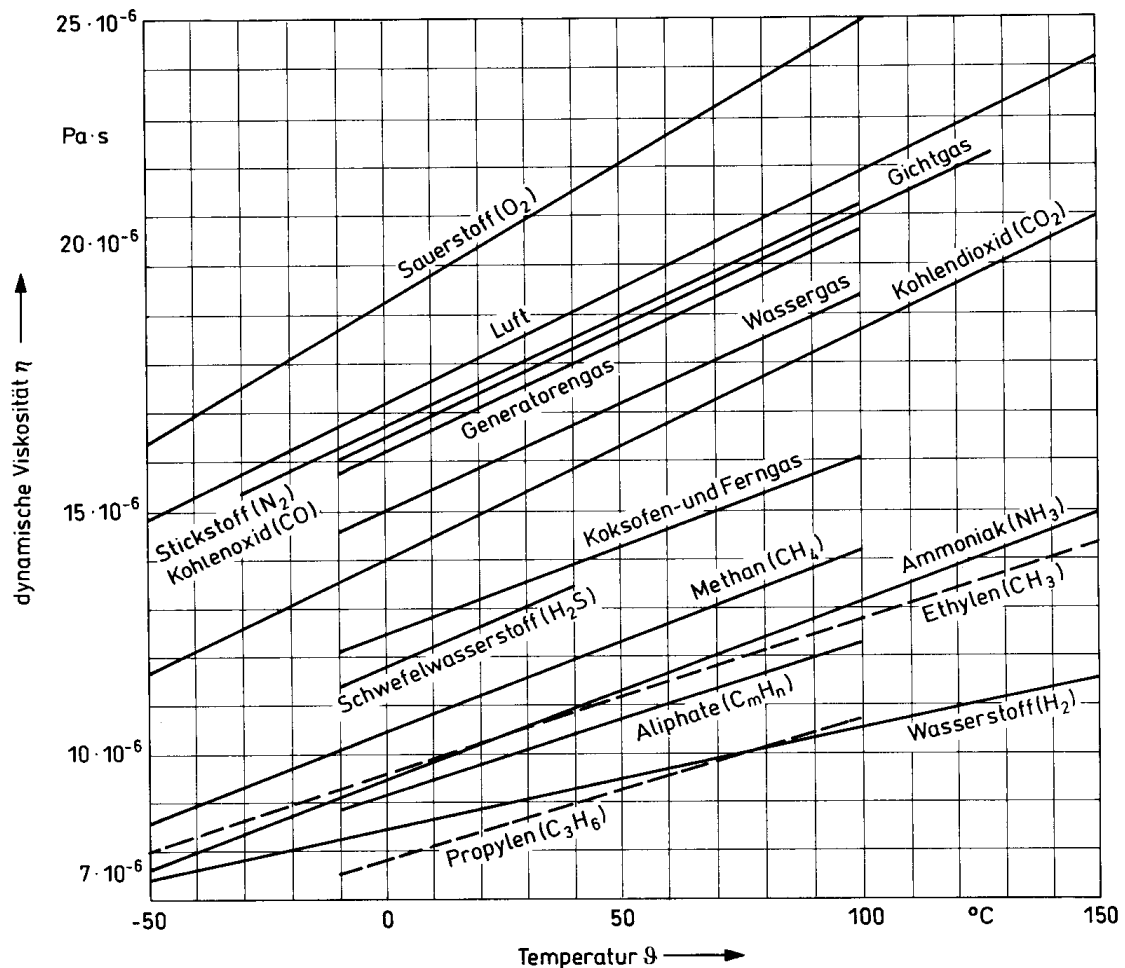


Bild IV - 3: Dynamische Viskosität η verschiedener Gase in Abhängigkeit von der Temperatur bei $p = 1$ bar nach [7]