

WASSER BAU GESELLSCHAFT



Formelheft

[3. Ausgabe 2016]

Von-Linde-Str. 8
D-95326 Kulmbach

Fon: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-0

Fax: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-11

Unser Lieferprogramm umfasst Anlagen in den Bereichen:

Trinkwasseraufbereitung

für Grund- und Oberflächenwasser

- Vorreinigung
- Filtration, offen und geschlossen
- Kontinuierlich gereinigte Sandfiltration (ConCleanPlus®)
- Membranfiltration
- Enteisenung und Entmanganung
- Entsäuerung
nach chem. und physik. Verfahren
- Nitrat- und Sulfatentfernung
- Entkeimung

Betriebswasser

- Vorreinigung
- Filtration, offen und geschlossen
- Kontinuierlich gereinigte Sandfiltration (ConCleanPlus®)
- Entkarbonisierung
- Aufbereitung von Kühlwasser
nach allen Verfahren
- Entkeimung

Entsalzung

- Entkarbonisierung
- Enthärtung
- Teil- und Vollentsalzung
mit Ionenaustausch und Umkehrosmose
- Kondensatfiltration und Entölung
- Kondensatentsalzung
- Entgasung: Vakuum und Überdruck
- EDI-Anlagen

Schwimmbeckenwasseraufbereitung

für Hallen- und Freibäder

- Filtration: offene Filter und Druckfilter
- Entkeimung
- Membranfiltration
- Rückspülwasseraufbereitung

Abwasserbehandlung

für Kommunen, Industrien und Deponien

- Mechanische Vorreinigung
- Belebtschlammverfahren: Nitrifikation, Denitrifikation, biologische Phosphorelimination
- Sonderverfahren:
 - biologische Filtration, Festbettfiltration
 - Trägerbiologie
- Phosphatfällung
- Abwasserfiltration
- Schlammbehandlung: Eindickung, Stabilisierung, Entwässerung und Trocknung
- Membrantrenntechnik

Service

für alle Arten von Wasseraufbereitungsanlagen

- Inspektionen
- Wartung
- Optimierung
- Modernisierung

Wir planen, liefern und montieren Anlagen gemäß Kundenvorgaben, mit allen zugehörigen Nebeneinrichtungen, einschließlich Elektrotechnik und Automatisierung.

Detaillierte Referenzen übersenden wir Ihnen gerne.

Auf Wunsch erarbeiten wir Angebote für schlüsselfertige Anlagen.

Service-Leistungen vom Wartungsvertrag bis zum Betrieb von Anlagen werden von uns durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

Sattdampf tafel	6-7
Spezifisches Volumen v und spezifische Enthalpie h von überhitztem Wasserdampf	8-9
Druckhöhenverluste H_v für neue Stahlrohre ($\kappa = 0,05$ mm)	10
Druckhöhenverluste H_v für hydraulisch glatte Rohre ($\kappa = 0$)	11
Strömungswiderstände in Rohrleitungen bei Förderung von reinem kaltem Wasser	12-13
Widerstand von Formstücken und Armaturen	14
Filterwiderstand von Kiesfiltern in Abhängigkeit der Korngröße und Filtergeschwindigkeit	15
Abflussmengen über ein rechtwinkliges, dreieckförmiges Messwehr	16
Abflussmengen über ein scharfkantiges Wehr ohne Seitenkontraktion	17
Fülltiefe in rechteckigen Kanälen	18
Druckverlust der Filterauslaufregler	19
Lochblende und deren Drosselbeiwerte	20
Berechnung von Lochblenden	21
Richtwerte für den Normalbetrieb von Speisewasser und Kesselwasser in Anlehnung an VGB-Richtlinie 450 (2004)	22-23
Technische Regeln für Dampfkessel	24-26
Wasserbedarf-/ Wasseranfall in Kraftwerken	27
Umrechnungsfaktor für Kesselwasseranalysen bei Probeentnahme ohne Kühler	28
Spezifische Leitfähigkeit von Lösungen	29
Beitrag gelöster Gase zur Leitfähigkeit	30
pH-Wert-Erhöhung von reinem Wasser durch flüchtige Alkalisierungsmittel bei 25°C	31
Kesselwasser-Absalzung	32
Aufzuwendende Levoxinmenge	33
Löslichkeit von O_2 und N_2 der Luft bei 1 bar in reinem Wasser	34
Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser	35
Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser unter Druck	35
Konzentration und Dichte von Kochsalzlösungen bei 20°C	36
Konzentration und Dichte von Salzsäure bei 20°C	36
Konzentration und Dichte von Schwefelsäure bei 20°C	37
Konzentration und Dichte von Natronlauge bei 20°C	37

Kalkwasserkonzentration	38
Kalkwassersättigung in Abhängigkeit von der Temperatur	38
CaO-Gehalt und Dichte für Kalkmilch	38
Gewicht geschütteter Stoffe in t/m ³	39
Einteilung der Wässer in Härtebereiche	39
Umrechnungsfaktoren für verschiedene Härtegrade und Einheiten	40
Atomgewichte A ¹ und Ordnungszahlen Z der Elemente	41-42
Die wichtigsten Molekular- und Äquivalentgewichte und °d-Umrechnungsfaktoren	43-44
Molekulargewichte und Umrechnungsfaktoren	45-47
Lieferformen und Dosierkonzentrationen	48
Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser	49
Gebräuchliche Abkürzungen und Kurzformen in der Trink- und Abwasseraufbereitung	50
DIN-Abkürzungen und Gebrauchstemperaturen von Kunststoffen	50
Wichtige chemische Gleichungen in der Wasseraufbereitung	51
Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	52-53
Freie Kohlensäure	54
Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt	55-60
Tabelle zur Berechnung von Karbonathärte, Bikarbonat-, Karbonat- und Hydroxidionen	61
Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 (Stand: Oktober 2015)	62-64
EG-Richtlinie 98/83 - Wasserqualität für menschlichen Gebrauch	65-69
Aufbereitung von Schwimm- u. Beckenwasser	70-73
Schmutzfracht im kommunalen Abwasser	74
Überschussschlammproduktion bei der kommunalen Abwasserbehandlung	74
Sauerstoffverbrauch beim BSB-Abbau	74
Einleiten von Abwasser in die Einleitungsstelle	75
EG-Richtlinie 91/271 - Behandlung von kommunalem Abwasser	76-77
Umrechnung englischer und amerikanischer in deutsche technische Maßeinheiten	78-80
SI-Einheiten	81
Umrechnungstabellen für SI-Einheiten	82

Sattdampf tabel

Sättigungsdruck p	Sättigungstemperatur t	Spezifisches Volumen		Dichte des Dampfes e''	Spezifische Enthalpie	
		des Wassers v'	des Dampfes v''		des Wassers h''	des Dampfes h''
bar	°C	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$	m^3/kg	kg/m^3	kJ/kg	kJ/kg
0,1	45,83	1,0102	14,67	0,06814	191,83	2584,8
0,2	60,09	1,0172	7,650	0,1307	251,45	2609,9
0,3	69,12	1,0223	5,229	0,1912	289,30	2625,4
0,4	75,89	1,0265	3,993	0,2504	317,65	2636,9
0,6	85,95	1,0333	2,732	0,3661	359,93	2653,6
0,8	93,51	1,0387	2,087	0,4792	391,72	2665,8
1,0	99,63	1,0434	1,694	0,5904	417,51	2675,4
1,5	111,37	1,0530	1,159	0,8628	467,13	2693,4
2,0	120,23	1,0608	0,854	1,129	504,70	2706,3
2,5	127,43	1,0675	0,7184	1,392	535,34	2716,4
3,0	133,54	1,0735	0,6056	1,651	561,43	2724,7
3,5	138,87	1,0789	0,5240	1,908	584,27	2731,6
4,0	143,62	1,0839	0,4622	2,163	604,67	2737,6
4,5	147,92	1,0885	0,4138	2,417	623,16	2742,9
5,0	151,84	1,0928	0,3747	2,669	640,12	2747,5
6,0	158,84	1,1009	0,3155	3,170	670,42	2755,5
7,0	164,96	1,1082	0,2727	3,667	697,06	2762,0
8,0	170,41	1,1150	0,2403	4,162	720,94	2767,5
9,0	175,36	1,1213	0,2148	4,655	742,64	2772,1
10	179,88	1,1274	0,1943	5,147	762,61	2776,2
11	184,07	1,1331	0,1774	5,637	781,13	2779,7
12	187,96	1,1386	0,1632	6,127	798,43	2782,7
13	191,61	1,1438	0,1511	6,617	814,70	2785,4
14	195,04	1,1489	0,1407	7,106	830,08	2787,8
15	198,29	1,1539	0,1317	7,596	844,67	2789,9
16	201,37	1,1586	0,1237	8,085	858,56	2791,7
17	204,31	1,1633	0,1166	8,575	871,84	2793,4
18	207,11	1,1678	0,1103	9,065	884,58	2794,8
19	209,80	1,1723	0,1047	9,555	896,81	2796,1
20	212,37	1,1766	0,09954	10,05	908,59	2797,2
21	214,85	1,1809	0,09489	10,54	919,96	2798,2
22	217,24	1,1850	0,09065	11,03	930,95	2799,1
23	219,55	1,1892	0,08677	11,52	941,60	2799,8
24	221,78	1,1932	0,08320	12,02	951,93	2800,4
25	223,94	1,1972	0,07991	12,51	961,96	2800,9
26	226,04	1,2011	0,07686	13,01	971,72	2801,4
27	228,07	1,2050	0,07402	13,51	981,22	2801,7
28	230,05	1,2088	0,07139	14,01	990,48	2802,0
29	231,97	1,2126	0,06893	14,51	999,53	2802,2
30	233,84	1,2163	0,06663	15,01	1008,4	2802,3

Sattdampf tabel

Sättigungsdruck p	Sättigungstemperatur t	Spezifisches Volumen		Dichte des Dampfes e''	Spezifische des Wassers h''	Enthalpie des Dampfes h''
		des Wassers v'	des Dampfes v''			
bar	°C	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$	m^3/kg	kg/m^3	kJ/kg	kJ/kg
31	235,67	1,2200	0,06447	15,51	1017,0	2802,3
32	237,45	1,2237	0,06224	16,02	1025,4	2802,3
33	239,18	1,2274	0,06053	16,52	1033,7	2802,3
34	240,88	1,2310	0,05873	17,03	1041,8	2802,1
35	242,54	1,2345	0,05703	17,54	1049,8	2802,0
36	244,16	1,2381	0,05541	18,05	1057,6	2801,7
38	247,31	1,2451	0,05244	19,07	1072,7	2801,1
40	250,33	1,2521	0,04975	20,10	1087,4	2800,3
42	253,24	1,2589	0,04731	21,14	1101,6	2799,4
44	256,05	1,2657	0,04508	22,18	1115,4	2798,3
46	258,75	1,2725	0,04304	23,24	1128,8	2797,0
48	261,37	1,2792	0,04116	24,29	1141,8	2795,7
50	263,91	1,2858	0,03943	25,36	1154,5	2794,2
52	266,37	1,2924	0,03782	26,44	1166,8	2792,6
54	268,76	1,2990	0,03633	27,52	1178,9	2790,8
56	271,09	1,3056	0,03495	28,62	1190,8	2789,0
58	273,35	1,3121	0,03365	29,72	1202,3	2787,0
60	275,55	1,3187	0,03244	30,83	1213,7	2785,0
62	277,70	1,3252	0,03130	31,95	1224,8	2782,9
64	279,79	1,3317	0,03023	33,08	1235,7	2780,6
65	280,82	1,3350	0,02972	33,65	1241,1	2779,5
70	285,79	1,3513	0,02737	36,53	1267,4	2773,5
75	290,50	1,3677	0,02533	39,48	1292,7	2766,9
80	294,97	1,3842	0,02353	42,51	1317,1	2759,9
85	299,23	1,4009	0,02193	45,61	1340,7	2752,5
90	303,31	1,4179	0,02050	48,79	1363,7	2744,6
100	310,96	1,4526	0,01804	55,43	1408,0	2727,7
110	318,05	1,4887	0,01601	62,48	1450,6	2709,3
120	324,65	1,5268	0,01428	70,01	1491,8	2689,2
130	330,83	1,5672	0,01280	78,14	1532,0	2667,0
140	336,64	1,6106	0,01150	86,99	1571,6	2642,4
150	342,13	1,6579	0,01034	96,71	1611,0	2615,0
160	347,33	1,7103	0,009308	107,4	1650,5	2584,9
170	352,26	1,7696	0,008371	119,5	1691,7	2551,6
180	356,96	1,8399	0,007498	133,4	1734,8	2513,9
190	361,43	1,9260	0,006678	149,8	1778,7	2470,6
200	365,70	2,0370	0,005877	170,2	1826,5	2418,4
210	369,78	2,2015	0,005023	199,1	1886,3	2374,6
220	373,69	2,6714	0,003728	268,3	2011,1	2195,6
221,20	374,15	3,17	0,00317	315,5	2107,4	2107,4

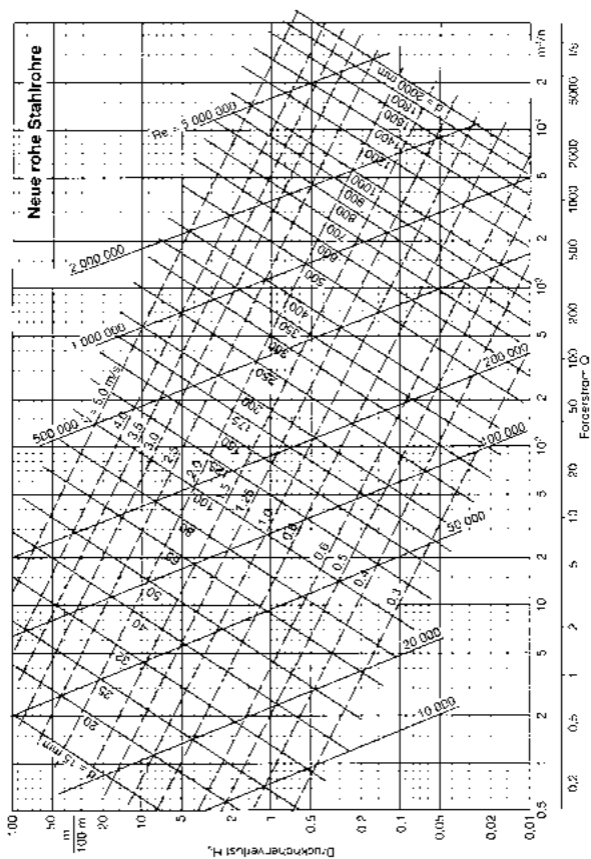
Spezifisches Volumen v und spezifische Enthalpie h von überhitztem Wasserdampf

Druck		Heißdampftemperatur t											
		250 °C		300 °C		350 °C		400 °C		450 °C		500 °C	
		v	h	v	h	v	h	v	h	v	h	v	h
p	bar	m^3/kg	kJ/kg	m^3/kg	kJ/kg	m^3/kg	kJ/kg	m^3/kg	kJ/kg	m^3/kg	kJ/kg	m^3/kg	kJ/kg
1	2,406	2975	3074	2,871	3175	3,103	3278	3,334	3383	3,565	3488		
5	0,4744	2961	3064	0,5701	3168	0,6172	3272	0,6641	3377	0,7108	3484		
10	0,2327	2943	3051	0,2824	3158	0,3065	3264	0,3303	3371	0,3540	3478		
25	0,0870	2881	3009	0,1097	3126	0,1200	3240	0,1300	3350	0,1399	3462		
50	-	-	2925	0,05193	3068	0,05776	3196	0,06324	3317	0,06850	3434		
75	-	-	2814	0,03244	3003	0,03691	3149	0,04093	3280	0,04469	3404		
100	-	-	-	0,02244	2924	0,02640	3098	0,02973	3242	0,03276	3374		
125	-	-	-	0,01614	2826	0,02001	3041	0,02298	3201	0,02559	3343		
150	-	-	-	0,01149	2692	0,01565	2978	0,01845	3157	0,02080	3310		
175	-	-	-	-	-	0,01246	2905	0,01519	3111	0,01736	3277		
200	-	-	-	-	-	0,00995	2819	0,01271	3062	0,01478	3241		
225	-	-	-	-	-	0,00786	2715	0,01076	3009	0,01276	3205		
250	-	-	-	-	-	0,00600	2580	0,00917	2952	0,01114	3167		
275	-	-	-	-	-	0,00419	2383	0,00785	2890	0,00979	3125		

Spezifisches Volumen v und spezifische Enthalpie h von überhitztem Wasserdampf

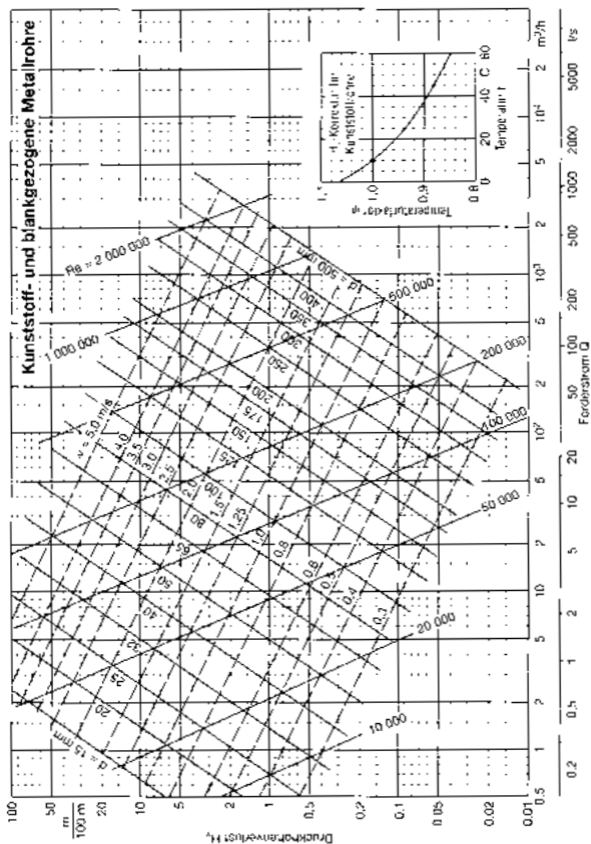
Druck	Heißdampftemperatur t											
	550°C		600°C		650°C		700°C		750°C		800°C	
	v	h	v	h	v	h	v	h	v	h	v	h
bar	m ³ /kg	kJ/kg	m ³ /kg	kJ/kg	m ³ /kg	kJ/kg	m ³ /kg	kJ/kg	m ³ /kg	kJ/kg	m ³ /kg	kJ/kg
1	3,797	3596	4,028	3705	4,259	3816	4,490	3928	4,721	4043	4,952	4159
5	0,7574	3592	0,8039	3702	0,8504	3813	0,8969	3926	0,9432	4040	0,9896	4157
10	0,3775	3587	0,4010	3698	0,4244	3810	0,4477	3923	0,4711	4038	0,4943	4155
25	0,1496	3574	0,1592	3686	0,1688	3799	0,1783	3914	0,1877	4030	0,1972	4147
50	0,7361	3550	0,07862	3666	0,0836	3782	0,0884	3898	0,0933	4016	0,0981	4136
75	0,04828	3526	0,05176	3645	0,05516	3764	0,05852	3883	0,06182	4003	0,06509	4124
100	0,03561	3501	0,03832	3625	0,04096	3747	0,04355	3868	0,04609	3990	0,04858	4112
125	0,02799	3476	0,03026	3604	0,03244	3729	0,03456	3852	0,03664	3976	0,03868	4100
150	0,02291	3450	0,02488	3582	0,02677	3711	0,02859	3836	0,03035	3962	0,03209	4089
175	0,01928	3423	0,02104	3560	0,02271	3692	0,02431	3821	0,02586	3949	0,02738	4077
200	0,01655	3396	0,01816	3538	0,01967	3673	0,02111	3805	0,02250	3935	0,02385	4065
225	0,01442	3368	0,01592	3515	0,01731	3654	0,01862	3789	0,01988	3922	0,02110	4053
250	0,01272	3339	0,01412	3492	0,01542	3635	0,01663	3773	0,01779	3908	0,01891	4041
275	0,01132	3308	0,01265	3467	0,01386	3615	0,01500	3757	0,01608	3894	0,01711	4030

Druckhöhenverluste H_v für neue Stahlrohre ($\kappa = 0,05 \text{ mm}$)



Druckhöhenverluste H_v für hydraulisch glatte Rohre ($\kappa = 0$)

(für Kunststoffrohre bei $t \neq 10^\circ\text{C}$ mit Temperaturfaktor φ zu multiplizieren)







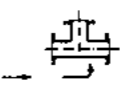


Strömungswiderstände in Rohrleitungen bei Förderung von reinem kaltem Wasser









NW		$v = \text{m/sek}; Q \text{ in m}^3/\text{h}; h \text{ in m}/100 \text{ m Länge, gültig für } k = 0,1$															
		0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
	Q	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,13	1,24	1,41	1,70	1,98	2,26	2,83	3,40
	h	0,45	1,00	1,69	2,55	3,60	4,90	6,20	7,90	9,65	11,5	14,6	20,8	27,8	36,0	54,0	78,0
25	Q	0,35	0,52	0,70	0,87	1,04	1,22	1,39	1,57	1,74	1,91	2,18	2,61	3,04	3,48	4,35	5,22
	h	0,35	0,76	1,33	2,00	2,79	3,78	4,95	6,10	7,40	8,90	11,35	16,0	21,5	27,8	41,5	60,0
32	Q	0,61	0,91	1,22	1,52	1,83	2,13	2,43	2,74	3,04	3,35	3,80	4,56	5,32	6,09	7,61	9,13
	h	0,25	0,55	0,96	1,55	2,00	2,73	3,50	4,45	5,35	6,40	8,10	11,6	15,8	20,0	30,0	43,5
40	Q	0,87	1,31	1,75	2,18	2,62	3,06	3,50	3,93	4,36	4,80	5,46	6,55	7,65	8,74	10,9	13,1
	h	0,19	0,40	0,70	1,07	1,49	2,00	2,60	3,12	3,96	4,75	6,05	8,55	11,5	14,8	22,4	31,7
50	Q	1,48	2,22	2,96	3,71	4,45	5,19	5,93	6,67	7,41	8,15	9,27	11,1	13,0	14,8	18,5	22,2
	h	0,14	0,31	0,54	0,80	1,15	1,55	2,00	2,45	3,00	3,62	4,60	6,55	8,70	11,3	17,1	24,3
65	Q	2,79	4,19	5,59	6,98	8,38	9,78	11,2	12,6	14,0	15,4	17,5	21,0	24,4	27,9	34,9	41,9
	h	0,10	0,22	0,39	0,59	0,81	1,09	1,41	1,80	2,19	2,60	3,30	4,70	6,25	8,00	12,1	17,5
80	Q	3,85	5,77	7,70	9,63	11,5	13,5	15,4	17,3	19,2	21,2	24,1	28,9	33,7	38,5	48,1	57,8
	h	0,08	0,17	0,30	0,45	0,62	0,84	1,09	1,38	1,66	2,00	2,53	3,60	4,80	6,25	9,40	13,3
100	Q	5,74	8,61	11,5	14,4	17,2	20,1	23,0	25,8	28,7	31,6	35,9	43,1	50,2	57,4	71,8	86,1
	h	0,06	0,13	0,23	0,35	0,48	0,65	0,83	1,05	1,28	1,53	1,95	2,78	3,65	4,78	7,10	10,4
125	Q	8,83	13,3	17,7	22,1	26,5	30,9	35,3	39,8	44,2	48,6	55,2	66,3	77,3	88,3	110	133
	h	0,046	0,10	0,17	0,26	0,36	0,49	0,63	0,80	0,97	1,17	1,48	2,08	2,79	3,55	5,40	7,70
150	Q	12,7	19,1	25,4	31,8	38,2	44,5	50,9	57,3	63,6	70,0	79,5	95,4	111	127	159	191
	h	0,036	0,078	0,14	0,20	0,28	0,38	0,50	0,62	0,75	0,90	1,16	1,62	2,18	2,80	4,25	6,05
200	Q	24,3	36,4	48,6	60,7	72,9	85,0	97,2	109	121	134	152	182	213	243	304	364
	h	0,025	0,055	0,094	0,14	0,20	0,27	0,35	0,43	0,52	0,62	0,80	1,14	1,52	1,98	3,00	4,25
250	Q	36,6	54,9	73,2	91,5	110	128	146	165	183	201	229	274	320	366	457	549
	h	0,019	0,041	0,070	0,11	0,15	0,20	0,25	0,32	0,40	0,48	0,61	0,87	1,15	1,48	2,22	3,15

Strömungswiderstände in Rohrleitungen bei Förderung von reinem kaltem Wasser

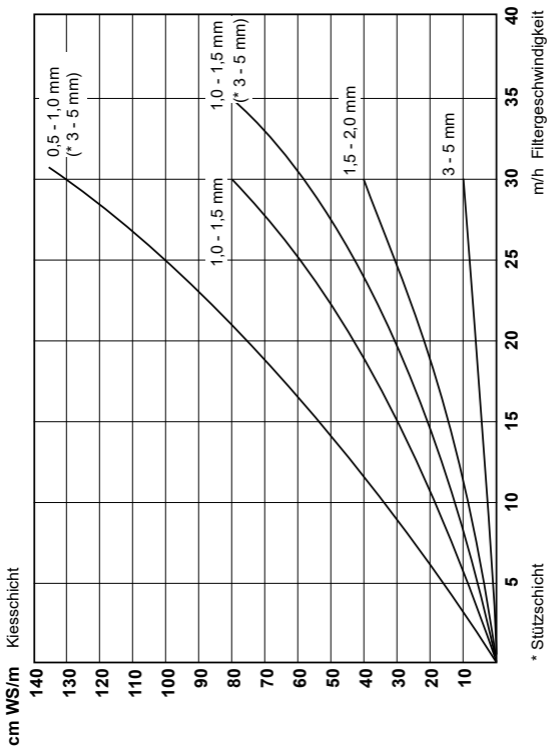
NW	$v = \text{m/sek}; Q \text{ in m}^3/\text{h}; h \text{ in m}/100 \text{ m Länge, gültig für } k = 0,1$																
		0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
300	Q	54,2	81,3	108	136	163	190	217	244	271	298	339	407	474	542	678	813
	h	0,018	0,033	0,057	0,085	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,39	0,49	0,54	0,90	1,20	1,80	2,50
350	Q	65,2	97,8	130	163	196	228	261	293	326	359	407	489	570	652	815	978
	h	0,013	0,027	0,047	0,070	0,10	0,14	0,18	0,22	0,27	0,31	0,41	0,59	0,77	1,00	1,49	2,15
400	Q	90,0	135	180	225	270	315	360	405	450	495	562	675	787	900	1125	1350
	h	0,011	0,023	0,040	0,060	0,083	0,115	0,15	0,19	0,23	0,27	0,35	0,50	0,65	0,85	1,26	1,80
450	Q	108	162	216	270	324	378	432	486	540	594	675	810	945	1080	1350	1621
	h	0,010	0,020	0,035	0,053	0,074	0,10	0,13	0,16	0,20	0,24	0,30	0,42	0,56	0,73	1,07	1,55
500	Q	134	200	267	334	401	467	534	601	668	735	835	1002	1169	1336	1670	2003
	h	0,008	0,018	0,030	0,045	0,065	0,087	0,12	0,145	0,17	0,21	0,26	0,37	0,49	0,64	0,94	1,40
600	Q	206	309	412	514	617	720	823	926	1030	1132	1286	1543	1801	2058	2572	3087
	h	0,007	0,016	0,024	0,036	0,050	0,070	0,090	0,115	0,14	0,17	0,21	0,30	0,39	0,50	0,75	1,08
700	Q	280	419	559	699	839	978	1118	1258	1398	1537	1747	2096	2446	2795	3494	4193
	h	0,006	0,012	0,020	0,031	0,043	0,057	0,076	0,096	0,115	0,14	0,18	0,25	0,32	0,43	0,63	0,9
800	Q	365	547	730	912	1095	1277	1460	1642	1825	2007	2281	2737	3194	3650	4562	5475
	h	0,005	0,010	0,017	0,026	0,037	0,050	0,065	0,080	0,10	0,12	0,15	0,21	0,27	0,36	0,54	0,77
900	Q	461	692	923	1153	1384	1614	1845	2076	2306	2537	2883	3460	4036	4613	5766	6919
	h	0,004	0,009	0,015	0,023	0,032	0,042	0,056	0,070	0,084	0,10	0,13	0,18	0,24	0,31	0,54	0,67
1000	Q	569	853	1137	1421	1706	1990	2274	2559	2843	3127	3554	4264	4975	5686	7107	8529
	h	0,0035	0,008	0,008	0,020	0,028	0,037	0,050	0,063	0,075	0,090	0,115	0,16	0,21	0,27	0,46	0,58
1100	Q	688	1033	1377	1721	2065	2409	2754	3098	3442	3786	4302	5163	6023	6884	8605	10326
	h	0,003	0,007	0,012	0,018	0,025	0,033	0,044	0,055	0,066	0,079	0,10	0,14	0,18	0,24	0,36	0,50
1200	Q	820	1230	1640	2050	2460	2870	3280	3689	4099	4509	5124	6149	7174	8199	10248	12298
	h	0,0028	0,006	0,010	0,016	0,022	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,090	0,13	0,17	0,22	0,33	0,39

Widerstand von Formstücken und Armaturen

Nenn-durch-messer									
mm	Zoll	äquivalente gerade Rohrlänge in m							
20	½	0,15	0,20	0,07	0,20	0,15	0,35	0,50	0,35
25	1	0,20	0,25	0,10	0,25	0,20	0,50	0,70	0,50
32	1¼	0,25	0,35	0,15	0,25	0,25	0,70	0,96	0,75
40	1½	0,30	0,45	0,20	0,45	0,30	0,85	1,2	0,80
50	2	0,45	0,60	0,25	0,60	0,45	1,2	1,6	1,2
65	2½	0,55	0,75	0,30	0,75	0,55	1,4	2,0	1,5
80	3	0,70	0,95	0,40	0,95	0,70	1,9	2,6	1,9
100	4	0,95	1,3	0,55	1,3	0,95	2,6	3,7	2,7
125	5	1,3	1,8	0,7	1,7	1,3	3,5	4,9	3,6
150	6	1,6	2,2	0,9	2,2	1,6	4,3	6,1	4,4
200	8	2,2	3,1	1,2	3,0	2,2	6,0	8,3	6,8
250	10	2,8	3,8	1,5	3,8	2,8	7,6	10,6	7,7
300	12	3,6	5,0	2,0	5,0	3,6	9,8	13,6	10,1
350	14	3,9	5,5	2,2	5,4	3,9	10,6	14,8	11,1
400	16	4,7	6,6	2,7	6,5	4,7	12,8	17,8	13,3
450	18	5,5	7,6	3,0	7,4	5,5	15,0	21,0	15,0
500	20	6,1	8,4	3,4	8,3	6,1	19,6	23,0	17,0

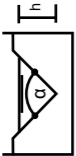
Nenn-durch-messer									
mm	Zoll	äquivalente gerade Rohrlänge in m							
20	½	0,08	0,08	6,3	1,9	1,0	7,2	48	11
25	1	0,10	0,10	8,7	2,6	1,4	9,9	67	15
32	1¼	0,15	0,15	12	3,6	2,0	14	94	21
40	1½	0,20	0,20	15	4,4	2,5	17	197	25
50	2	0,30	0,30	20	6,0	3,4	23	115	35
65	2½	0,35	0,35	25	7,5	4,2	29	157	43
80	3	0,45	0,45	33	9,8	5,5	38	195	56
100	4	0,60	0,60	46	14	7,7	53	262	79
125	5	0,80	0,80	56	18	10	69	339	104
150	6	1,0	1,0	69	22	12	86	435	129
200	8	1,4	1,4	96	31	17	121	538	181
250	10	1,8	1,8	123	39	22	150	740	225
300	12	2,2	2,2	152	51	28	197		296
350	14	2,6	2,6	181	56	31	251		323
400	16	3,1	3,1	211	67	37	257		386
450	18	3,5	3,5	242	77	44	290		450
500	20	3,9	3,9	274	87	50	330		510

Filterwiderstand von Kiesfiltern in Abhängigkeit der Korngröße und Filtergeschwindigkeit



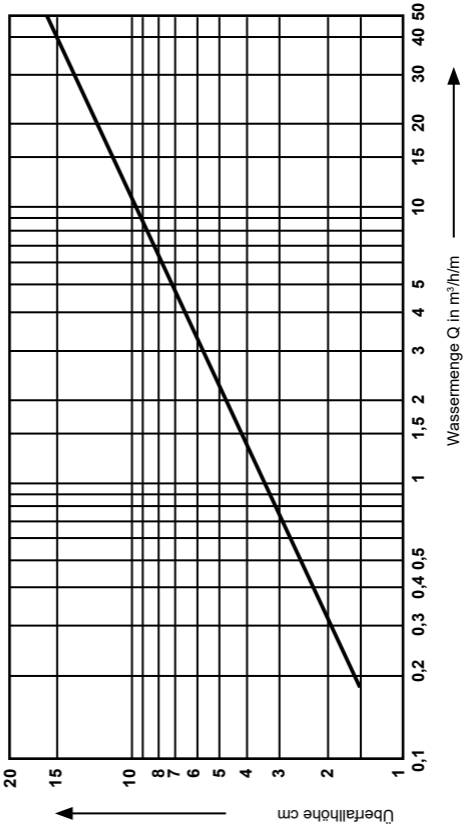
Abflussmengen über ein rechtwinkliges, dreieckförmiges Messwehr

(für kleine Wassermengen)



$$Q = 8/15 \mu \cdot \text{tg } \alpha/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{5/2}$$

wobei $\mu = 0,565 + 0,0087 \cdot h^{-1/2}$
 h ist in m einzusetzen



Abflussmengen über ein scharfkantiges Wehr ohne Seitenkontraktion

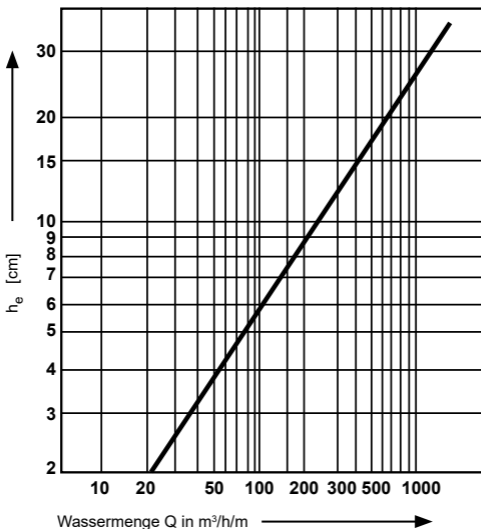
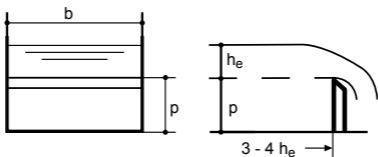
Bei einer Überfalllänge von $b = 1$ m und einem Wasserpolster $p = \text{min. } 0,3 - 0,5$ m.
Für andere Überfalllängen verhält sich die Abflussmenge direkt proportional.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h_e^{3/2}$$

wobei $h_e = h + 0,0011$ m = Ersatzüberfallhöhe

$$\mu = 0,6035 + 0,0813 \frac{h_e}{p}$$

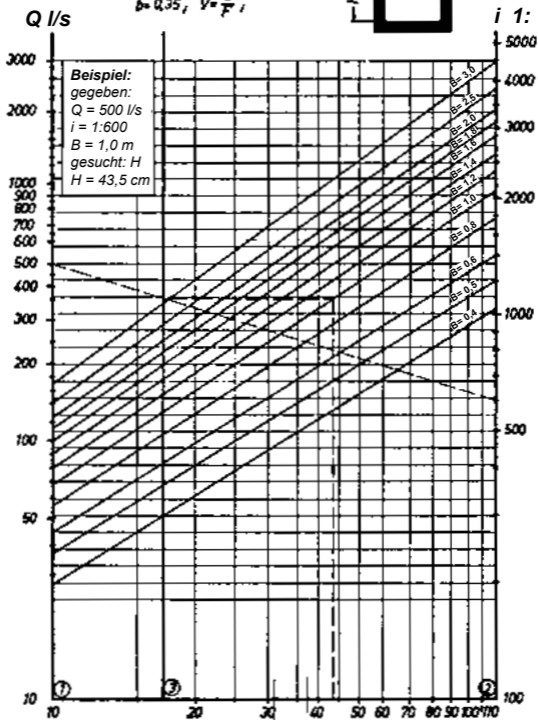
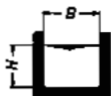
anwendbar in den Grenzen: $p \geq 0,30$; $h/p \leq 1$; $0,025 \leq 0,80$



Fülltiefe in rechteckigen Kanälen

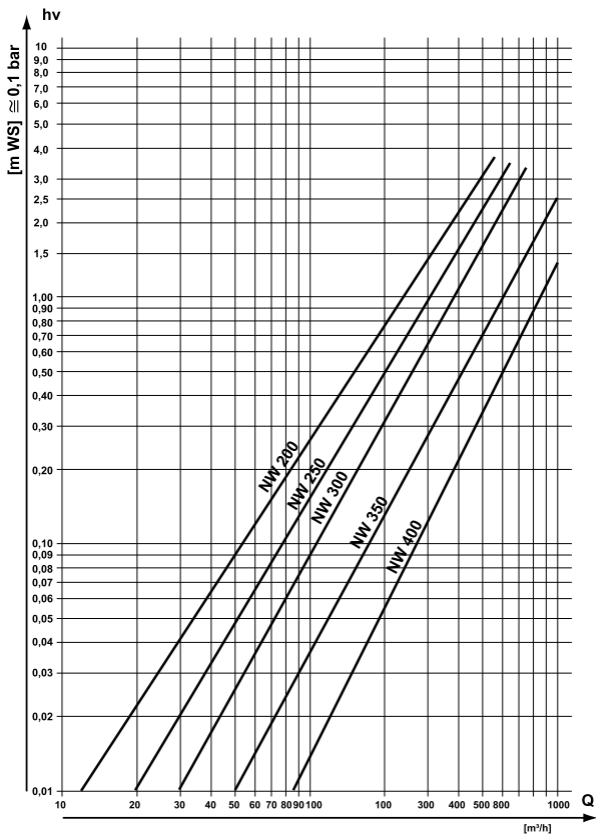
$$Q = F \cdot \frac{100 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \sqrt{R} \cdot \sqrt{i},$$

$$b = 0,35, v = \frac{Q}{F},$$

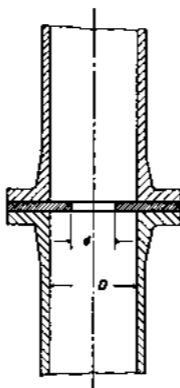
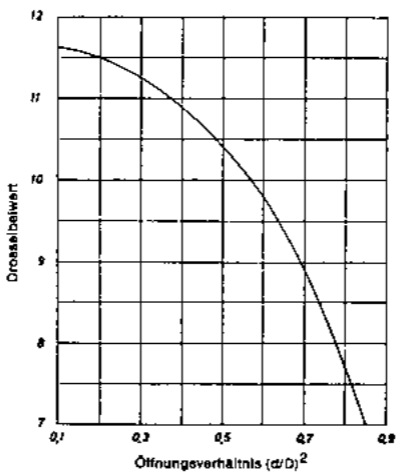


① - ② = ③ waagrecht zur gewählten Breite B, H abgelesen
 H = Fülltiefe in cm

Druckverlust der Filterauslaufregler



Lochblende und deren Drosselbeiwerte



Berechnung von Lochblenden

Für die korrekte Einregulierung der für die Filterwäsche erforderlichen Wassermenge muss oft in die Waschwasserleitung eine Lochblende zur Drosselung eingebaut werden.

Der zu wählende Lochdurchmesser [mm] hängt ab von der benötigten Wassermenge

Q [m³/h], der Druckdifferenz h [m WS] vor und nach der Lochblende und von einem vom Öffnungsverhältnis $\left(\frac{d}{D}\right)^2$ der Blende bedingten Drosselbeiwert f , der dem nebenstehenden Diagramm (Abb.) entnommen werden kann.

$$d = f \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{h}}} [\text{mm}]$$

Da bei der Bestimmung von d das Öffnungsverhältnis zunächst noch unbekannt ist, wird der Drosselbeiwert f vorerst geschätzt und dann durch Wiederholung der Rechnung korrigiert.

Beispiel:

Wie groß muss die Bohrung einer Lochblende sein für $D = 100$ mm?

$Q = 49$ m³/h, $h = 16$ m WS

Es wird geschätzt $f \sim 10$, damit würde:

$$d = 10 \cdot \sqrt{\frac{49}{\sqrt{16}}} = 35 \text{ mm}, \text{ also } \left(\frac{d}{D}\right)^2 = \left(\frac{35}{100}\right)^2 = 0,122, \text{ dafür } f = 11,6$$

hiermit wird korrigiert:

$$d = 11,6 \cdot \sqrt{\frac{49}{\sqrt{16}}} = 40,6 \text{ mm}, \text{ also } \left(\frac{d}{D}\right)^2 = \left(\frac{40,6}{100}\right)^2 = 0,165,$$

dafür $f = 11,55$

hiermit nochmals korrigiert:

$$d = 11,55 \cdot \sqrt{\frac{49}{\sqrt{16}}} = 40,5 \text{ mm}$$

1 m WS \cong 0,1 bar

Richtwerte für den Normalbetrieb von Speisewasser und Kesselwasser in Anlehnung an VGB-Richtlinie 450 (2004)

Tabelle 1: Speisewasser

Kesseltyp	Kesseldurchlauftrommel	
	Speisewasseraufbereitung für Fahrweise	alkalisch
pH-Wert		neutral
Säureleitfähigkeit	µS/cm	8,4-9,0
Leitfähigkeit (gilt nur für Ammoniak-Dosierung)	µS/cm	< 0, 10
Sauerstoff (O ₂)	µg/kg	4,3-8,5
Siliziumoxid (SiO ₂)	µg/kg	5-20
Eisen (Fe), gesamt	µg/kg	< 5
Natrium (Na)	µg/kg	< 5
		< 2

Kesseltyp	Trommelkessel	
	Speisewasseraufbereitung für Fahrweise	alkalisch
pH-Wert		neutral
Säureleitfähigkeit	µS/cm	8,8-9,2
Leitfähigkeit (gilt nur für Ammoniak-Dosierung)	µS/cm	< 0, 10
Sauerstoff (O ₂)	µg/kg	4,3-8,6
Siliziumoxid (SiO ₂)	µg/kg	5-20
Eisen (Fe), gesamt	µg/kg	< 5
		< 10
		> 30
		< 5
		< 10

Forts. Richtwerte für den Normalbetrieb von Speisewasser und Kesselwasser in Anlehnung an VGB-Richtlinie 450 (2004)

Tabelle 2: Kesselwasser

Kesseltyp	Trommelkessel		
Kesselwasseraufbereitung für Fahrweise	alkalisch		
Dampfdruck (MPa)	< 8	8-16	> 16
pH-Wert	pH-Wert wird gesteuert vom pH-Wert des Speisewassers		
Säureleitfähigkeit	$\mu\text{S/cm}$	< 5	< 3
Siliziumoxid	mg/kg	< 1,25	< 0,75
			< 0,25

Technische Regeln für Dampfkessel (TRD)

Speisewasser und Kesselwasser von Dampferzeugern der Gruppe IV (TRD 611 Speisewasser)

Vom 15. Oktober 1996 (BArbBl. 12/1996 S. 84)
zuletzt geändert am 25. Juni 2001 (BArbBl. 8/2001 S. 108)

Tafel 1: Anforderungen an salzfreies¹ Speisewasser für Durchlaufkessel

	Einheit	Richtwert	Grenzwert für kurzzeitig zulässige Abweichungen	Überwachung	Bemerkungen
Konditionierung mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln					Bei den Leitfähigkeitsgrenzwerten für kurzzeitig zulässige Abweichungen wird vorausgesetzt, dass die Leitfähigkeitserhöhung durch Kohlensäure verursacht wird. Nach kurzer Betriebszeit muss dann fallende Tendenz der Leitfähigkeitswerte eintreten.
Leitfähigkeit bei 25°C hinter stark saurem Kationenaustauscher	µS/cm	< 0,2	< 5	kontinuierlich, registrierend	
pH-Wert bei 25°C	-	> 9	> 6,5	registrierend, ggf. über Hilfsgrößen	
Sauerstoff (O ₂)	mg/l	< 0,10	< 0,30	diskontinuierlich	
Konditionierung mit Oxidationsmitteln					
Leitfähigkeit bei 25°C ohne stark saurem Kationenaustauscher	µS/cm	< 0,25	< 1	kontinuierlich, registrierend	
Leitfähigkeit bei 25°C hinter stark saurem Kationenaustauscher	µS/cm	< 0,2	< 1	kontinuierlich, registrierend	
pH-Wert bei 25°C	-	7 bis 8	> 6,5	durch Messung beider Leitfähigkeiten erfüllt	
Sauerstoff (O ₂)	mg/l	0,05 bis 0,25	> 0,05 < 0,50	kontinuierlich, registrierend	
Konditionierung mit Ammoniak und Sauerstoff					
Leitfähigkeit bei 25°C hinter stark saurem Kationenaustauscher	µS/cm	< 0,2	< 1	kontinuierlich, registrierend	
pH-Wert bei 25°C	-	8,0 bis 9	> 6,5	über direkt gemessene Leitfähigkeit	
Sauerstoff (O ₂)	mg/l	0,03 bis 0,15	> 0,03 bis < 0,5	kontinuierlich, registrierend	

¹ Begriffsbestimmungen für salzfreies, salzarmes und salzhaltiges Speisewasser siehe Abschnitte 2.4, 2.5 und 2.6.

Tafel 2: Anforderungen an salzfreies² Speisewasser für Umlaufkessel und Großwasserraumkessel

	Einheit	Richtwert	Grenzwert für kurzzeitig zulässige Abweichungen	Überwachung	Bemerkungen
Leitfähigkeit bei 25°C hinter stark saurem Kationenaustauscher	µS/cm	< 0,2	< 5	kontinuierlich, registrierend (nicht erforderlich bei Großwasserraumkesseln)	siehe Bemerkungen in Tafel 1
pH-Wert bei 25°C	-	> 9	> 6,5	registrierend, ggf. über Hilfsgrößen	Bis zur Abzweigung für das Einspritzwasser für Dampfkühler nur flüchtige Alkalisierungsmittel
Sauerstoff (O ₂)	mg/l	< 0,10	< 0,30	diskontinuierlich	

Tafel 3: Anforderungen an das Kesselwasser von Umlaufkesseln und Großwasserraumkesseln bei salzfreiem¹ Speisewasser

	Einheit	Richtwert	Überwachung	Bemerkungen
≤ 68 bar: Leitfähigkeit bei 25°C ohne stark sauren Probenahme-Kationenaustauscher	µS/cm	< 50	kontinuierlich	Bei kombinierter Anwendung fester und flüchtiger Alkalisierungsmittel *)
Leitfähigkeit bei 25°C hinter stark saurem Probenahme-Kationenaustauscher	µS/cm	< 150	diskontinuierlich	
pH-Wert bei 25°C		9,5 bis 10,5	diskontinuierlich, ggf. über Hilfsgrößen	
≤ 68 bar: Leitfähigkeit bei 25 °C hinter stark saurem Probenahme-Kationenaustauscher	µS/cm	< 50	kontinuierlich	
pH-Wert bei 25 °C > 68 bis 136 bar > 136 bar		9,8 bis 10,2 9,3 bis 9,7	kontinuierlich, ggf. über Hilfsgrößen	

*) Alternativ ist die Anwendung ausschließlich flüchtiger Alkalisierungsmittel möglich, wenn die Speisewasserrichtwerte nach Tafel 2 sowie eine Kesselwasserleitfähigkeit < 3 µS/cm hinter Kationenaustauscher eingehalten werden.

**) Bei Großwasserraumkesseln wird von Natrium- oder Kaliumhydroxid als festem Alkalisierungsmittel abgeraten und stattdessen Trinatriumphosphat empfohlen.

Tafel 4: Anforderungen an salzarmes und salzhaltiges¹ Speisewasser für Umlaufkessel und Großwasserraumkessel

	Zulässiger Betriebsüberdruck in bar	Einheit	Richtwert	Grenzwert für kurzzeitig zulässige Abweichungen	Überwachung	Bemerkungen
pH-Wert bei 25°C		-	> 9	> 8	diskontinuierlich, ggf. über Hilfsgrößen	Durch thermische Entgasung, ggf. durch Sauerstoffbindemittel sicherzustellen.
Summe Erdalkalien (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	< 68 ≥ 68 ≤ 87	mmol/l	< 0,010	< 0,050 < 0,010	diskontinuierlich	
Sauerstoff (O ₂)		mg/l	< 0,02	anfahrbedingte Überschreitungen zulässig	diskontinuierlich, ggf. über Hilfsparameter	

¹ Begriffsbestimmungen für salzfreies, salzarmes und salzhaltiges Speisewasser siehe Abschnitte 2.4, 2.5 und 2.6.

Tafel 5a: Anforderungen an das Kesselwasser für Großwasserraumkessel bei salzarmem und bei salzhaltigem³ Speisewasser

Zulässiger Betriebsüberdruck in bar	Richtwert			Überwachung	Bemerkungen
	pH-Wert bei 25°C Leitfähigkeit bei 25°C in µS/cm	salzarmes Speisewasser	salzhaltiges Speisewasser		
≤ 22	< 8000	10,5 bis 11,5	10,5 bis 12,0	diskontinuierlich, ggf. über Hilfsgrößen	
> 22	< 4000	10,5 bis 11,0 ¹⁾	10,0 bis 11,8		

^{*)} Bei salzarmem Speisewasser ist eine Phosphatkonzentration von 7,5 bis 15 mg/l PO₄ in der Regel durch Trinatriumphosphat, einzustellen. Wenn der Mindest-pH-Wert dadurch erreicht wird, soll zusätzlich Natronlauge dosiert werden.

Tafel 5b: Anforderungen an das Kesselwasser für Umlaufkessel bei salzarmem und bei salzhaltigem¹ Speisewasser

Zulässiger Betriebsüberdruck in bar		Richtwert		Überwachung
		Leitfähigkeit bei 25°C in µS/cm	pH-Wert bei 25°C	
> 22	≤ 22	< 8000	10,5 bis 12,0	diskontinuierlich, ggf. über Hilfsgrößen
	≤ 44	< 4000	10,0 bis 11,8	
> 44	≤ 68	< 2000	10,0 bis 11,0	
> 68	≤ 87 ¹⁾	< 300	9,5 bis 10,5	

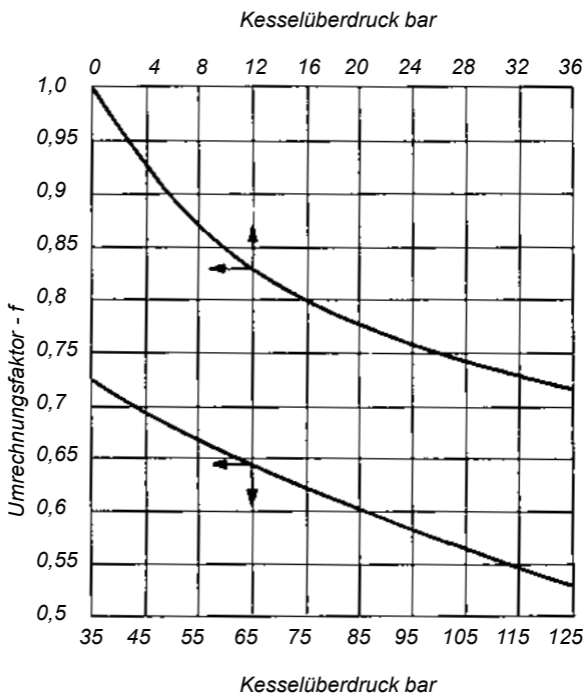
^{*)} Nur salzarmes Speisewasser zugelassen.

¹ Begriffsbestimmungen für salzfreies, salzarmes und salzhaltiges Speisewasser siehe Abschnitte 2.4, 2.5 und 2.6.

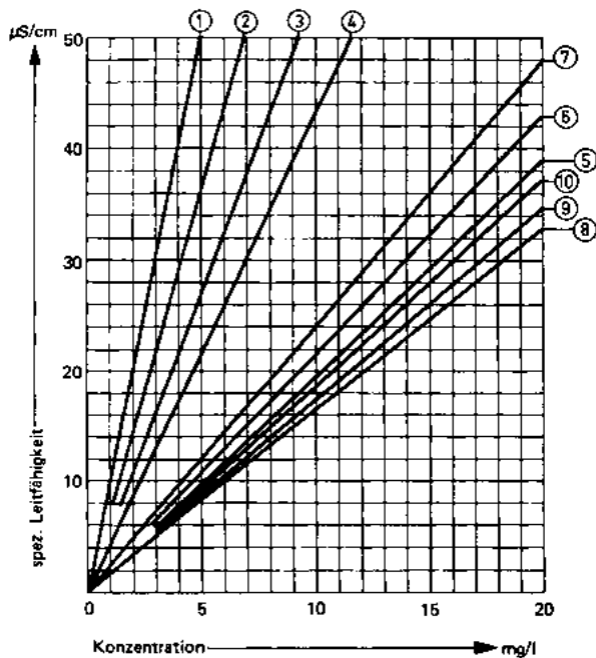
Wasserbedarf-/ Wasseranfall in Kraftwerken

	Kesselspeisewasser	Kondensataufbereitung	Kühlturmszusatzwasser	Rauchgas- reinigungsabwasser
Konventionelles Kohlekraftwerk	2 - 3 % der Kondensatmenge	$\text{m}^3/\text{h} = (\text{MW} \times 2)$	ca. 2,0 - 2,5 l/kWh	5-15 m ³
Gaskraftwerke (GuD)	2 - 3 % der Kondensatmenge für den Dampfteil	$\text{m}^3/\text{h} = (\text{MW} \times 2)$ für den Dampfteil	ca. 2,0 - 2,5 l/kWh	/
Kernkraftwerke (1345 MW) (Leichtwasserreaktoren)	0,5 - 1 % der Kondensatmenge ca. 30 m ³ /h	ca. 1300 l/s (Dampfleistung 2200 kg/s)	ca. 2,5 - 3,5 l/kWh	/

Umrechnungsfaktor für Kesselwasseranalysen bei Probeentnahme ohne Kühler



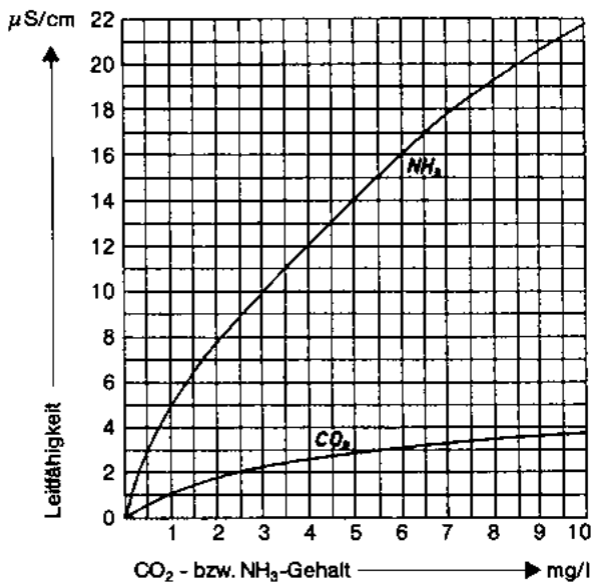
Spezifische Leitfähigkeit von Lösungen



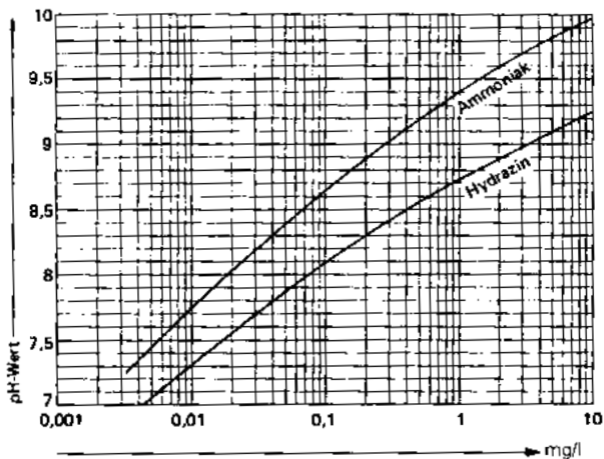
- ① HCl
- ② H_2SO_4
- ③ NaOH
- ④ KOH
- ⑤ NaCl

- ⑥ CaCl_2
- ⑦ MgCl_2
- ⑧ Na_2SO_4
- ⑨ CaSO_4
- ⑩ MgSO_4

Beitrag gelöster Gase zur Leitfähigkeit



pH-Wert-Erhöhung von reinem Wasser durch flüchtige Alkalisierungsmittel bei 25°C



Kesselwasser-Absalzung

Da sich die im Speisewasser enthaltenen Salze durch den Verdampfungsvorgang im Kesselwasser anreichern, muss eine kontinuierliche oder periodische Abführung einer bestimmten Wassermenge erfolgen, um den Salzgehalt des Kesselwassers in den in der Tabelle „VGB Richtwerte für Kesselwasser“ angegebenen Grenzen für Gesamtsalzgehalt (Leitfähigkeit), p-Wert und Kieselsäure zu halten.

Bestimmend für die Absalzungsmenge ist der zuerst erreichte Grenzwert.

Berechnung der Absalzungsmenge in % des verdampften Speisewassers:

1. ohne Kondensatrückgewinnung:

$$A = \frac{S_{Sp}}{S_H - S_{Sp}} \cdot 100$$

2. mit Kondensatrückgewinnung:

$$A = (1-c) \frac{S_z}{S_H - S_z} \cdot 100$$

Es bedeuten:

- A = Absalzungsmenge in % des verdampften Speisewassers
- S_{Sp} = Salzgehalt in mg/l des Speisewassers
- S_H = höchstzulässiger Salzgehalt in mg/l im Kesselwasser
- S_z = Salzgehalt in mg/l des aufbereiteten Zusatzwassers
- c = $\frac{\text{rückgewonnene Kondensatmenge t/h}}{\text{erzeugte Dampfmenge t/h}}$

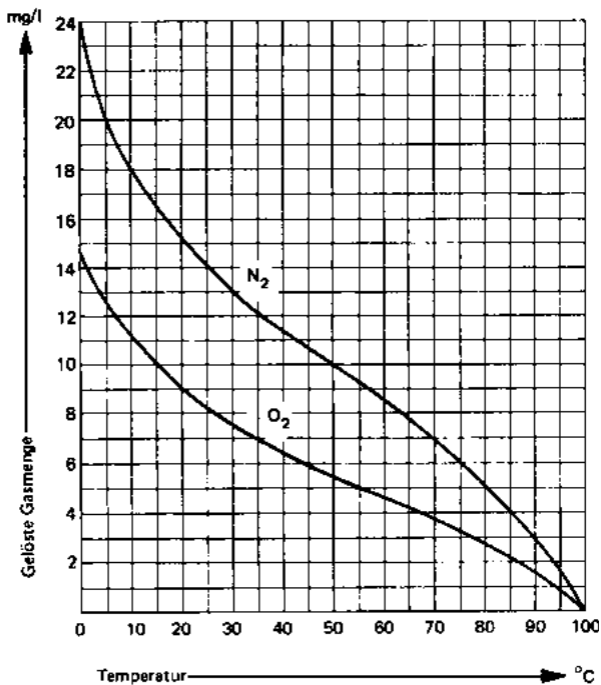
Aufzuwendende Levoxinmenge

bei Kessel-Anlagen ohne thermische Entgaser
(Bayer/Lanxess)

Kesselspeisewasser			Aufwandmenge
Temperatur in °C	Gehalt an Sauerstoff Sättigungs- werte mg/l	Im Kesselwasser einzuhalten N ₂ H ₄ -Spiegel mg/l	pro m ³ Speisewasser aufzuwendende Menge an Levoxin g/m ³ 15
10	11,25	25	175
20	9,09	20	140
30	7,49	18	126
40	6,41	15	105
50	5,50	13	91
60	4,69	11	77
70	3,81	8	56
80	2,81	6	42
90	1,59	3	21
95	0,86	2	14
99	0,18	0,5	3,5

Bei Anlagen mit guter thermischer Entgasung ist ein N₂H₄-Überschuss von 0,1 bis 0,2 mg/l ausreichend, entsprechend einer theoretischen Zugabe von 0,7 bis 1,4 g Levoxin 15/m³.

Löslichkeit von O_2 und N_2 der Luft
bei 1 bar in reinem Wasser



Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser

(O₂-Gehalt der Luft 20,96 Vol.-%, Luftdruck 1,013 bar)

°C	mg O ₂ /l	°C	mg O ₂ /l
0	14,55	19	9,26
1	14,16	20	9,09
2	13,78	22	8,73
3	13,42	25	8,26
4	13,06	30	7,49
5	12,73	35	6,91
6	12,41	40	6,41
7	12,11	45	5,94
8	11,81	50	5,50
9	11,52	60	4,69
10	11,25	70	3,81
11	10,99	80	2,81
12	10,75	90	1,59
13	10,50	95	0,86
14	10,28	96	0,69
15	10,06	97	0,52
16	9,85	98	0,36
17	9,65	99	0,18
18	9,45	100	0,0

Löslichkeit von Luftsauerstoff in Wasser unter Druck

Temperatur °C	1 Liter Wasser löst mg Sauerstoff (O ₂) bei Überdruck				
	1,4 bar	2,8 bar	4,2 bar	5,6 bar	7,0 bar
0	34,7	54,7	74,7	94,7	114,7
5	30,2	47,7	65,1	82,5	99,9
10	26,7	42,2	57,5	73,0	88,1
15	23,9	37,8	51,6	64,5	79,0
20	21,7	34,2	46,8	59,2	71,7
25	19,7	31,1	42,4	53,8	65,1
30	17,9	28,3	38,6	48,9	59,2
35	16,3	25,7	35,1	44,4	53,8
40	14,6	23,1	31,4	39,8	48,2
45	13,0	20,5	27,9	35,5	42,8
50	11,4	17,9	24,5	31,1	37,6
55	9,9	15,6	21,3	26,9	32,6
60	8,4	13,3	18,1	22,9	27,7
65	7,1	11,2	15,3	19,3	23,4
70	5,9	9,3	12,7	16,1	19,5
75	4,8	7,6	10,4	13,2	16,0
80	3,9	6,2	8,4	10,7	12,9
85	3,1	4,8	6,6	8,4	10,1
90	2,2	3,5	4,8	6,1	7,4

Konzentration und Dichte von Kochsalzlösungen bei 20°C

Gew.-%	Dichte		1 Liter enthält g NaCl
	g/cm ³	° Bé	
1	1,005	0,9	10,1
2	1,013	2,0	20,3
3	1,019	3,0	31,0
4	1,027	3,9	41,1
5	1,034	4,8	51,5
6	1,041	5,8	62,5
7	1,048	6,9	73,5
8	1,056	7,7	84,0
9	1,064	8,6	95,5
10	1,071	9,6	107,1
12	1,086	11,5	130,3
14	1,101	13,4	154,1
16	1,116	15,2	178,6
18	1,132	16,9	203,8
20	1,148	18,6	229,6
22	1,164	20,5	256,1
24	1,180	22,1	283,3
26	1,197	23,8	311,3

Konzentration und Dichte von Salzsäure bei 20°C

Gew.-%	Dichte		1 Liter enthält g HCl
	g/cm ³	° Bé	
1	1,003	0,6	10,0
2	1,008	1,3	20,5
3	1,013	2,0	31,0
4	1,018	2,7	41,0
5	1,023	3,3	51,5
6	1,028	4,0	62,0
7	1,033	4,7	72,5
8	1,038	5,4	83,5
9	1,043	6,1	94,5
10	1,048	6,7	104,5
15	1,073	9,9	162,0
20	1,098	13,0	219,5
25	1,123	16,0	280,5
30	1,149	18,7	344,5
32	1,159	19,8	370,5
36	1,179	22,0	424,5

Konzentration und Dichte von Schwefelsäure bei 20°C

Gew.-%	Dichte		1 Liter enthält g H ₂ SO ₄
	g/cm ³	° Bé	
0,5	1,003	0,6	5,0
1	1,005	0,9	10,5
2	1,012	1,9	20,8
3	1,019	2,8	31,0
4	1,025	3,6	42,0
5	1,032	4,6	52,0
10	1,066	9,0	107,0
20	1,140	17,7	229,0
30	1,219	26,0	366,0
40	1,302	33,5	521,0
50	1,395	40,9	697,0
60	1,499	48,0	901,0
70	1,610	54,7	1127,0
80	1,727	60,8	1380,0
90	1,815	64,9	1632,0
92	1,824	65,3	1678,0
94	1,831	65,6	1720,0

Konzentration und Dichte von Natronlauge bei 20°C

Gew.-%	Dichte		1 Liter enthält g NaOH
	g/cm ³	° Bé	
1	1,010	1,6	10,0
2	1,021	3,0	20,5
3	1,032	4,5	31,5
4	1,042	5,9	41,5
5	1,053	7,3	52,5
10	1,109	14,2	111,0
15	1,164	20,3	175,0
20	1,220	26,0	244,0
25	1,274	31,0	319,0
30	1,327	35,8	398,5
35	1,380	39,7	473,0
40	1,430	43,5	572,0
45	1,478	46,6	665,0
50	1,525	49,8	762,5

Kalkwasserkonzentration

10 ml Kalkwasser brauchen ml 0,1 n HCl	Gehalt an CaO in g/l
5,1	1,43
4,9	1,38
4,65	1,30
4,3	1,20
3,9	1,09
3,5	0,98
3,2	0,89
2,8	0,79
2,5	0,71
2,2	0,61
2,1	0,58

Kalkwassersättigung in Abhängigkeit von der Temperatur

Temp. °C	5	10	15	20	25	30	35	40
CaO g/l	1,38	1,35	1,32	1,29	1,25	1,20	1,16	1,08

CaO-Gehalt und Dichte für Kalkmilch

Dichte Bé	CaO g/l	CaO Gew.-%
1	7,5	0,75
2	16,5	1,64
3	26	2,54
4	36	3,54
5	46	4,43
6	56	5,36
7	65	6,18
8	75	7,08
9	84	7,87
10	94	8,74
11	104	9,60
12	115	10,54

Gewicht geschütteter Stoffe in t/m³

Ätznatron	0,9 – 1,2
Aktivkohle	0,3 – 0,5
Aluminiumsulfat (mit 18 H ₂ O)	0,95
Anthrazit	0,7
Dolomitisches Entsäuerungsmaterial (0,5 – 2,0 mm) ...	1,05 – 1,15
Dolomitisches Entsäuerungsmaterial (0,6 – 1,2 mm) ...	1,05 – 1,15
Filterkies, nass.....	max. 1,65
Filterkies, trocken	1,5
Magno-Filt (benetzt)	0,65
Kaliumpermanganat	1,2 – 1,4
Kalk gebrannt	1,0
Kalkhydrat.....	0,4 – 0,5
Kochsalz (Siedesalz).....	0,7 – 0,8
Kochsalz (Steinsalz).....	1,0
Koks.....	0,36 – 0,53
Marmor gekörnt	1,5
Roh-Dolomit.....	1,4
Soda kalziniert.....	0,7 – 0,8

Einteilung der Wässer in Härtebereiche

I	0 – 1,3 mol/m ³	△	0 – 7,3 °dH
II	1,3 – 2,5 mol/m ³	△	7,3 – 14,0 °dH
III	2,5 – 3,8 mol/m ³	△	14,0 – 21,2 °dH
IV	> 3,8 mol/m ³	△	> 21,2 °dH

Umrechnungsfaktoren für verschiedene Härtegrade und Einheiten

Härtegrade und Einheiten						
	mval/kg	deutsche °d	französische °f	englische °e	amerik. ppm	mmol/l
Definition	28 mg CaO oder 50 mg CaCO ₃ pro 1000 ml Wasser	10 mg CaO pro 1000 ml Wasser	10 mg CaCO ₃ pro 1000 ml Wasser	1 gran CaCO ₃ per gallon 14,3 mg CaCO ₃ pro 1000 ml Wasser	1 part CaCO ₃ per million 1 mg CaCO ₃ pro 1000 ml Wasser	100 mg CaCO ₃ pro 1000 ml Wasser
1 mval/kg	1,0	2,8	5,0	3,5	50,0	0,50
1 °d	0,357	1,0	1,78	1,25	17,8	0,18
1 °f	0,2	0,56	1,0	0,7	10,0	0,10
1 °e	0,286	0,8	1,43	1,0	14,3	0,14
1 ppm	0,02	0,056	0,1	0,07	1,0	0,01
1 mmol/l	2,00	5,60	10,00	7,02	100	1,0

Atomgewichte A^1 und Ordnungszahlen Z der Elemente

Element		A	Z	Element		A	Z
Aktinium	Ac	227	89	Gadolinium	Gd	157,26	64
Aluminium	Al	26,98	13	Gallium	Ga	69,72	31
Americium	Am	243	95	Germanium	Ge	72,60	32
Antimon	Sb	121,76	51	Gold	Au	197,00	79
Argon	Ar	39,944	18	Hafnium	Hf	178,50	72
Arsen	As	74,91	33	Helium	He	4,003	2
Astatin	At	210	85	Holmium	Ho	164,94	67
Barium	Ba	137,36	56	Indium	In	114,82	49
Berkelium	Bk	249	97	Iridium	Ir	192,2	77
Beryllium	Be	9,013	4	Jod	J	126,91	53
Blei	Pb	207,21	82	Kadmium	Cd	112,41	48
Bor	B	10,82	5	Kalium	K	39,100	19
Brom	Br	79,916	35	Kalzium	Ca	40,08	20
Caesium	Cs	132,91	55	Kobalt	Co	58,94	27
Californium	Cf	249	98	Kohlenstoff	C	12,011	6
Chlor	Cl	35,457	17	Krypton	Kr	83,80	36
Chrom	Cr	52,01	24	Kupfer	Cu	63,54	29
Curium	Cm	245	96	Lanthan	La	138,92	57
Dysprosium	Dy	162,51	66	Lithium	Li	6,940	3
Einsteinium	Es	254	99	Lutetium	Lu	174,99	71
Eisen	Fe	55,85	26	(Kassiopeium)			
Erbium	Er	167,27	68	Magnesium	Mg	24,32	12
Europium	Eu	152,0	63	Mangan	Mn	54,94	25
Fermium	Fm	255	100	Men-			
Fluor	F	19,00	9	delevium	Md	256	101
Francium	Fr	223	87	Molybdän	Mo	95,95	42

¹⁾ Umrechnungsfaktor der hier angegebenen chemischen Atomgewichte in die physikalischen ist 1,000275.

**(Fortsetzung) Atomgewichte A^1
und Ordnungszahlen Z der Elemente**

Element		A	Z	Element		A	Z
Natrium	Na	22,991	11	Schwefel	S	32,066	16
Neodym	Nd	144,27	60	Selen	Se	78,96	34
Neon	Ne	20,183	10	Silber	Ag	107,88	47
Neptunium	Np	237	93	Silizium	Si	28,09	14
Nickel	Ni	58,71	28	Stickstoff	N	14,008	7
Niobium	Nb	92,91	41	Strontium	Sr	87,63	38
Nobelium	No	253	102	Tantal	Ta	180,95	73
Osmium	Os	190,2	76	Technetium	Tc	99	43
Palladium	Pd	106,4	46	Tellur	Te	127,61	52
Phosphor	P	30,975	15	Terbium	Tb	158,93	65
Platin	Pt	195,09	78	Thallium	Tl	204,39	81
Plutonium	Pu	242	94	Thorium	Th	232,05	90
Polonium	Po	210,0	84	Thulium	Tm	168,94	69
Praseodym	Pr	140,92	59	Titan	Ti	47,90	22
Promethium	Pm	145	61	Uran	U	238,07	92
Protaktinium	Pa	231	91	Vanadium	V	50,95	23
Quecksilber	Hg	200,61	80	Wasserstoff	H	1,008	1
Radium	Ra	226,05	88	Wismut	Br	209,00	83
Radon	Rn	222	86	Wolfram	W	183,86	74
Rhenium	Re	186,22	75	Xenon	Xe	131,30	54
Rhodium	Rh	102,91	45	Ytterbium	Yb	173,04	70
Rubidium	Rb	85,48	37	Yttrium	Y	88,92	39
Ruthenium	Ru	101,1	44	Zer	Ce	140,13	58
Samarium	Sm	150,35	62	Zink	Zn	65,38	30
Sauerstoff	O	16	8	Zinn	Sn	118,70	50
Scandium	Sc	44,96	21	Zirkonium	Zr	91,22	40

Die wichtigsten Molekular- und Äquivalentgewichte und °d-Umrechnungsfaktoren

Formel	Molekulargewicht	Äquivalentgewicht	Verbindung	1°d = mg/l
a) Säuren				
H ₂ CO ₃	62,0	31,0	Kohlensäure	
CO ₂	44,0	22,0	Kohlendioxid	
H ₂ SiO ₃	78,1	39,0	Kieselsäure	
SiO ₂	60,1	30,0	Siliziumdioxid	
HNO ₃	63,0	63,0	Salpetersäure	
N ₂ O ₅	108,0	54,0	Stickstoffpentoxid	
H ₂ SO ₄	98,1	49,0	Schwefelsäure	
SO ₃	80,1	40,0	Schwefeltrioxid	
H ₂ SO ₃	82,1	41,0	Schweflige Säure	
SO ₂	64,1	32,0	Schwefeldioxid	
HCl	36,5	36,5	Salzsäure	
H ₃ PO ₄	98,0	32,7	Phosphorsäure	
P ₂ O ₅	142,0	23,7	Phosphorpentoxid	
b) Basen				
Al(OH) ₃	78,0	26,0	Aluminiumhydroxid	
Al ₂ O ₃	101,9	17,0	Aluminiumoxid	
NH ₄ OH	35,0	35,0	Ammoniumhydroxid	
NH ₃	17,0	17,0	Ammoniak	
Ba(OH) ₂	171,4	85,7	Bariumhydroxid	
BaO	153,4	76,7	Bariumoxid	
Fe(OH) ₃	106,9	35,6	Eisenhydroxid	
Fe ₂ O ₃	159,7	26,6	Eisenoxid	
Ca(OH) ₂	74,1	37,0	Kalziumhydroxid	
CaO	56,1	28,0	Kalziumoxid	
Mg(OH) ₂	58,3	29,2	Magnesiumhydroxid	
MgO	40,3	20,2	Magnesiumoxid	
NaOH	40,0	40,0	Natriumhydroxid	
Na ₂ O	62,0	31,0	Natriumoxid	
c) Kationen				
Ca	40,0	20,0	Kalzium	7,14
Mg	24,4	12,2	Magnesium	4,3
Na	23,0	23,0	Natrium	
Al	27,0	9,0	Aluminium	
Ba	137,4	68,7	Barium	
Fe II	56,0	28,0	Eisen	
Fe III	56,0	18,6		
NH ₄	18,0	18,0	Ammonium	

(Forts.) Die wichtigsten Molekular- und Äquivalentgewichte und °d-Umrechnungsfaktoren

Formel	Molekular- gewicht	Äquivalent- gewicht	Verbindung	1°d = mg/l
d) Anionen				
HCO ₃ ⁻	61,0	61,0	Bikarbonat	
Cl ⁻	35,5	35,5	Chlorid	
CO ₃ ⁻	60,0	30,0	Karbonat	
NO ₃ ⁻	62,0	62,0	Nitrat	
NO ₂ ⁻	46,0	46,0	Nitrit	
SO ₄ ⁻	96,1	48,0	Sulfat	
SO ₃ ⁻	80,1	40,0	Sulfit	
PO ₄ ⁻	95,0	31,7	Phosphat	
e) Salze				
Al ₂ (SO ₄) ₃	342,1	57,0	Aluminiumsulfat	
Al ₂ (SO ₄) ₃ • 18 H ₂ O	666,4	111,1	Aluminiumsulfat krist.	
(NH ₄) ₂ SO ₄	132,1	66,0	Ammonsulfat	
BaCO ₃	197,4	98,7	Bariumkarbonat	
BaSO ₄	233,4	116,7	Bariumsulfat	
BaCl ₂	208,3	104,2	Bariumchlorid	
FeCl ₃	162,2	54,1	Eisenchlorid	
FeCl ₃ • 6 H ₂ O	270,3	90,1	Eisenchlorid krist.	
FeSO ₄	151,9	76,0	Eisensulfat	
KMnO ₄	158,0	31,6	* Kaliumpermanganat	
CaCO ₃	100,1	50,0	Kalziumkarbonat	
Ca(HCO ₃) ₂	162,1	81,0	Kalziumbikarbonat	
CaCl ₂	111,0	55,5	Kalziumchlorid	
Ca(NO ₃) ₂	164,1	82,0	Kalziumnitrat	
CaSO ₄	136,1	68,1	Kalziumsulfat	
CaSiO ₃	116,1	58,1	Kalziumsilikat	
MgCO ₃	84,3	42,2	Magnesiumkarbonat	
Mg(HCO ₃) ₂	146,3	73,2	Magnesiumbikarbonat	
MgCl ₂	95,2	47,6	Magnesiumchlorid	
Mg(NO ₃) ₂	148,3	74,2	Magnesiumnitrat	
MgSO ₄	120,4	60,2	Magnesiumsulfat	
MgSiO ₃	100,4	50,2	Magnesiumsilikat	
Na ₂ CO ₃	106,0	53,0	Natriumkarbonat	
NaHCO ₃	84,0	84,0	Natriumbikarbonat	
NaAlO ₂	82,0	82,0	Natriumaluminat	
NaCl	58,4	58,4	Natriumchlorid	
NaF	42,0	42,0	Natriumfluorid	
NaNO ₃	85,0	85,0	Natriumnitrat	
Na ₂ SO ₄	142,0	71,0	Natriumsulfat	
Na ₂ SO ₃	126,0	63,0	Natriumsulfit	
Na ₂ SiO ₃	122,0	61,0	Natriumsilikat	
Na ₃ PO ₄	164,0	54,7	Trinatriumphosphat	
Na ₃ PO ₄ • 12 H ₂ O	380,2	126,7	Trinatriumphosphat krist.	
Na ₂ HPO ₄	142,0	71,0	Dinatriumphosphat	
NaH ₂ PO ₄	120,0	120,0	Mononatriumphosphat	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	132,1	66,0	Diammonphosphat	
(NaPO ₃) ₆	612,0	612,0	Natriumhexametaphosphat	
Na ₅ P ₃ O ₁₀	367,9	73,6	Natriumtripolyphosphat	
			* in saurer Lösung	

Molekulargewichte und Umrechnungsfaktoren

			Fe(OH) ₃ 106,9		Fe 55,85
Fe 55,85	→		F 1,9		F 1,0
FeCl ₂ 126,86	→		F 0,84		F 0,44
FeCl ₃ 162,2	→		F 0,66		F 0,34
FeClSO ₄ 187,4	→		F 0,57		F 0,30
Fe ₂ (SO ₄) ₃ 400	→		F 0,53		F 0,28
FeCl ₃ • 6 H ₂ O 270,3	→		F 0,40		F 0,21
FeSO ₄ 151,9	→		F 0,70		F 0,37
FeSO ₄ • 7 H ₂ O 277,9	→		F 0,38		F 0,20
FeCl ₃	→	FeCl ₃ • 6 H ₂ O			F = 1,67
FeCl ₃ • 6 H ₂ O	→	FeCl ₃			F = 0,6
FeSO ₄	→	FeSO ₄ • 7 H ₂ O			F = 1,83
FeSO ₄ • 7 H ₂ O	→	FeSO ₄			F = 0,55
FeCl ₃ 40 %:	1 l	= 1,44 kg = 576 g FeCl ₃	= 200 g Fe	= 376 g Fe(OH) ₃	
	1 kg	= 400 g FeCl ₃	= 138 g Fe	= 262 g Fe(OH) ₃	
FeCl ₂ 20 %:	1 l	= 1,34 kg = 260 g FeCl ₂	= 115 g Fe	= 219 g Fe(OH) ₃	
	1 kg	= 195 g FeCl ₂	= 86 g Fe	= 164 g Fe(OH) ₃	
FeClSO ₄ 40 %:	1 l	= 1,4 kg = 617 g FeCl ₃	= 184 g Fe	= 352 g Fe(OH) ₃	
	1 kg	= 410 g FeCl ₃	= 123 g Fe	= 235 g Fe(OH) ₃	
Richtwerte abhängig vom Lieferanten					

(Forts.) Molekulargewichte und Umrechnungsfaktoren

		Al(OH) ₃ 78	AG 27
Al 27	→	F 2,89	
Al ₂ (SO ₄) ₃ 342,1	→	F 0,46	F 0,16
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O 666,4	→	F 0,23	F 0,08
Al ₂ (SO ₄) ₃	→	Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	F = 1,94
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	→	Al ₂ (SO ₄) ₃	F = 0,51
Al ₂ (SO ₄) ₃	→	Al ₂ O ₃	F = 0,31
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	→	Al ₂ O ₃	F = 0,15
Al 27	→	½ Al ₂ O ₃ 50,95	F = 1,89
1 mg Al = 6 mg Al ₂ (SO ₄) ₃ = 12,3 mg Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O			
NaAlO ₂		Na-aluminal: Qualität: 18 % Al = 34 % Al ₂ O ₃ Qualität: 26 % Al = 49 % Al ₂ O ₃	

Umrechnungsfaktoren

1 mg	P	=	3,07	mg	PO ₄ ⁻
		=	2,29	mg	P ₂ O ₅
1 mg	PO ₄	=	0,33	mg	P
		=	0,75	mg	P ₂ O ₅
1 mg	P ₂ O ₅	=	0,44	mg	P
		=	1,34	mg	PO ₄ ⁻
1 mmol	P	=	0,031	mg	P
		=	0,095	mg	PO ₄ ⁻
		=	0,071	mg	P ₂ O ₅

Umrechnungsfaktoren

Säurekap. bis pH 8,2	: x	1	=	mval/l	p-Wert	x 1	=	mol/m ³	Säurekap. bis pH 8,2
Säurekap. bis pH 4,3	: x	1	=	mval/l	m-Wert	x 1	=	mol/m ³	Säurekap. bis pH 4,3
Säurekap. bis pH 4,3	: x	2,8	=	°dH	Karbonathärte	x 0,357	=	mol/m ³	Säurekap. bis pH 4,3
Basekap. bis pH 8,2	: x	44	=	mg/l	freie CO ₂	x 0,0227	=	mol/m ³	Basekap. bis pH 8,2
Basekap. bis pH 4,3	: x	1	=	mval/l	m-Wert	x 1	=	mol/m ³	Basekap. bis pH 4,3
Summe Erdalkalien	: x	5,587	=	°dH	Gesamthärte	x 0,179	=	mol/m ³	Summe Erdalkalien
Leitfähigkeit	ms/m	: x	10	=	µS/cm	Leitfähigkeit	x 0,1	=	mS/m
Ext. mod. Filtrat Hg 436	m ⁻¹	: x	40	=	mg/l	Platin	x 0,025	=	m ⁻¹
Ext. mod. Filtrat Hg 254	m ⁻¹	: x	0,01	=	cm ⁻¹	UV-Ext.	x 100	=	m ⁻¹
NaHCO ₃	mmol/m ³	: x	84	=	mg/l	NaHCO ₃	x 0,012	=	mol/m ³
SiO ₂	mmol/m ³	: x	0,060	=	mg/l	SiO ₂	x 16,6	=	mmol/m ³
Chlor als Cl ₂	mmol/m ³	: x	0,071	=	mg/l	Cl ₂	x 14,1	=	mmol/m ³
Na ₂ SO ₃	mmol/m ³	: x	0,126	=	mg/l	Na ₂ SO ₃	x 7,936	=	mmol/m ³
O ₂	mmol/m ³	: x	0,032	=	mg/l	O ₂	x 31,3	=	mmol/m ³
Mn VII → Mn II (O ₂)	mmol/m ³	: x	0,126	=	mg/l	KMnO ₄	x 7,9	=	mmol/m ³
Cr VI → Cr III (O ₂)	mmol/m ³	: x	0,032	=	mg/l	O ₂	x 31,3	=	mmol/m ³
HCO ₃ ⁻	mol/m ³	: x	61	=	mg/l	HCO ₃ ⁻	x 0,016	=	mol/m ³
CO ₃ ⁻⁻	mol/m ³	: x	60	=	mg/l	CO ₃ ⁻⁻	x 0,017	=	mol/m ³
OH ⁻	mol/m ³	: x	17	=	mg/l	OH ⁻	x 0,059	=	mol/m ³
Cl ⁻	mol/m ³	: x	35,5	=	mg/l	Cl ⁻	x 0,0282	=	mol/m ³
NO ₂ ⁻	mmol/m ³	: x	0,046	=	mg/l	NO ₂ ⁻	x 21,74	=	mmol/m ³
NO ₃ ⁻	mol/m ³	: x	62	=	mg/l	NO ₃ ⁻	x 0,0161	=	mol/m ³
SO ₃ ⁻⁻	mol/m ³	: x	80	=	mg/l	SO ₃ ⁻⁻	x 0,0125	=	mol/m ³
SO ₄ ⁻⁻	mol/m ³	: x	96	=	mg/l	SO ₄ ⁻⁻	x 0,0104	=	mol/m ³
PO ₄ ⁻⁻⁻	mmol/m ³	: x	0,095	=	mg/l	PO ₄ ⁻⁻⁻	x 10,5	=	mmol/m ³
P ₂ O ₅	mmol/m ³	: x	0,142	=	mg/l	P ₂ O ₅	x 7,0	=	mmol/m ³
NH ₄ ⁺	mmol/m ³	: x	0,018	=	mg/l	NH ₄ ⁺	x 55,5	=	mmol/m ³
Na ⁺	mol/m ³	: x	23	=	mg/l	Na ⁺	x 0,0435	=	mol/m ³
K ⁺	mol/m ³	: x	39	=	mg/l	K ⁺	x 0,0256	=	mol/m ³
Ca ⁺⁺	mol/m ³	: x	40	=	mg/l	Ca ⁺⁺	x 0,025	=	mol/m ³
Mg ⁺⁺	mol/m ³	: x	24,4	=	mg/l	Mg ⁺⁺	x 0,041	=	mol/m ³
Fe	mmol/m ³	: x	0,056	=	mg/l	Fe	17,9	=	mmol/m ³
Mn	mmol/m ³	: x	0,055	=	mg/l	Mn	18,2	=	mmol/m ³

Lieferformen und Dosierkonzentrationen

FeCl_2	20%ige Lösung (enthält noch ca. 5 % AlCl_3)
FeCl_3	wasserfrei, kristallin
FeCl_3	ca. 40%ige Lösung
$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	kristallin, in Stücken oder Kugeln. Achtung: Schmelzpunkt 37°C !
FeClSO_4	ca. 41%ige Lösung
$\text{FeSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$	Granulat
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6-7 \text{H}_2\text{O}$	sprühgetrocknet
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	ca. 50%ige Lösung
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14-18 \text{H}_2\text{O}$	kristallin, gemahlen
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	ca. 45%ige Lösung
Na-Aluminat	Granulat, Pulver

Bei allen Fe- und Al-Verbindungen (außer Aluminat) gilt:

Wird das Salz in Wasser gelöst bzw. wird die konzentrierte Lösung mit sauberem Stadt- oder Brunnenwasser verdünnt, so sollte der pH-Wert der Dosierlösung so niedrig wie möglich sein, damit ein vorzeitiges Ausflocken (Hydrolyse) verhindert wird. Dies ist vor allem bei harten Wässern zu beachten.

Beim Aluminat sollte mit unverdünnten Lösungen gearbeitet werden.

NaOCl	Chlorbleichlauge, ca. 120 – 150 g aktives Chlor pro Liter (beim Verdünnen möglichst Weichwasser verwenden)
KMnO_4	kristallin, Dosierlösung 1 bis 2%ig
Na_2CO_3	Soda, kalziniert, 5 bis 10%ig
Flockungshilfsmittel	(fest oder flüssig) Dosierlösung max. 0,1%ig bezogen auf Wirksubstanz

Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser

1. Unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe

Hier kann bei Vorliegen von Korrosionselementen die örtliche Korrosion begünstigt werden, wenn:

$$\frac{c(\text{Cl}^-) + 2 c(\text{SO}_4^{2-})}{\text{Säurekapazität bis pH 4,3}} > 1$$

(Hierin bedeutet: c Konzentration in mol/m³
sowie $c(\text{O}_2) > 0,1 \text{ g/m}^3$)

Näheres siehe DIN 50930, Teil 2.

2. Feuerverzinkte Eisenwerkstoffe

Hier muss mit Schäden durch Muldenkorrosion dann gerechnet werden, wenn Umstände vorliegen, die die Ausbildung von Korrosionselementen fördern sowie wenn:

$$\frac{c(\text{Cl}^-) + c(1/2 \text{SO}_4^{2-})}{\text{Säurekapazität bis pH 4,3}} > 3 \text{ ist}$$

sowie $c(\text{O}_2) > 0,1 \text{ g/m}^3$

Näheres siehe DIN 50930, Teil 3.

3. Kupfer und Kupferlegierungen

Lochkorrosion Typ I: (nur in Kaltwasser)

Nach heutiger Kenntnis die häufigste Korrosionserscheinung bei Kupfer. Ursache sind häufig Konstruktions- und Verarbeitungseinflüsse, siehe DIN 50930, Teil 5, 7.1.

Lochkorrosion Typ II:

Tritt meist in weichen und sauren Wässern auf. Wesentlich ist die Beteiligung des Sulfates. Wenn:

$$\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{SO}_4^{2-})} > 2$$

dann ist die Schadenswahrscheinlichkeit gering.

Lochfraß Typ II kann durch pH-Wert-Anhebung verhindert oder reduziert werden.

Gebräuchliche Abkürzungen und Kurzformen in der Trink- und Abwasseraufbereitung

CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
Tri	Trichlorethen
Per	Tetrachlorethen
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCP	Pentachlorphenol
HCH	Hexachlorcyclohexan
DOC	gelöster org. gebundener Kohlenstoff
TOC	totaler org. gebundener Kohlenstoff
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PSM	Pflanzenschutzmittel
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
EOX	Extrahierbare organisch gebundene Halogene
POX	Ausblasbare organisch gebundene Halogene
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

DIN-Abkürzungen und Gebrauchstemperaturen von Kunststoffen

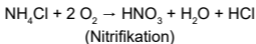
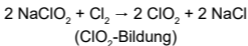
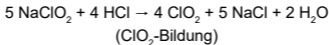
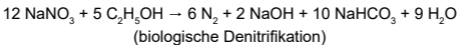
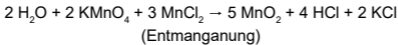
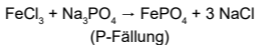
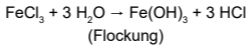
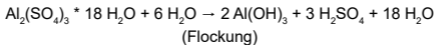
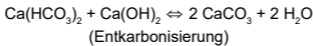
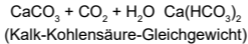
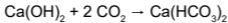
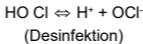
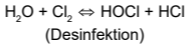
Allgemein verwendete Abkürzungen für Kunststoffe nach DIN 7723/7728.

Diese Auswahl an Kunststoffen gibt einen Überblick über die am häufigsten im Laborbereich verwendeten Artikel aus Kunststoff.

DIN Abk.	Bezeichnung	Gebrauchstemperatur	
		von	bis
ABS	Acryl-Butadien-Styrol-Copolymer	- 40 °C	+ 85 (100) °C
HDPE	Polyethylen hoher Dichte	- 50 °C	+ 80 (120) °C
LDPE	Polyethylen niedriger Dichte	- 50 °C	+ 75 (90) °C
MF	Melamin		+ 80 (120) °C
PA	Polyamid (PA6)	- 30 °C	+ 80 (140) °C
PC	Polycarbonat	- 100 °C	+ 135 (140) °C
PE	Polyethylen (siehe HDPE/LDPE)	- 40 °C	+ 80 (90) °C
PMP (TPX)	Polymethylpenten	0 °C	+ 120 (180) °C
PMMA	Polymethylmethacrylat	- 40 °C	+ 85 (90) °C
POM	Poloxymethylen	- 40 °C	+ 90 (110) °C
PP	Polypropylen	- 10 °C	+ 110 (140) °C
PS	Polystyrol	- 10 °C	+ 70 (80) °C
SAN	Styrol-Äcrylnitril	- 20 °C	+ 85 (95) °C
SI	Silikon-Kautschuk	- 50 °C	+ 180 (250) °C
PVDF	Polyvinylidenfluorid	- 40 °C	+ 105 (150) °C
PTFE	Polytetrafluorethylen	- 200 °C	+ 260 °C
E-CTFE	Ethylen-Chlortrifluorethylen	- 76 °C	+ 150 (170) °C
ETFE	Ethylen-Tetrafluorethylen	- 100 °C	+ 150 (180) °C
PFA	Perfluoralkoxy	- 200 °C	+ 260 °C
FEP	Tetrafluorethylen-Perfluorpropylen	- 200 °C	+ 205 °C
PVC	Polyvinylchlorid	- 20 °C	+ 80 °C

Temperatur in () kurzzeitig

Wichtige chemische Gleichungen in der Wasseraufbereitung



Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

Grundlagen:

Quelle: „Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht unter Berücksichtigung des Eigen- und Fremdelektrolyt-Einflusses“
von U. Hässelbarth, Berlin-Dahlem

Berechnung der Gleichgewichtskonzentration der freien zugehörigen Kohlensäure nach der korrigierten Tillmans'schen Gleichung

$$CO_2\text{-Gleichgewicht} = K/fT \times (HCO_3^-) \times (HCO_3^-) \times Ca^{++}$$

[korrigierte Tillmans'sche Gleichung]

K = Konstante des Tillmans'schen Gesetzes (f(t))

fT = Korrekturfaktor für das Tillmans'sche Gesetz
(f(KH) bzw. f(Ionenstärke))

HCO_3^- = Konzentration HCO_3^-

Ca^{++} = Konzentration Ca^{++}

Berechnung des Gleichgewichts-pH nach korrigierter Strohecker-Langelier-Gleichung (nach Larson u. Buswell)

$$pH = pK^* - \lg Ca^{++} - \lg HCO_3^- + \lg fL$$

pK* = Konstante der Strohecker-Langelier-Gleichung (f(t))

HCO_3^- = Konzentration HCO_3^-

Ca^{++} = Konzentration Ca^{++}

fL = Korrekturfaktor für das Strohecker-Langelier-Gesetz
(f(KH) bzw. f(Ionenstärke))

Tabelle:

Anfangsparameter: t = 10/17 °C

Voraussetzung: KH = GH = CaH

Die Tabellen geben nur Anhaltswerte, die genaue Berechnung muss für den Einzelfall erfolgen (siehe Seite 55).

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

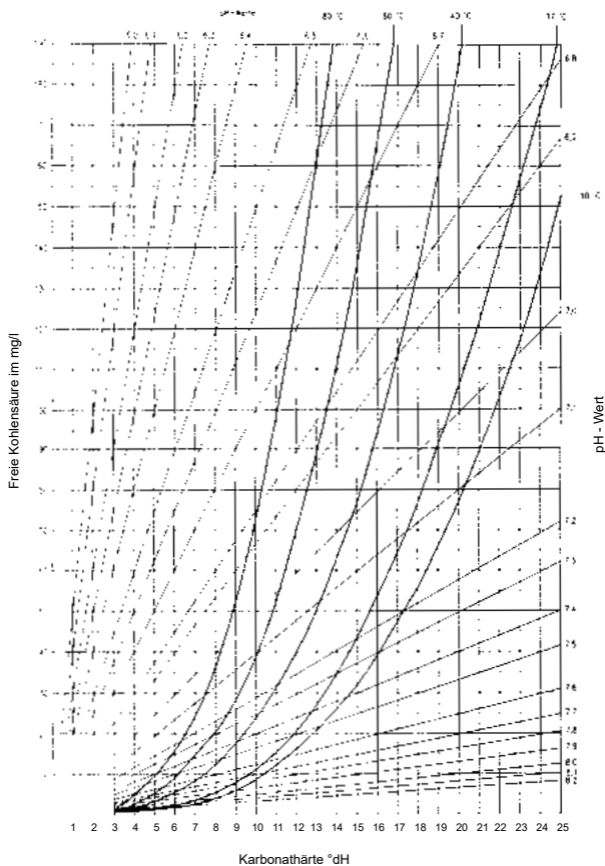
Tabelle 1: t = 17°C

KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]	KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]	KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]
0,5	0,0	10,09	9,0	8,8	7,60	17,0	54,4	7,05
1,0	0,0	9,40	9,5	10,3	7,50	17,5	59,2	7,03
1,5	0,1	9,10	10,0	12,0	7,50	18,0	64,1	7,01
2,0	0,1	8,80	10,5	13,8	7,50	18,5	69,3	6,99
2,5	0,2	8,60	11,0	15,7	7,40	19,0	74,8	6,96
3,0	0,4	8,50	11,5	17,8	7,40	19,5	80,6	6,94
3,5	0,6	8,40	12,0	20,2	7,30	20,0	86,6	6,92
4,0	0,9	8,20	12,5	22,7	7,30	20,5	92,9	6,90
4,5	1,2	8,20	13,0	25,3	7,28	21,0	99,5	6,88
5,0	1,6	8,10	13,5	28,2	7,24	21,5	106,4	6,86
5,5	2,1	8,00	14,0	31,3	7,21	22,0	113,6	6,84
6,0	2,8	7,90	14,5	34,6	7,19	22,5	121,1	6,82
6,5	3,5	7,80	15,0	38,1	7,16	23,0	129,0	6,81
7,0	4,3	7,80	15,5	41,9	7,13	23,5	137,1	6,79
7,5	5,2	7,70	16,0	45,8	7,10	24,0	145,6	6,77
8,0	6,3	7,70	16,5	50,1	7,08	24,5	154,4	6,75
8,5	7,5	7,60				25,0	163,5	6,74

Tabelle 2: t = 10°C

KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]	KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]	KH [°dH]	CO ₂ [mg/l]	pH- Wert [-]
0,5	0,0	10,26	9,0	6,8	7,75	17,0	42,2	7,23
1,0	0,0	9,58	9,5	8,0	7,70	17,5	45,8	7,20
1,5	0,0	9,24	10,0	9,3	7,66	18,0	49,7	7,18
2,0	0,1	9,00	10,5	10,7	7,62	18,5	53,7	7,16
2,5	0,2	8,81	11,0	12,2	7,58	19,0	57,9	7,13
3,0	0,3	8,66	11,5	13,8	7,55	19,5	62,4	7,11
3,5	0,5	8,53	12,0	15,6	7,51	20,0	67,1	7,09
4,0	0,7	8,42	12,5	17,5	7,48	20,5	71,9	7,07
4,5	0,9	8,32	13,0	19,6	7,45	21,0	77,0	7,05
5,0	1,3	8,24	13,5	21,8	7,41	21,5	82,4	7,03
5,5	1,7	8,16	14,0	24,2	7,38	22,0	88,0	7,01
6,0	2,1	8,08	14,5	26,8	7,36	22,5	93,8	7,00
6,5	2,7	8,02	15,0	29,5	7,33	23,0	99,8	6,98
7,0	3,3	7,96	15,5	32,4	7,30	23,5	106,1	6,96
7,5	4,0	7,90	16,0	35,5	7,28	24,0	112,7	6,94
8,0	4,9	7,85	16,5	38,7	7,25	24,5	119,5	6,29
8,5	5,8	7,80				25,0	126,5	6,91

Freie Kohlensäure



Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

1. Allgemeines

Die Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Tillmans (Ges. Ing. 35 [1912], 669, GWF 74 [1931], 1) ergibt für den Praktiker zwar gewisse Hinweise (vgl. Wasseraufbereitungstafel nach Dr. Reif, Vom Wasser XIX [1952], 312, ist jedoch zu ungenau. Eine genaue Methode wurde von Hässelbarth (GWF 104 [1963], 89 ff., 157 ff.) angegeben. Nach Axt (Vom Wasser 28 [1961], 208) ergibt sich eine Vereinfachung der Hässelbarth'schen Methode, wenn bei der Berechnung der Ionenstärke die Gesamthärte als 2,1-Elektrolyt eingesetzt wird. Das hat allerdings zur Voraussetzung, dass nur 1fach und 2fach geladene Ionen vorhanden sind und die Gesamtkonzentration der ersteren die Konzentration der letzteren nicht übersteigt. Diese Voraussetzungen sind fast immer gegeben.

2. Bestimmungen und Berechnungen

2.1 Wasseruntersuchungsbefund Beispiel

Bestimmung von:

Temperatur	°C	11
m-Wert	mval/l	1,4
freie Kohlensäure	mg/l	27,3
Gesamthärte	°d	6,0
Karbonathärte (KH)	°d	3,9
Calcium (CaO)	°d	3,0

2.2 Ermittlung der Ionenstärke μ und des Korrekturfaktors f

Ionenstärke μ durch Einsetzen der Gesamthärte in Tabelle 1 ablesen
 Korrekturfaktor f durch Einsetzen von μ in Tabelle 2 ablesen

$$\mu = 3,210 \cdot 10^{-3}$$

$$f = 1,358$$

2.3 Ermittlung der Konstanten K

Konstante K durch Einsetzen der in 2.1 angegebenen Temperatur in Tabelle 3 ermitteln K für 11°C = 0,1091

2.4 Berechnung der zugehörigen Kohlensäure (CO₂ zug.)

$$\text{mg/l CO}_2 \text{ zug.} = \frac{K}{f} \cdot \text{CaO} \cdot m^3 \qquad \text{CO}_2 \text{ zug.} = \frac{0,1091}{1,358} \cdot 3,0 \cdot 1,4^3$$

$$\text{in diese Formel einsetzen} \qquad = 0,47 \text{ mg/l}$$

m-Wert nach 2.1 K nach 2.3

CaO nach 2.1 f nach 2.2

2.5 Berechnung der zugehörigen Kohlensäure (CO₂ üb.)

$$\text{mg/l CO}_2 \text{ üb.} = \text{mg/l CO}_2 \text{ frei} - \text{mg/l CO}_2 \text{ zug.} \qquad \text{CO}_2 \text{ üb.} = 27,3 - 0,47 = 26,8 \text{ mg/l}$$

In diese Formel einsetzen

mg/l CO₂ frei nach 2.1 mg/l CO₂ zug. nach 2.4

Forts. Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

t (°C)	K	t (°C)	K	t (°C)	K	t (°C)	K
0	0,0736	11	0,1091	22	0,1629	33	0,2366
1	0,0762	12	0,1132	23	0,1686	34	0,2449
2	0,0789	13	0,1172	24	0,1749	35	0,2541
3	0,0816	14	0,1216	25	0,1815	36	0,2636
4	0,0845	15	0,1261	26	0,1875	37	0,2736
5	0,0875	16	0,1309	27	0,1932	38	0,2838
6	0,0908	17	0,1358	28	0,1995	39	0,2944
7	0,0942	18	0,1406	29	0,2056	40	0,3055
8	0,0978	19	0,1458	30	0,2123	41	0,3163
9	0,1014	20	0,1513	31	0,2203	42	0,3281
10	0,1052	21	0,1570	32	0,2281	43	0,3396

gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ
0,1	0,0535	3,0	1,6050	6,0	3,210	9,0	4,815
2	0,107	1	1,6585	1	3,264	1	4,869
3	0,1605	2	1,7120	2	3,318	2	4,923
4	0,214	3	1,7655	3	3,372	3	4,977
5	0,2675	4	1,8190	4	3,426	4	5,031
6	0,321	5	1,8725	5	3,477	5	5,082
7	0,3745	6	1,9260	6	3,531	6	5,136
8	0,428	7	1,9795	7	3,585	7	5,190
9	0,4815	8	2,0330	8	3,639	8	5,244
		9	2,0865	9	3,693	9	5,298
1,0	0,5349	4,0	2,1390	7,0	3,744	10,0	5,349
1	0,5884	1	2,1925	1	3,798	1	5,403
2	0,6419	2	2,2460	2	3,852	2	5,456
3	0,6954	3	2,2995	3	3,906	3	5,509
4	0,7489	4	2,3530	4	3,960	4	5,563
5	0,8022	5	2,4070	5	4,012	5	5,616
6	0,8558	6	2,4605	6	4,066	6	5,670
7	0,9093	7	2,5140	7	4,119	7	5,724
8	0,9628	8	2,5675	8	4,172	8	5,777
9	1,0162	9	2,6210	9	4,226	9	5,831
2,0	1,0698	5,0	2,6750	8,0	4,280	11,0	5,883
1	1,1233	1	2,7290	1	4,332	1	5,988
2	1,1768	2	2,7830	2	4,386	2	5,991
3	1,2303	3	2,8370	3	4,440	3	6,045
4	1,2838	4	2,8910	4	4,494	4	6,098
5	1,3373	5	2,9420	5	4,545	5	6,150
6	1,3908	6	2,9960	6	4,600	6	6,204
7	1,4443	7	3,050	7	4,653	7	6,257
8	1,4978	8	3,104	8	4,707	8	6,311
9	1,5513	9	3,158	9	4,761	9	6,364

Forts. Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ
12,0	6,417	17,0	9,093	22,0	11,769	27,0	14,442
1	6,471	1	9,147	1	11,823	1	14,502
2	6,525	2	9,200	2	11,876	2	14,555
3	6,578	3	9,254	3	11,930	3	14,609
4	6,632	4	9,308	4	11,984	4	14,663
5	6,687	5	9,360	5	12,036	5	14,712
6	6,738	6	9,415	6	12,091	6	14,770
7	6,792	7	9,468	7	12,145	7	14,823
8	6,846	8	9,522	8	12,199	8	14,878
9	6,899	9	9,575	9	12,252	9	14,931
13,0	6,954	18,0	9,627	23,0	12,303	28,0	14,979
1	7,006	1	9,681	1	12,357	1	15,032
2	7,059	2	9,734	2	12,410	2	15,056
3	7,113	3	9,788	3	12,464	3	15,139
4	7,167	4	9,841	4	12,518	4	15,193
5	7,221	5	9,897	5	12,572	5	15,246
6	7,274	6	9,948	6	12,625	6	15,299
7	7,327	7	10,002	7	12,678	7	15,353
8	7,381	8	10,055	8	12,733	8	15,406
9	7,434	9	10,109	9	12,786	9	15,459
14,0	7,488	19,0	10,164	24,0	12,837	29,0	15,513
1	7,541	1	10,216	1	12,891	1	15,566
2	7,595	2	10,269	2	12,944	2	15,619
3	7,648	3	10,323	3	12,998	3	15,673
4	7,702	4	10,376	4	13,052	4	15,727
5	7,755	5	10,431	5	13,104	5	15,780
6	7,809	6	10,483	6	13,159	6	15,833
7	7,862	7	10,537	7	13,213	7	15,887
8	7,916	8	10,590	8	13,267	8	15,940
9	7,969	9	10,644	9	13,320	9	15,994
15,0	8,025	20,0	10,696	25,0	13,374	30,0	16,047
1	8,079	1	10,750	1	13,428	1	16,100
2	8,132	2	10,804	2	13,481	2	16,154
3	8,186	3	10,857	3	13,535	3	16,207
4	8,239	4	10,911	4	13,589	4	16,261
5	8,292	5	10,965	5	13,641	5	16,314
6	8,346	6	11,019	6	13,696	6	16,367
7	8,399	7	11,073	7	13,749	7	16,421
8	8,453	8	11,126	8	13,804	8	16,474
9	8,507	9	11,180	9	13,857	9	16,528
16,0	8,559	21,0	11,232	26,0	13,909	31,0	16,581
1	8,614	1	11,286	1	13,965	1	16,635
2	8,667	2	11,339	2	14,018	2	16,689
3	8,721	3	11,393	3	14,072	3	16,743
4	8,774	4	11,447	4	14,126	4	16,748
5	8,826	5	11,500	5	14,175	5	16,851
6	8,879	6	11,554	6	14,233	6	16,904
7	8,933	7	11,608	7	14,287	7	16,958
8	8,987	8	11,662	8	14,340	8	17,011
9	9,040	9	11,715	9	14,394	9	17,065

Forts. Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ	gH °dH	μ
32,0	17,118	37,0	19,794	42,0	22,467	47,0	25,143
1	17,171	1	19,847	1	22,520	1	25,196
2	17,225	2	19,901	2	22,574	2	25,250
3	17,278	3	19,954	3	22,627	3	25,303
4	17,332	4	20,008	4	22,681	4	25,357
5	17,385	5	20,061	5	22,734	5	25,410
6	17,438	6	20,114	6	22,787	6	25,463
7	17,492	7	20,168	7	22,841	7	25,517
8	17,545	8	20,221	8	22,894	8	25,570
9	17,599	9	20,275	9	22,948	9	25,624
33,0	17,652	38,0	20,328	43,0	23,001	48,0	25,677
1	17,705	1	20,381	1	23,054	1	25,730
2	17,754	2	20,435	2	23,107	2	25,784
3	17,812	3	20,488	3	23,161	3	25,837
4	17,866	4	20,542	4	23,215	4	25,891
5	17,919	5	20,595	5	23,268	5	25,944
6	17,973	6	20,648	6	23,322	6	25,997
7	18,027	7	20,702	7	23,376	7	26,051
8	18,081	8	20,755	8	23,430	8	26,104
9	18,135	9	20,809	9	23,484	9	26,158
34,0	18,189	39,0	20,862	44,0	23,538	49,0	26,211
1	18,242	1	20,915	1	23,591	1	26,264
2	18,296	2	20,969	2	23,645	2	26,318
3	18,439	3	21,022	3	23,698	3	26,371
4	18,403	4	21,076	4	23,752	4	26,425
5	18,456	5	21,129	5	23,805	5	26,478
6	18,509	6	21,182	6	23,858	6	26,532
7	18,563	7	21,236	7	23,912	7	26,586
8	18,616	8	21,289	8	23,965	8	26,640
9	18,670	9	21,343	9	24,019	9	26,694
35,0	18,723	40,0	21,396	45,0	24,072	50,0	26,748
1	18,776	1	21,450	1	24,125		
2	18,830	2	21,504	2	24,179		
3	18,883	3	21,558	3	24,232		
4	18,937	4	21,612	4	24,286		
5	18,990	5	21,666	5	24,339		
6	19,043	6	21,719	6	24,392		
7	19,097	7	21,773	7	24,446		
8	19,150	8	21,826	8	24,499		
9	19,204	9	21,880	9	24,553		
36,0	19,257	41,0	21,933	46,0	24,606		
1	19,310	1	21,986	1	24,660		
2	19,364	2	22,040	2	24,714		
3	19,417	3	22,093	3	24,768		
4	19,471	4	22,147	4	24,822		
5	19,524	5	22,200	5	24,876		
6	9,578	6	22,253	6	24,929		
7	19,632	7	22,307	7	24,983		
8	19,686	8	22,360	8	25,036		
9	19,740	9	22,414	9	25,090		

Forts. Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

μ	f	μ	f	μ	f	μ	f	
0,		5,0	1,437	10,0	1,585	15,0	1,686	
		1	1,440	1	1,587	1	1,688	
		2	1,440	2	1,590	2	1,690	
	27	1,101	3	1,447	3	1,592	3	1,691
	40	1,111	4	1,451	4	1,594	4	1,693
	53	1,124	5	1,455	5	1,596	5	1,694
	6	1,444	6	1,459	6	1,598	6	1,696
	7	1,165	7	1,462	7	1,600	7	1,697
	8	1,187	8	1,465	8	1,603	8	1,699
9	1,197	9	1,468	9	1,605	9	1,701	
1,0	1,207	6,0	1,472	11,0	1,607	16,0	1,703	
1	1,218	1	1,475	1	1,609	1	1,704	
2	1,228	2	1,478	2	1,612	2	1,706	
3	1,235	3	1,481	3	1,614	3	1,708	
4	1,242	4	1,485	4	1,616	4	1,710	
5	1,250	5	1,488	5	1,619	5	1,711	
6	1,260	6	1,492	6	1,621	6	1,713	
7	1,270	7	1,495	7	1,623	7	1,714	
8	1,281	8	1,498	8	1,625	8	1,716	
9	1,285	9	1,501	9	1,627	9	1,717	
2,0	1,289	7,0	1,504	12,0	1,629	17,0	1,719	
1	1,295	1	1,507	1	1,631	1	1,721	
2	1,301	2	1,511	2	1,633	2	1,723	
3	1,308	3	1,514	3	1,635	3	1,724	
4	1,314	4	1,517	4	1,637	4	1,726	
5	1,320	5	1,519	5	1,639	5	1,728	
6	1,326	6	1,522	6	1,641	6	1,729	
7	1,331	7	1,525	7	1,643	7	1,730	
8	1,337	8	1,528	8	1,645	8	1,732	
9	1,342	9	1,531	9	1,647	9	1,733	
3,0	1,348	8,0	1,534	13,0	1,649	18,0	1,735	
1	1,353	1	1,536	1	1,651	1	1,737	
2	1,358	2	1,538	2	1,653	2	1,738	
3	1,362	3	1,541	3	1,655	3	1,740	
4	1,366	4	1,544	4	1,657	4	1,741	
5	1,371	5	1,546	5	1,659	5	1,742	
6	1,377	6	1,544	6	1,661	6	1,744	
7	1,382	7	1,552	7	1,662	7	1,746	
8	1,387	8	1,555	8	1,664	8	1,747	
9	1,392	9	1,557	9	1,666	9	1,748	
4,0	1,396	9,0	1,560	14,0	1,668	19,0	1,749	
1	1,400	1	1,562	1	1,669	1	1,750	
2	1,404	2	1,565	2	1,671	2	1,752	
3	1,409	3	1,567	3	1,673	3	1,753	
4	1,413	4	1,569	4	1,675	4	1,755	
5	1,417	5	1,572	5	1,677	5	1,756	
6	1,421	6	1,575	6	1,679	6	1,758	
7	1,425	7	1,577	7	1,681	7	1,760	
8	1,429	8	1,580	8	1,683	8	1,761	
9	1,433	9	1,582	9	1,684	9	1,762	

Forts. Berechnung der überschüssigen Kohlensäure nach Axt

μ	f	μ	f	μ	f	μ	f
20,0	1,764	25,0	1,827	30,0	1,879	35,0	1,926
1	1,765	1	1,828	1		1	
2	1,766	2	1,829	2		2	
3	1,768	3	1,830	3		3	
4	1,769	4	1,831	4	1,883	4	
5	1,770	5	1,832	5		5	
6	1,771	6	1,833	6		6	
7	1,772	7	1,834	7		7	
8	1,774	8	1,835	8		8	
9	1,776	9	1,836	9		9	
21,0	1,777	26,0	1,838	31,0		36,0	1,932
1	1,779	1	1,839	1			
2	1,780	2	1,840	2	1,890		
3	1,781	3	1,841	3			
4	1,782	4	1,842	4			
5	1,783	5	1,843	5			
6	1,785	6	1,844	6	1,894		
7	1,786	7	1,845	7			
8	1,788	8	1,846	8			
9	1,789	9	1,847	9			
22,0	1,791	27,0	1,849	32,0	1,899		
1	1,792	1	1	1			
2	1,793	2	1,852	2			
3	1,794	3		3			
4	1,795	4		4	1,901		
5	1,796	5		5			
6	1,798	6	1,855	6			
7	1,799	7		7			
8	1,800	8		8	1,905		
9	1,801	9		9			
23,0	1,802	28,0	1,859	33,0			
1	1,803	1		1			
2	1,805	2	1,861	2	1,909		
3	1,806	3		3			
4	1,808	4	1,863	4			
5	1,809	5		5			
6	1,810	6		6	1,912		
7	1,811	7		7			
8	1,812	8	1,867	8			
9	1,813	9		9			
24,0	1,815	29,0		34,0	1,915		
1	1,816	1		1			
2	1,817	2	1,871	2			
3	1,819	3		3			
4	1,820	4	1,873	4	1,919		
5	1,821	5		5			
6	1,822	6	1,875	6			
7	1,823	7		7			
8	1,824	8		8	1,922		
9	1,826	9		9			

Tabelle zur Berechnung von Karbonathärte, Bikarbonat-, Karbonat- und Hydroxidionen

Berechnung bei gleichzeitiger Anwesenheit von Bikarbonat-, Karbonat- und Hydroxidionen

Wenn	vorhanden
$2 p > m$	Hydroxid + Karbonat
$2 p < m$	Karbonat + Bikarbonat
$2 p = m$	Karbonat
$p = m$	Hydroxid
$p = 0$	Bikarbonat

Berechnung:

Hydroxid	Karbonat	Bikarbonat	wenn
$p = a$ $m = a$	–	–	$p = m$
$2 p - m = a$	$2 (m - p) = a$	–	$2 p > m$
–	$2 p = a$ $m = a$	–	$2 p = m$
–	$2 p = a$	$m - 2 p = a$	$2 p < m$
–	–	$m = a$	$p = 0$

Beispiel: $p = 0,6$ $2 p < m$ also vorhanden $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$
 $m = 2,8$

$2 p = 0,6 \times 2 = 1,2$ Laut Berechnung: $a = 1,2$
Karbonat (CO_3^{2-}) = 36,0 mg/l

$m - 2 p = 2,8 - 1,2 = 1,6$ Laut Berechnung: $a = 1,6$
Bikarbonat (HCO_3^-) = 97 mg/l

Berechnung:

Alkalität a: $1 \text{ mval} \triangleq 2,8$ °dH Karbonathärte
od. $\triangleq 61$ mg HCO_3^-
od. $\triangleq 30$ mg CO_3^{2-}
od. $\triangleq 17$ mg OH^-

Trinkwasserverordnung

TrinkwV 2001, Oktober 2015 (Auswahl)

Allgemeine Anforderungen an Trinkwasser

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert*
1	Escherichia coli (E. coli)	0/100 ml
2	Enterokokken	0/100 ml

Anforderungen an Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert*
1	Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
2	Enterokokken	0/250 ml
3	Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml

* Die festgelegten Werte berücksichtigen die Messunsicherheiten der Analyse- und Probennahmeverfahren.

Allgemeine Indikatorparameter (Auswahl)

Lfd. Nr.	Parameter	Einheit	Grenzwert/ als Anforderung*
1	Aluminium	mg/l	0,200
2	Ammonium	mg/l	0,50
3	Chlorid	mg/l	250
4	Clostridium perfringens (einschließlich Sporen)	Anzahl/100 ml	0
5	Coliforme Bakterien	Anzahl/ 100 ml	0
6	Eisen	mg/l	0,200
7	Färbung (spektraler Absorptionskoeffizient Hg 436 nm)	m ⁻¹	0,5
8	Geruch (als TON)	3 bei 23 °C	
9	Geschmack	Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung	
10	Koloniezahl bei 22 °C	ohne anormale Veränderung	
11	Koloniezahl bei 36 °C	ohne anormale Veränderung	
12	Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2790 bei 25 °C
13	Mangan	mg/l	0,050
14	Natrium	mg/l	200
15	Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	ohne anormale Veränderung	
16	Oxidierbarkeit	mg/l O ²	5,0
17	Sulfat	mg/l	250
18	Trübung (Nephelometrische Trübungseinheiten)	NTU	1,0
19	Wasserstoffionen- Konzentration	pH-Einheiten	≥ 6,5 und ≤ 9,5
20	Calcitlösekapazität	mg/l CaCO ³	5

* Die festgelegten Werte berücksichtigen die Messunsicherheiten der Analyse- und Probennahmeverfahren.

Anmerkung 1: Die entsprechende Beurteilung, insbesondere zur Auswahl geeigneter Materialien im Sinne von § 17, erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Anmerkung 2: Messungen bei anderen Temperaturen sind erlaubt; in diesem Fall ist die Norm EN 27888 zu berücksichtigen.

Trinkwasserverordnung

TrinkwV 2001, Oktober 2015 (Auswahl)

Chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation in der Regel nicht mehr erhöht

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert* mg/l	gemessen als:
1	Acrylamid	0,00010	
2	Benzol	0,0010	
3	Bor	1,0	Ba
4	Bromat	0,010	
5	Chrom	0,050	Cr
6	Cyanid	0,050	CN
7	1,2-Dichlorethan	0,0030	
8	Fluorid	1,5	Fe
9	Nitrat	50	NO ₃
10	Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und Biozidprodukt-Wirkstoffe	0,00010	Einzelsubstanz
11	Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und Biozidprodukt-Wirkstoffe	0,00050	gesamt
12	Quecksilber	0,0010	Hg
13	Selen	0,010	Se
14	Tetrachlorethen und Trichlorethen	0,010	Summe der Stoffe
15	Uran	0,010	

* Die festgelegten Werte berücksichtigen die Messunsicherheiten der Analyse- und Probennahmeverfahren.

Chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann

Lfd. Nr.	Parameter	Grenzwert* mg/l	gemessen als:
1	Antimon	0,0050	Sb
2	Arsen	0,010	As
3	Benzo-(a)-pyren	0,000010	
4	Blei	0,010	Pb
5	Cadmium	0,0030	Cd
6	Epichlorhydrin	0,00010	
7	Kupfer	2,0	Cu
8	Nickel	0,020	Ni
9	Nitrit	0,50	NO ₂
10	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	0,00010	Summe der Stoffe
11	Trihalogenmethane	0,050	Chloroform
12	Vinylchlorid	0,00050	

* Die festgelegten Werte berücksichtigen die Messunsicherheiten der Analyse- und Probennahmeverfahren.

Anmerkung 1: Voraussetzung für die Summenbildung ist mindestens das jeweilige Erreichen der Bestimmungsgrenze des analytischen Verfahrens.

Parameterwerte für Radon-222, Tritium und Richtdosis

Lfd. Nr.	Parameter	Parameterwert	Einheit
1	Radon-222	100	Bq/l
2	Tritium	100	Bq/l
3	Richtdosis	0,10	mSv/a

Trinkwasserverordnung

Zur Trinkwasseraufbereitung zugelassene Zusatzstoffe nach TrinkwV 2001

Zur Trinkwasseraufbereitung zugelassene Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren (Auswahl)

Zusatzstoff	Verwendungszweck	Zulässige Zugabe	Grenzw. nach Aufbereitung	[mg/L] gemessen als
Chlor (Na-, Mg-, Ca- Hypochlorit und Chlorgas)	Desinfektion, Oxidation	1,2	0,3	freies Chlor max.
			0,01	freies Chlor min.
Chlordioxid	Desinfektion, Oxidation	0,4	0,2	ClO ₂ max.
			0,05	ClO ₂ min.
Ozon	Desinfektion, Oxidation	10	0,05	O ₃
Silberchlorid und andere Silbersalze	Desinfektion, Oxidation	0,1	0,08	Ag
Wasserstoffperoxid	Desinfektion, Oxidation	17	0,1	H ₂ O ₂
Kaliummonopersulfat	Oxidation	5,5	0,1	
Kaliumpermanganat	Oxidation	10		KMnO ₄
Natriumperoxodisulfat	Oxidation	7	0,1	
Natriumthiosulfat	Reduktion	7	3	S ₂ O ₃ ²⁻
Natriumsulfit	Reduktion	5	2	SO ₃ ²⁻
Schwefeldioxid	Reduktion	5	2	SO ₃ ²⁻
Aluminiumchlorid (-sulfat)	Flockung, Fällung	9		Al
Eisen(II)Sulfat	Flockung, Fällung	6		Fe
Fe(II)Chlorid	Flockung, Fällung	12		Fe
Fe(III)Chlorid-Sulfat	Flockung, Fällung	6		Fe
Fe(III)Sulfat	Flockung, Fällung	6		Fe
Natriumaluminat	Flockung	2,85		Al
Natriumsilikat	Hemmung der Korrosion	15		SiO ₂
Natriumtripolyphosphat	Hemmung der Korrosion	2,2		P

RICHTLINIE 98/83/EG DES RATES

vom 03. November 1998

über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

ANHANG 1

PARAMETER UND PARAMETERWERTE

TEIL A

Mikrobiologische Parameter

Parameter	Parameterwert (Anzahl/100 ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Enterokokken	0

Für Wasser, das in Flaschen oder sonstigen Behältnissen zum Verkauf angeboten wird, gilt folgendes:

Parameter	Parameterwert
Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
Enterokokken	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Koloniezahl bei 22°C	100/ml
Koloniezahl bei 37°C	20/ml

TEIL B

Chemische Parameter

Parameter	Parameterwert	Einheit	Anmerkungen
Acrylamid	0,10	µg/l	Note 1
Antimon	5,00	µg/l	
Arsen	10	µg/l	
Benzol	1,00	µg/l	
Benzo-(a)-pyren	0,010	µg/l	
Bor	1,00	mg/l	
Bromat	10	µg/l	Note 2
Cadmium	5,00	µg/l	
Chrom	50	µg/l	
Kupfer	2,00	mg/l	Note 3
Cyanid	50	µg/l	
1,2-Dichlorethan	3,00	µg/l	
Epichlorhydrin	0,10	µg/l	Note 1
Fluorid	1,50	mg/l	
Blei	10	µg/l	Note 3 und 4
Quecksilber	1,00	µg/l	
Nickel	20	µg/l	Note 3
Nitrat	50	mg/l	Note 5
Nitrit	0,50	mg/l	Note 5
Pestizide	0,10	µg/l	Note 6 und 7
Pestizide insgesamt	0,50	µg/l	Note 6 und 8
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	0,10	µg/l	Summe der Konzentrationen der spezifizierten Verbindungen; Note 9
Selen	10	µg/l	
Tetrachlorethen und Trichlorethen	10	µg/l	Summe der Konzentrationen der spezifizierten Parameter
Trihalomethane insgesamt	100	µg/l	Summe der Konzentrationen der spezifizierten Verbindungen; Note 10
Vinylchlorid	0,50	µg/l	Note 1

Anmerkung 1 Der Parameterwert bezieht sich auf die Restmonomerkonzentration im Wasser, berechnet nach den Spezifikationen der maximalen Freisetzung aus dem entsprechenden Polymer in Berührung mit dem Wasser.

Anmerkung 2: Die Mitgliedstaaten sollten nach Möglichkeit einen niedrigeren Wert anstreben, ohne hierdurch die Desinfektion zu beeinträchtigen.

Im Fall von Wasser gemäß Artikel 6 Absatz 1 Buchstaben a), b) und d) ist der Wert spätestens zehn Kalenderjahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie einzuhalten. Der Parameterwert für Brom beträgt für den Zeitraum zwischen fünf und zehn Jahren nach Inkrafttreten dieser Richtlinie 25 µg/l.

- Anmerkung 3:** Der Wert gilt für eine Probe von Wasser für den menschlichen Gebrauch, die mit einem geeigneten Probennahmeverfahren¹ an der Wasserentnahmestelle in der Weise entnommen wird, dass sich eine für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch Verbraucher repräsentative Probe ergibt. Soweit angebracht, werden die Probenahme- und Kontrollverfahren nach einem harmonisierten Vorgehen durchgeführt, das gemäß Artikel 7 Absatz 4 festgelegt wird. Die Mitgliedsstaaten berücksichtigen das Auftreten von Spitzenwerten, durch die sich nachteilige Auswirkungen für die menschliche Gesundheit ergeben könnten.
- Anmerkung 4:** Im Fall von Wasser gemäß Artikel 6 Absatz 1 Buchstaben a), b) und d) ist der Wert spätestens fünfzehn Kalenderjahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie einzuhalten. Der Parameterwert für Blei beträgt für den Zeitraum zwischen fünf und fünfzehn Jahren nach Inkrafttreten dieser Richtlinie 25 µg/l.
- Die Mitgliedsstaaten stellen sicher, dass alle geeigneten Maßnahmen getroffen werden, um die Bleikonzentration im Wasser für den menschlichen Gebrauch innerhalb des Zeitraumes, der zur Erreichung des Parameterwertes erforderlich ist, so weit wie möglich zu reduzieren.
- Maßnahmen zur Erreichung dieses Wertes werden von den Mitgliedsstaaten schrittweise und vorrangig dort durchgeführt, wo die Bleikonzentrationen im Wasser für den menschlichen Gebrauch am höchsten sind.
- Anmerkung 5:** Die Mitgliedsstaaten stellen sicher, dass die Bedingung, dass $\frac{[\text{Nitrat}]}{50} + \frac{[\text{Nitrit}]}{3} \leq 1$ beträgt (die eckigen Klammern stehen für Konzentrationen in mg/l, und zwar für Nitrate (NO_3^-) und für Nitrite (NO_2^-)), eingehalten wird und dass der Wert von 0,10 mg/l für Nitrit am Ausgang der Wasserwerke eingehalten wird.
- Anmerkung 6:** „Pestizide“ bedeutet:
- organische Insektizide,
 - organische Herbizide,
 - organische Fungizide,
 - organische Nematozide,
 - organische Akarizide,
 - organische Algizide,
 - organische Rodentizide,
 - organische Schleimbekämpfungsmittel,
 - verwandte Produkte (u. a. Wachstumsregulatoren)
- und die entsprechenden Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte.
- Es brauchen nur solche Pestizide überwacht zu werden, deren Vorhandensein in einer bestimmten Wasserversorgung wahrscheinlich ist.
- Anmerkung 7:** Der Parameterwert gilt jeweils für die einzelnen Pestizide. Für Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxid ist der Parameterwert 0,030 µg/l.
- Anmerkung 8:** „Pestizide insgesamt“ bezeichnet die Summe aller einzelnen, bei dem Kontrollverfahren nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten Pestizide.
- Anmerkung 9:** Bei den spezifizierten Verbindungen handelt es sich um:
- Benzo-(b)-fluoranthen,
 - Benzo-(k)-fluoranthen,
 - Benzo-(ghi)-perylen,
 - Inden-(1,2,3-cd)-pyren.
- Anmerkung 10:** Die Mitgliedsstaaten sollten nach Möglichkeit einen niedrigeren Wert anstreben, ohne hierdurch die Desinfektion zu beeinträchtigen.
- Die spezifizierten Verbindungen sind Chloroform, Bromoform, Dibromchlormethan, Bromdichlormethan.
- Im Fall von Wasser gemäß Artikel 6 Absatz 1 Buchstaben a), b) und d) ist der Wert spätestens zehn Kalenderjahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie einzuhalten. Der Parameterwert für Trihalomethane insgesamt beträgt für den Zeitraum zwischen fünf und zehn Jahren nach Inkrafttreten dieser Richtlinie 150 µg/l.
- Die Mitgliedsstaaten stellen sicher, dass alle geeigneten Maßnahmen getroffen werden, um die Trihalomethan-Konzentration in Wasser für den menschlichen Gebrauch innerhalb des Zeitraumes, der zur Erreichung des Parameterwertes erforderlich ist, so weit wie möglich zu reduzieren.
- Maßnahmen zur Erreichung dieses Wertes werden von den Mitgliedsstaaten schrittweise und vorrangig in solchen Gebieten durchgeführt, in denen die Trihalomethan-Konzentrationen in Wasser für den menschlichen Gebrauch am höchsten sind.

TEIL C

Indikatorparameter

Parameter	Parameterwert	Einheit	Anmerkungen
Aluminium	200	µg/l	
Ammonium	0,50	mg/l	
Chlorid	250	mg/l	Note 1
Clostridia perfringens (einschließlich Sporen)	0	Anzahl/100 ml	Note 2
Färbung	Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung		
Leitfähigkeit	2 500	µS cm ⁻¹ bei 20°C	Note 1
Wasserstoffionen- Konzentration	≥ 6,5 und ≤ 9,5	pH-Einheiten	Note 1 und 3
Eisen	200	µg/l	
Mangan	50	µg/l	
Geruch	Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung		
Oxidierbarkeit	5,0	mg/l O ₂	Note 4
Sulfat	250	mg/l	Note 1
Natrium	200	mg/l	
Geschmack	Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung		
Koloniezahl bei 22°	Ohne anormale Veränderung		
Coliforme Bakterien	0	Anzahl/100 ml	Note 5
Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	Ohne anormale Veränderung		Note 6
Trübung	Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung		Note 7

RADIOAKTIVITÄT

Parameter	Parameterwert	Einheit	Anmerkungen
Tritium	100	Bq/l	Note 8 und 10
Gesamtrichtdosis	0,10	mSv/Jahr	Note 9 und 10

- Anmerkung 1* Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken.
- Anmerkung 2:* Dieser Parameter braucht nur bestimmt zu werden, wenn das Wasser von Oberflächenwasser stammt oder von Oberflächenwasser beeinflusst wird. Wird dieser Parameterwert nicht eingehalten, so stellt der betreffende Mitgliedsstaat Nachforschungen im Versorgungssystem an, um sicherzustellen, dass keine potentielle Gefährdung der menschlichen Gesundheit aufgrund eines Auftretens krankheitserregender Mikroorganismen, z. B. Cryptosporidium, besteht. Die Mitgliedsstaaten nehmen die Ergebnisse solcher Nachforschungen in ihre Berichte gemäß Artikel 13 Absatz 2 auf.
- Anmerkung 3:* Für in Flaschen oder Behältnissen abgefülltes Wasser kann der Mindestwert auf 4,5 pH-Einheiten herabgesetzt werden.
- Für in Flaschen oder Behältnissen abgefülltes Wasser, das von Natur aus kohlenstoffhaltig ist oder das mit Kohlensäure versetzt wurde, kann der Mindestwert niedriger sein.
- Anmerkung 4:* Dieser Parameter braucht nicht bestimmt zu werden, wenn der Parameter TOC analysiert wird.
- Anmerkung 5:* Bei Wasser, das in Flaschen oder anderen Behältnissen abgefüllt ist, gilt die Einheit „Anzahl/250 ml“.
- Anmerkung 6:* Bei Versorgungssystemen mit einer Abgabe von weniger als 10.000 m³ pro Tag braucht dieser Parameter nicht bestimmt zu werden.
- Anmerkung 7:* Bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser sollten die Mitgliedsstaaten einen Parameterwert von nicht mehr als 1,0 NTU (nephelometrische Trübungseinheiten) im Wasser am Ausgang der Wasseraufbereitungsanlage anstreben.
- Anmerkung 8:* Die Kontrollhäufigkeit wird später in Anhang II festgelegt.
- Anmerkung 9:* Mit Ausnahme von Tritium, Kalium-40, Radon und Radonzerfallsprodukten. Die Kontrollhäufigkeit, die Kontrollmethoden und die geeignetsten Überwachungsstandorte werden später in Anhang II festgelegt.
- Anmerkung 10:* Ein Mitgliedsstaat ist nicht verpflichtet, eine Überwachung von Trinkwasser im Hinblick auf Tritium oder Radioaktivität zur Festlegung der Gesamtrichtdosis durchzuführen, wenn er davon überzeugt ist, dass – auf der Grundlage anderer durchgeführter Überwachungen – der Wert für Tritium bzw. der berechnete Gesamtrichtwert deutlich unter dem Parameterwert liegt. In diesem Fall teilt er der Kommission die Gründe für seinen Beschluss und die Ergebnisse dieser anderen Überwachungen mit.
- Die Beschlüsse über die gemäß Anmerkung 8 erforderlichen Vorschläge betreffend die Kontrollhäufigkeit sowie die gemäß Anmerkung 9 für Anhang II erforderlichen Vorschläge betreffend die Kontrollhäufigkeit, die Kontrollmethoden und die geeignetsten Überwachungsstandorte werden nach dem Verfahren des Artikels 12 gefasst. Bei der Erstellung dieser Vorschläge berücksichtigt die Kommission unter anderem die geltenden einschlägigen Bestimmungen sowie die von ihnen abgeleiteten angemessenen Überwachungsprogramme einschließlich der Überwachungsergebnisse. Die Kommission legt diese Vorschläge spätestens 18 Monate nach dem in Artikel 18 der Richtlinie vorgesehenen Zeitpunkt vor.

Aufbereitung von Schwimm- u. Beckenwasser

Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser nach DIN 19643

Reinwasser und Beckenwasser müssen den Anforderungen der Tabellen 1 und 2 entsprechen.

Tabelle 1 – Mikrobiologische Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser

Parameter	Einheit	Reinwasser Oberer Wert	Beckenwasser Oberer Wert	Nachweisverfahren ^a
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KBE/100 ml	0	0	DIN EN ISO 16266
<i>Escherichia coli</i>	KBE/100 ml	0	0	DIN EN ISO 9308-1
<i>Legionella species</i>	KBE/100 ml	b,c	c,d	ISO 11731 ^e DIN EN ISO 11731-2 ^e
Koloniezahl (KBE) bei (36 ± 1) °C	KBE/ml	20	100	DIN EN ISO 6222 TrinkwV 2001 ^f

- a Es dürfen die in der Tabelle genannten Nachweisverfahren oder gleichwertige Verfahren für Trink- und/ oder Schwimm- und Badebeckenwasser nach DIN EN ISO 17994 eingesetzt werden.
- b Im Filtrat bei Beckenwassertemperatur ≥ 23 °C.
- c Bewertung und Maßnahmen bei Legionellenbefunden richten sich nach 14.4, Tabellen 7 und 8.
- d Im Beckenwasser von Warmsprudelbecken sowie Becken mit zusätzlichen aerosolbildenden Wasserkreisläufen und Beckenwassertemperaturen ≥ 23 °C.
- e Ggf. vorliegende Empfehlungen des Umweltbundesamtes und der Schwimm- und Badewasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit beim Umweltbundesamt sind zu beachten.
- f Bestimmung der Koloniezahl nach TrinkwV 2001, Anlage 5 Teil I, Punkt d), Unterpunkt bb).

Forts. Aufbereitung von Schwimm- u. Beckenwasser

Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser nach DIN 19643

Tabelle 2 – Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser

Parameter	Einheit	Reinwasser		Beckenwasser		Nachweisverfahren
		Unterer Wert	Oberer Wert	Unterer Wert	Oberer Wert	
Färbung (Bestimmung des spektralen Absorptionskoeffizienten bei $\lambda = 436 \text{ nm}$)	1/m	—	0,4	—	0,5	DIN EN ISO 7887
Trübung	FNU ^a	—	0,2	—	0,5	DIN EN ISO 7027
Aluminium	mg/l	—	—	—	0,050	DIN EN ISO 12020 DIN EN ISO 11885 DIN EN ISO 17294-2 DIN ISO 10566
Eisen	mg/l	—	—	—	0,020	DIN 38406-1 DIN 38406-32 DIN EN ISO 11885
Klarheit		—	—	einwandfreie Sicht über den ganzen Beckenboden		
pH-Wert ^b						DIN 38404-5
bei Flockung mit Aluminium- oder Aluminium-Eisen-Produkten	—	6,5	7,2	6,5	7,2	
bei Flockung mit Eisen-Produkten						
a) Süßwasser	—	6,5	7,5	6,5	7,5	
b) Meerwasser	—	6,5	7,8	6,5	7,8	
ohne Flockung						
a) Süßwasser	—	6,5	7,6	6,5	7,6	
b) Meerwasser	—	6,5	7,8	6,5	7,8	
Säurekapazität $K_{\text{S4,3}}$						DIN 38409-7
bei Flockung mit Produkten der Basizität $\leq 65 \%$						
a) alle Anlagen außer b)	mmol/l	—	—	0,7 ^c	—	
b) Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitung	mmol/l	—	—	0,3 ^c	—	
bei Flockung mit Produkten der Basizität $> 65 \%$ sowie ohne Flockung	mmol/l	—	—	0,3 ^c	—	
Nitrat über der Nitratkonzentration des Füllwasser ^d (ggf. des primären Füllwassers)	mg/l	—	—	—	20	DIN 38405-9 DIN 38405-29 DIN EN ISO 10304-1 DIN EN ISO 13395
Oxidierbarkeit Mn VII→II über dem Wert des Füllwassers ^e (ggf. Wert d. Mischung aus primären und sekundärem Füllwasser) als O_2	mg/l	—	0,5	—	0,75	DIN EN ISO 8467 ^f

Forts. Aufbereitung von Schwimm- u. Beckenwasser

Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser nach DIN 19643

Forts. Tabelle 2 – Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser

Parameter	Einheit	Reinwasser		Beckenwasser		Nachweisverfahren
		Unterer Wert	Oberer Wert	Unterer Wert	Oberer Wert	
KMnO ₄ -Verbrauch über dem Wert des Füllwassers ^a (ggf. Wert der Mischung aus primärem und sekundärem Füllwasser) als KMnO ₄	mg/l	—	2	—	3	
Redox-Spannung ^a gegen Ag/AgCl 3,5 m KCl für Süßwasser						DIN 38404-6
a) 6,5 ≤ pH-Wert ≤ 7,3	mV	—	—	750	—	
b) 7,3 < pH-Wert ≤ 7,6	mV	—	—	770	—	
für Meerwasser und andere Wässer mit einem Gehalt an Bromid > 10 mg/l						
a) 6,5 ≤ pH-Wert ≤ 7,3	mV	—	—	700	—	
b) 7,3 < pH-Wert ≤ 7,8	mV	—	—	720	—	
Redox-Spannung für Wasser mit einem Iodidgehalt > 0,5 mg/l	mV	—	—	Wert ist experimentell zu bestimmen		
freies Chlor ^{b,h}						
a) Allgemein	mg/l	0,3	nach Bedarf	0,3 ⁱ	0,6 ⁱ	DIN EN ISO 7393-1
b) Warmsprudelbecken	mg/l	0,7		0,7 ⁱ	1,0 ⁱ	DIN EN ISO 7393-2
gebundenes Chlor berechnet als Differenz zwischen dem Gehalt an Gesamtchlor und dem Gehalt an freiem Chlor ^{h,j,k,l}	mg/l	—	0,2	—	0,2	DIN EN ISO 7393-1 DIN EN ISO 7393-2
Trihalogenmethane berechnet als Chloroform ^{l,k,l,m}	mg/l	—	—	—	0020 ⁿ	DIN 38407-30 DIN EN ISO 15680 DIN EN ISO 10301: 1997 (Verfahren 2)
Bromat	mg/l	—	—	—	2,0 ^o	DIN EN ISO 15061 E DIN EN ISO 11206: 2012
Σ Chlorit + Chlorat	mg/l	—	—	—	30,0 ^o	DIN EN ISO 10304-4
Arsen	mg/l	—	—	—	0,2	DIN 38405-35 DIN EN ISO 11969 DIN EN ISO 11885 DIN EN ISO 17294-2

a FNU: Formazine Nephelometric Units.

b Sofern in den weiteren Normen der Reihe DIN 19643 keine strengeren Anforderungen genannt sind.

c Bei Störung der Flockung sollte auch eine Untersuchung des Rohwassers erfolgen.

d Parameter gilt nicht für Beckenwasser, das mit Ozon aufbereitet ist. Bei allen anderen Aufbereitungsverfahren ist bei einer Überschreitung des oberen Wertes die Füllwasserneuzugabe zu prüfen.

e Liegt die Oxidierbarkeit des Filtrates bei unbelasteter Anlage unter der des Füllwassers (ggf. Wert der Mischung aus primärem und sekundärem Füllwasser), so ist dieser niedrigere Wert als Bezugswert zu verwenden; liegt jedoch die Oxidierbarkeit des Füllwassers unter 0,5 mg/l O₂ bzw. unter 2 mg/l KMnO₄, gelten diese als Bezugswerte.

Forts. Aufbereitung von Schwimm- u. Beckenwasser

Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser nach DIN 19643

Forts. Tabelle 2 – Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Beckenwasser

- f Bestimmung bei hohem Chlorid- oder Bromidgehalt siehe F. Jentsch, A. Matthiessen: Bestimmung der Oxidierbarkeit in Schwimmbeckenwässern mit hohem Chlorid- oder Bromidgehalt.
- g Zur Messung der Redoxspannung ist ein ortsfestes Mess- und Registriergerät mit kontinuierlicher Messung zu betreiben; Fehlergrenzen ± 40 mV. Bei Unterschreitung der Werte ($um > 50$ mV) ist die Funktion und der Betrieb der Messeinrichtung und der Aufbereitungsanlage zu prüfen. Messwertangabe nur unter Bezeichnung der Bezugsselektrode oder der Umrechnung.
- h Bei bromid- oder iodidhaltigen Wässern: Freies bzw. gebundenes Halogen als Chlor.
- i Diese Konzentrationen gelten nur, sofern nicht in den weiteren Normen der Reihe DIN 19643 für die Verfahrenskombinationen niedrigere Konzentrationen angegeben sind. Unter bestimmten Betriebsbedingungen können höhere Konzentrationen erforderlich sein, um die mikrobiologischen Anforderungen einzuhalten. In diesen Fällen ist den Ursachen nachzugehen und für Abhilfe zu sorgen. Die erhöhten Konzentrationen an freiem Chlor in Beckenwasser dürfen jedoch $1,2$ mg/l nicht überschreiten.
- j Gilt nicht für Kaltwassertauchbecken ≤ 2 m³, die kontinuierlich mit Füllwasser durchströmt werden.
- k Gelegentliche Überschreitungen des oberen Wertes um bis zu 20 % sind in der Bewertung tolerierbar.
- l Bei Kaltwasserbecken, bei denen sichergestellt ist, dass die Wassertemperatur 15 °C nicht überschreitet, braucht dieser Wert nicht beachtet zu werden.
- m Berechnet als Chloroform (CHCl₃): $THM = A + 0,728 \times B + 0,574 \times C + 0,472 \times D$,
mit $A =$ mg/l CHCl₃; $B =$ mg/l CHBrCl₂; $C =$ mg/l CHBr₂Cl; $D =$ mg/l CHBr₃.
- n Bei Freibädern während höherer Chlorung zur Einhaltung der mikrobiologischen Anforderungen dürfen höhere Werte auftreten.
- o Bestehende Anlagen, die diese Anforderungen nicht erfüllen, sollten innerhalb von 5 Jahren nach Erscheinen dieser Norm in die Lage versetzt werden, diese Werte zu unterschreiten.

Schmutzfracht im kommunalen Abwasser

Einwohnerspezifische Frachten in g/(E*d), die an 85% der Tage unterschritten werden, ohne Berücksichtigung des Schlammwassers

Parameter	Rohabwasser	Durchflusszeit in der	
		Vorklärung bei Q_t 0,5 bis 1,0 h	1,5 bis 2,0 h
BSB ₅	60	45	40
CSB	120	90	80
TS	70	35	25
TKN	11	10	10
P	1,8	1,6	1,6

Überschussschlammproduktion bei der kommunalen Abwasserbehandlung

Spezifische Schlammproduktion $\bar{U}_{C,BSB}$ [kg TS/kg BSB₅]
bei 10 bis 12°C

$X_{TS,ZB}/$ $C_{BSB,ZB}$	Schlammalter in Tagen					
	4	8	10	15	20	25
0,4	0,79	0,69	0,65	0,59	0,56	0,53
0,6	0,91	0,81	0,77	0,71	0,68	0,65
0,8	1,03	0,93	0,89	0,83	0,80	0,77
1	1,15	1,05	1,01	0,95	0,92	0,89
1,2	1,27	1,17	1,13	1,07	1,04	1,01

Sauerstoffverbrauch beim BSB-Abbau

Spezifischer Sauerstoffverbrauch $OV_{C,BSB}$ [kg O₂/kg BSB₅],
gültig für $C_{CSB,ZB}/C_{BSB,ZB} \leq 2,2$

T °C	Schlammalter in Tagen					
	4	8	10	15	20	25
10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18	1,22
12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21	1,24
15	0,92	1,07	1,12	1,19	1,24	1,27
18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27	1,30
20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29	1,32

Anforderungen an das Einleiten von Abwasser für die Einleitungsstelle

(1) An das Abwasser für die Einleitungsstelle in das Gewässer werden folgende Anforderungen gestellt:

Proben nach Größenklassen der Abwasserbehandlungsanlagen	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Stickstoff gesamt als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff (N _{ges.})	Phosphor gesamt (P _{ges.})
Qualifizierte Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe					
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Größenklasse 1 kleiner als 60 kg/d BSB ₅ (roh)	150	40	–	–	–
Größenklasse 2 60 bis 300 kg/d BSB ₅ (roh)	110	25	–	–	–
Größenklasse 3 größer als 300 bis 600 kg/d BSB ₅ (roh)	90	20	10	–	–
Größenklasse 4 größer als 600 bis 6000 kg/d BSB ₅ (roh)	90	20	10	18	2
Größenklasse 5 größer als 6000 kg/d BSB ₅ (roh)	75	15	10	13	1

*)

*) Bei Kleineinleitungen im Sinne des § 8 in Verbindung mit § 9 Absatz 2 Satz 2 des Abwasserabgabengesetzes kann an Stelle einer qualifizierten Stichprobe oder einer 2-Stunden-Mischprobe auch eine Stichprobe genommen werden.

Die Anforderungen gelten für Ammoniumstickstoff und Stickstoff, gesamt, bei einer Abwassertemperatur von 12 °C und größer im Ablauf des biologischen Reaktors der Abwasserbehandlungsanlage. An die Stelle von 12 °C kann auch die zeitliche Begrenzung vom 1. Mai bis 31. Oktober treten. In der wasserrechtlichen Zulassung kann für Stickstoff, gesamt, eine höhere Konzentration bis zu 25 mg/l zugelassen werden, wenn die Verminderung der Gesamtstickstofffracht mindestens 70 Prozent beträgt. Die Verminderung bezieht sich auf das Verhältnis der Stickstofffracht im Zulauf zu derjenigen im Ablauf in einem repräsentativen Zeitraum, der 24 Stunden nicht überschreiten soll. Für die Fracht im Zulauf ist die Summe aus organischem und anorganischem Stickstoff zugrunde zu legen.

(2) Die Zuordnung eines Einleiters in eine der in Absatz 1 festgelegten Größenklassen richtet sich nach den Bemessungswerten der Abwasserbehandlungsanlage, wobei die BSB₅-Fracht des unbehandelten Schmutzwassers - BSB₅ (roh) - zugrunde gelegt wird. In den Fällen, in denen als Bemessungswert für eine Abwasserbehandlungsanlage allein der BSB₅-Wert des sedimentierten Schmutzwassers zugrunde gelegt ist, sind folgende Werte für die Einstufung maßgebend:

Größenklasse 1	kleiner als 40 kg/d BSB ₅ (sed.)
Größenklasse 2	40 bis 200 kg/d BSB ₅ (sed.)
Größenklasse 3	größer als 200 kg/d bis 400 kg/d BSB ₅ (sed.)
Größenklasse 4	größer als 400 bis 4000 kg/d BSB ₅ (sed.)
Größenklasse 5	größer als 4000 kg/d BSB ₅ (sed.).

RICHTLINIE DES RATES

vom 21. Mai 1991

über die Behandlung von kommunalem Abwasser

(91/271/EWG)

(ABl. L 135 vom 30.5.1991, S. 40)

Tabelle 1: Anforderungen an Einleitungen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen, die den Bestimmungen der Artikel 4 und 5 unterliegen. Anzuwenden ist der Konzentrationswert oder die prozentuale Verringerung.

Parameter	Konzentration	Prozentuale Mindestverringerung ¹	Referenzmessverfahren
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅ bei 20°C) ohne Nitrifikation ²	25 mg/l O ₂	70-90 40 gemäß Artikel 4 Absatz 2	Homogenisierte, ungefilterte, nicht dekantierte Probe. Bestimmung des gelösten Sauerstoffs vor und nach fünftägiger Bebrütung bei 20°C ± 1°C in völliger Dunkelheit. Zugabe eines Nitrifikationshemmstoffs
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	125 mg/l O ₂	75	Homogenisierte, ungefilterte, nicht dekantierte Probe. Kalium-Dichromat.
Suspendierte Schwebstoffe insgesamt	35 mg/l ³ 35 gemäß Artikel 4 Absatz 2 (mehr als 10.000 EW) 60 gemäß Artikel 4 Absatz 2 (2.000 – 10.000 EW)	90 ³ 90 gemäß Artikel 4 Absatz 2 (mehr als 10.000 EW) 70 gemäß Artikel 4 Absatz 2 (2.000 – 10.000 EW)	<ul style="list-style-type: none">• Filtern einer repräsentativen Probe durch eine Filtermembran von 0,45 µm. Trocknen bei 105°C und Wiegen• Zentrifugieren einer repräsentativen Probe (mindestens 5 Min. bei einer durchschnittlichen Beschleunigung von 2800 bis 3200 g), Trocknen bei 105°C und Wiegen.

Die Analysen von Einleitungen aus Abwasserteichen sind an gefilterten Proben auszuführen; die Gesamtkonzentration an suspendierten Schwebstoffen in ungefilterten Wasserproben darf jedoch nicht mehr als 150 mg/l betragen.

¹ Verringerung bezogen auf die Belastung des Zulaufs.

² Dieser Parameter kann durch einen anderen ersetzt werden: gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) oder gesamter Bedarf an Sauerstoff (TOD), wenn eine Beziehung zwischen BSB₅ und dem Substitutionsparameter hergestellt werden kann.

³ Diese Anforderung ist fakultativ

RICHTLINIE DES RATES

vom 21. Mai 1991

über die Behandlung von kommunalem Abwasser

(91/271/EWG)

(ABl. L 135 vom 30.5.1991, S. 40)

Tabelle 2: Anforderungen an Einleitungen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in empfindlichen Gebieten, in denen es zur Eutrophierung kommt. Je nach den Gegebenheiten vor Ort können ein oder beide Parameter verwendet werden. Anzuwenden ist der Konzentrationswert oder die prozentuale Verringerung.

Parameter	Konzentration	Prozentuale Mindestverringerung ⁴	Referenzmessverfahren
Phosphor insgesamt	2 mg/l (10.000 – 100.000 EW)	80	Molekulare Absorptions-Spektrophotometrie
	1 mg/l (mehr als 100.000 EW)		
Stickstoff insgesamt ⁵	15 mg/l (10.000 – 100.000 EW) ⁶	70 – 80	Molekulare Absorptions-Spektrophotometrie
	10 mg/l (mehr als 100.000 EW) ³		

¹ Verringerung bezogen auf die Belastung des Zulaufs.

² Stickstoff insgesamt bedeutet die Summe von Kjeldahl-Stickstoff (organischer N + NH₃), Nitrat-Stickstoff und Nitrit-Stickstoff

³ Bei diesen Konzentrationswerten handelt es sich um jährliche Durchschnittswerte gemäß Anhang I Punkt D.4.c). Die Erfüllung der Anforderungen für Stickstoff kann jedoch anhand von täglichen Durchschnittswerten überprüft werden, wenn gemäß Anhang I Punkt D.1 das gleiche Umweltschutzniveau nachgewiesen werden kann. In diesem Fall darf der tägliche Durchschnittswert für Stickstoff bei allen Proben 20 mg/l insgesamt nicht überschreiten; dies gilt bei einer Abwassertemperatur im biologischen Reaktor von mindestens 12°C. Anstatt der Temperatur kann auch eine begrenzte Betriebszeit vorgegeben werden, die den regionalen klimatischen Verhältnissen Rechnung trägt.

Umrechnung englischer und amerikanischer in deutsche technische Maßeinheiten

Englische und amerikanische Maßeinheiten	Kürzungen	Deutsche Maßeinheiten
Längenmaße 1 inch = (1 Zoll) 1 foot = 12 inches 1 yard = 3 feet 1 mile = 1760 yards	in. ft. yd. mil.	25,3999 mm 30,4794 cm 0,9144 m 1,6093 km
Flächenmaße 1 square inch 1 square foot 1 square yard	sq. in. sq. ft. sq. yd.	6,452 cm ² 0,0929 m ² 0,836 m ²
Raummaße 1 cubic inch 1 cubic foot 1 cubic yard 1 registerton = 100 cu. ft. 1 Imperial gallon 1 USA gallon 1 pint = 1/8 Imp. gal. 1 pint (USA) 1 barrel (USA) = 42 gallons	cu. in. cu. ft. cu. yd. reg. to. gal. gal. pt. pt. bhl.	16,3869 cm ³ 0,0283 m ³ 0,7645 m ³ 2,832 m ³ 4,546 l 3,785 l 0,568 l 0,473 l 0,159 m ³
Gewichte 1 grain = 1/7000 pounds 1 ounce = 1/16 pounds 1 pound 1 hundredweight = 112 lbs. 1 short ton = net ton 1 long ton = 2240 lbs.	gr. oz. lb. cwt. shtn. ltn.	0,0648 g 28,349 g 0,454 kg 50,802 kg 907,185 kg 1,016 t
1 grain per Imp. gallon = 14,3 parts per million (ppm) = 14,3 mg/l 1 grain per USA gallon = 17,1 parts per million (ppm) = 17,1 mg/l		

Umrechnung englischer und amerikanischer in deutsche technische Maßeinheiten

Englische und amerikanische Maßeinheiten	Kürzungen	Deutsche Maßeinheiten
Raumgewichte		
1 grain per cubic foot	gr/cu. ft.	2,299 g/m ³
1 grain per Imperial gallon	gr/Imp. gal.	14,3 mg/l
1 grain per USA gallon	gr/USA gal.	17,1 mg/l
1 ounce per cubic foot	oz./cu. ft.	1,0 kg/m ³
1 pound per cubic foot	lb./cu. ft.	16,018 kg/m ³
1 cubic foot per pound	cu. ft./lb.	0,0625 m ³ /kg
1 pound per gallon (Imp.)	lb./gal.	0,0997 kg/l
1 pound per gallon (USA)	lb./gal.	0,1198 kg/l
1 pound per pint	lb./pt.	0,798 kg/l
Temperatur und Druck		
0° Fahrenheit	°F	- 17,75 °C
100° Fahrenheit	°F	+ 37,77 °C
1 pound per square foot	lb./sq. ft.	47,880 N/m ²
1 ounce per square foot	oz./sq. ft.	4,315 mbar
1 inch of water	in. of water	2,491 mbar
1 pound per square inch	lb./sq. in.	0,6894 N/cm ²
1 pound per square foot	lb./sq. ft.	47,880 N/m ²
1 inch of mercury	in. mercury	33,865 mbar
Wärmetechnische Größen		
1 British Thermal Unit	BTU	1,055 kJ
1 BTU/square foot hour	BTU/sq. ft. h.	11,354 kJ/m ² h
1 BTU/square foot hour °F	BTU/sq. ft. h. °F	20,440 kJ/m ² h°C
1 BTU/pound	BTU/lb.	2,328 kJ/kg
1 BTU/sec.	BTU/sec.	1,055 kJ/s
1 BTU/pound °F	BTU/lb. °F	4,187 kJ/kg °C

Umrechnung englischer und amerikanischer in deutsche technische Maßeinheiten

Englische und amerikanische Maßeinheiten	Kürzungen	Deutsche Maßeinheiten	
Wärmetechnische Maße			
rating 100 %	34,5 lb./sq. ft. h. am. Normaldampf v. 2257 kJ/kg	139,45	N/m ² h
rating 100 %			dtsh. Normaldampf v. 2680 kJ/kg
pound/square foot hour	lb./sq. ft. h.	37,987	kJ/kg
1 Boiler HP		47,86	N/m ² /h
engl. Normaldampf	970 BTU/lb.	0,929	m ² Khzfl.
		2257	kJ/kg
Arbeit und Leistung			
1 yard pound	yd. lb.	4,070	J
1 foot pound	ft. lb.	1,356	J
1 foot pound per sec.	ft. lb./sec.	1,356	W
1 horsepower	HP	0,745	kJ/s
1 horsepower	HP	2893,1	kJ/h
1 horsepower	HP	745,3	W
1 foot ton (Imperial)	ltn	3015,5	J
1 foot ton (USA)	shtn	2711,5	J
1 gallons per minute (USA)	gal./min.	3,785	l/min
1 gallons per minute (Imp.)	gal./min.	4,546	l/min
Sonstige Bezeichnungen			
1 foot per minute	ft./min.	0,00508	m/s
1 foot per sec.	ft./sec.	0,305	m/s
1 revolution per minute	R.p.m.	1	1/min
1 ton per square inch	ltn./sq. in.	1,575	kg/mm ²
1 British degree of hardness	–	0,8	°dH
1 kilogr. CaCO ₃ /cubic foot	1 kilogr./cu. ft.	~ 1,28	g CaO/l
1 pound p. cubic foot	1 lb./cu. ft.	~ 16,0	g/l
1 lb. NaCl p. kilogr. CaCO ₃	NaCl/kilogr. CaCO ₃	~ 12,5 g	NaCl/g CaO
1 gal. p. min./square foot (USA)	1 gpm/sq. ft.	2,44	m/h
1 mill. gal. per day (USA)	1 mgd	157,7	m ³ /h

SI-Einheiten

Basiseinheiten:

m	Meter	kg	Kilogramm	s	Sekunde	mol	Mol
A	Ampere	K	(nicht °K) Kelvin	cd	Candela		

Abgeleitete Einheiten:

(Auswahl, ohne elektrische und magnetische Einheiten)

m ²	(nicht qm) Quadratmeter	m ³	(nicht cbm) Kubikmeter
°	Grad	, Minute	, Sekunde (Winkelgrößen)
Hz	Hertz		
kg/m ³	Kilogramm durch Kubikmeter (Dichteeinheit)		
min	Minute	h Stunde	d Tag
N	Newton (nJuten)	- 1 kg m/s ² (Krafteinheit)	
Pa	Pascal	- 1 N/m ² (Druck-, Spannungseinheit)	
bar	1 Bar = 100.000 Pa	= 0,1 MPa (Druckeinheit)	
Pa • s	Pascalsekunde (Einheit der dynamischen Viskosität)		
m ² /s	Quadratmeter durch Sekunde (Einheit der kinem. Viskosität)		
J	Joule (dschu:l) (Einheit der Energie, Arbeit und Wärmemenge)		
	1 J – 1 N m – 1 W s		
W	1 Watt – 1 J/s – 1 N m/s		
	(Einheit der Leistung, des Energie- und Wärmestromes)		

Vorsätze:

(Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten)

Viel-faches	Vorsatz	Kurz-zeichen
10 ¹²	Tera	T
10 ⁹	Giga	G
10 ⁶	Mega	M
10 ³	Kilo	k
10 ²	Hekto	h
10	Deka	da

10⁻¹

Teil	Vorsatz	Kurz-zeichen
10 ⁻¹	Dezi	d
10 ⁻²	Zenti	c
10 ⁻³	Milli	m
10 ⁻⁶	Mikro	μ
10 ⁻⁹	Nano	n
10 ⁻¹²	Piko	p
10 ⁻¹⁵	Femto	f
10 ⁻¹⁸	Atto	a

Umrechnungstabellen für SI-Einheiten

SI-Einheit	Nicht mehr zulässige Einheiten
------------	--------------------------------

1 N	0,101 97 kp
1 daN	1,019 72 kp
1 cN	1,019 72 p
9,806 65 N	1 kp
0,980 67 daN	1 kp
0,980 67 cN	1 p

1 N m	0,101 97 kp m
1 mN m	10,197 16 p cm
9,806 65 N m	1 kp m
0,098 07 mN m	1 p cm

1 { Pa N/m ²	0,101 97 kp/m ²
1 { MPa N/mm ²	10,197 16 { kp/cm ² at
1 { MPa N/mm ²	0,101 97 kp/mm ²

9,806 65 { Pa N/m ²	1 kp/m ²
0,098 07 { MPa N/mm ²	1 { kp/cm ² at
9,806 65 { MPa N/mm ²	1 kp/mm ²

1 bar	1,019 716 { kp/cm ² at
0,980 67 bar	1 { kp/cm ² at

1 bar	10,197 16 mWS
1 mbar	10,197 16 mmWS
0,098 07 bar	1 mWS
0,098 07 mbar	1 mmWS
1 mbar	0,750 06 { mm Hg Torr
1,333 22 mbar	1 { mmHg Torr

1 Pa	10 dyn/cm ²
0,1 Pa	1 dyn/cm ²

1 mPa s	1 cP
1 mm ² /s	1 cSt

1 { J N m W s	0,101 97 kp m
9,806 65 { J N m W s	1 kp m

SI-Einheit	Nicht mehr zulässige Einheiten
------------	--------------------------------

1 { J N m W s	0,238 85 cal
1 kWh	{ 859,845 kcal 0,859 85 Mcal

1 J/cm ²	0,101 97 } 1 kp m/cm ²
1 daJ/cm ²	1,019 72 }
1 J/cm ²	10,197 16 kp cm/cm ²
9,806 65 J/cm ²	} 1 kp m/cm ²
0,980 67 daJ/cm ²	
0,098 07 J/cm ²	1 kp cm/cm ²

1 { W J/s N m/s	0,101 97 kp m/s
-----------------------	------------------------

9,806 65 { W J/s N m/s	1 kp m/s
------------------------------	----------

1 { kW kJ/s	1,359 62 PS
----------------	--------------------

0,735 50 { kW kJ/s	1 PS
-----------------------	------

1 { kW J/s	0,238 85 cal/s
---------------	-----------------------

4,1896 80 { kW J/s	1 cal/s
-----------------------	---------

1 kJ/h	0,238 85 kcal/h
--------	-----------------

4,186 80 kJ/h	1 kcal/h
---------------	----------

Kontakt

WasserBauGesellschaft Kulmbach mbH

Von-Linde-Str. 8 • D-95326 Kulmbach

Fon: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-0

Fax: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-11

info@wbg-kulmbach.de

www.wbg-kulmbach.de

WasserBauGesellschaft Service mbH

Von-Linde-Str. 8 • D-95326 Kulmbach

Fon: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-0

Fax: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-11

info@wbg-kulmbach.de

www.wbg-kulmbach.de

WasserBauGesellschaft International mbH

Von-Linde-Str. 8 • D-95326 Kulmbach

Fon: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-0

Fax: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-11

info@wbg-kulmbach.de

www.wbg-kulmbach.de

WASSER BAU GESELLSCHAFT



Formelheft

[3. Ausgabe 2016]

Von-Linde-Str. 8
D-95326 Kulmbach

Fon: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-0

Fax: +49 (0) 92 21 - 69 03 94-11