

## Wasseraufbereitung

Chemie und chemische Verfahrenstechnik

Bearbeitet von  
Stefan Wilhelm

überarbeitet 2008. Buch. xii, 342 S. Hardcover

ISBN 978 3 540 25163 7

Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm

Gewicht: 757 g

Weitere Fachgebiete > Technik > Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen,  
Lebensmitteltechnik

Zu [Leseprobe](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text "beck-shop.de" in a bold, red, sans-serif font. Above the "i" in "shop" are three red dots of increasing size. Below the main text, the words "DIE FACHBUCHHANDLUNG" are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

**beck-shop.de**  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine chemische Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Stoffarten	2
1.1.1	Reine Stoffe	2
1.1.2	Homogene und heterogene Mischungen	2
1.1.3	Trennung von Stoffgemischen	3
1.1.4	Einteilung reiner Stoffe	4
1.1.5	Elemente	5
1.1.6	Verbindungen	5
<b>2</b>	<b>Atomarer Aufbau der Materie</b>	<b>7</b>
2.1	Aufbau der Elemente	7
2.1.1	Elementarteilchen	7
2.1.2	Atome	8
2.2	Elektronenhülle und Periodensystem	13
2.2.1	Bohr'sches Atommodell	13
2.2.2	Quantenzahlen	14
2.2.3	Aufbau der Atome	15
2.2.4	Periodensystem der Elemente	21
<b>3</b>	<b>Chemische Bindung</b>	<b>29</b>
3.1	Ionenbindung	29
3.2	Elektronenpaarbindung (Kovalenzbindung, Atombindung)	31
3.3	Metallbindung	33
3.4	Zwischenmolekulare Kräfte	34
3.4.1	Wechselwirkung zwischen Ionen und Dipolmolekülen	36
3.4.2	Wechselwirkung zwischen Ionen und Molekülen mit induziertem Dipolmoment	36
3.4.3	Wechselwirkung zwischen zwei Dipolmolekülen	37
3.4.4	Wechselwirkung zwischen Dipolmolekülen und Molekülen mit induziertem Dipolmoment	37

3.4.5	Wechselwirkung zwischen Molekülen mit induziertem Dipolmoment .....	37
3.5	Wasserstoffbrückenbindung .....	38
<b>4</b>	<b>SI-Einheiten der Wasserchemie .....</b>	<b>41</b>
4.1	Definitionen .....	42
4.1.1	Stoffmenge $n$ .....	42
4.1.2	Äquivalent (Äquivalentteilchen) .....	42
4.1.3	Molare Masse $M$ (früher Atomgewicht, Molekulargewicht) .....	42
4.1.4	Zusammensetzung von Mischphasen .....	43
4.1.5	Massenanteil $w$ (früher Gewichtsprozent) .....	43
4.1.6	Stoffmengenanteil $x$ (früher Molprozent) .....	43
4.1.7	Volumenanteil $\psi$ (früher Volumprozent) .....	44
4.1.8	Massenkonzentration $\rho^*$ (früher Konzentration und Gewichts-Volumprozent) .....	44
4.1.9	Stoffmengenkonzentration $c$ (früher molare Konzentration) .....	44
4.1.10	Äquivalentkonzentration $c(1/zX)$ (früher Valenzkonzentration) .....	44
4.1.11	Volumenkonzentration $\sigma$ (früher Volumprozent) .....	45
4.1.12	Molalität $b$ (früher Mol-Gewichtsprozent) .....	45
4.1.13	Titer $t$ .....	45
4.2	Umrechnung von deutschen Härtegraden in andere Maßeinheiten .....	46
4.3	Umrechnung amerikanischer, englischer und französischer Härtegrade .....	49
<b>5</b>	<b>Grundgesetze der allgemeinen Chemie (Auswahl) .....</b>	<b>51</b>
5.1	Gesetze der Stöchiometrie .....	51
5.2	Beispiele stöchiometrischer Berechnungen .....	52
5.3	Massenwirkungsgesetz .....	55
5.3.1	Grundlagen .....	55
5.3.2	Prinzip des kleinsten Zwanges von Le Chatelier und Braun .....	58
5.4	Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht .....	58
<b>6</b>	<b>Typen anorganischer Reaktionen .....</b>	<b>63</b>
6.1	Säure-/Base-Gleichgewicht .....	63
6.1.1	Stärke von Säuren und Basen .....	64
6.2	Redoxvorgänge .....	66
6.2.1	Stärke von Oxidations- und Reduktionsmitteln .....	68
6.2.2	Beispiele für Redoxreaktionen in der Wasserchemie .....	70
<b>7</b>	<b>Definition wichtiger wasserchemischer Begriffe .....</b>	<b>71</b>
7.1	pH-Wert .....	71
7.2	Puffersysteme .....	73
7.3	Osmotischer Druck .....	74
7.4	Elektrolytische Dissoziation .....	75

<b>8</b>	<b>Wasserchemische Berechnungen</b>	79
8.1	System Kohlenstoffdioxid – Wasser – Calcium	79
8.1.1	Berechnung des anorganisch gebundenen Kohlenstoffs	79
8.1.2	Ermittlung des pH-Wertes mittels $K_S(4,3)_r$	83
8.1.3	Berechnung der Stoffmengenkonzentration an $c(\text{CO}_2)$	84
8.1.4	Berechnung der Stoffmengenkonzentration an $c(\text{HCO}_3^-)$	85
8.1.5	Berechnung der Stoffmengenkonzentration an $c(\text{CO}_3^{2-})$	86
8.2	Wasserhärte	89
8.3	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	89
8.3.1	Allgemeine Theorie	90
8.3.2	Rechenverfahren C 10-R 2 nach DIN 38404 Teil 10, Ausgabe 04.1995	91
8.3.3	Rechenverfahren C 10-R 3 nach DIN 38404, Teil 10, Ausgabe 01.1995	98
8.4	Prüfung der Ladungsbilanz einer Trinkwasseranalyse	107
<b>9</b>	<b>Verfahren der Wasseraufbereitung</b>	109
9.1	Mechanische Aufbereitungsverfahren	109
9.2	Physikalische Aufbereitungsverfahren	110
<b>10</b>	<b>Filtrationsverfahren</b>	111
10.1	Filtration über chemisch inerte Materialien	111
10.2	Praktische Hinweise zur Filtration über körnige Materialien	114
10.2.1	Filtrationsarten	115
10.2.2	Betriebs- und Dimensionierungsgruppen	115
10.2.3	Wahl der Korngrößenverteilung	116
10.2.4	Schmutzaufnahmevermögen	117
10.2.5	Filterrückspülung	117
10.2.6	Mehrschichtfiltration	121
10.2.7	Freibordhöhe	121
10.3	Aufbau einer Monoschicht-Kiesfilteranlage	124
10.4	Membranfiltration bei der Trinkwasseraufbereitung	124
10.4.1	Umkehrosmose	127
10.4.2	Nanofiltration	128
10.4.3	Mikrofiltration	129
10.4.4	Ultrafiltration	129
<b>11</b>	<b>Chemische Aufbereitungsverfahren</b>	135
11.1	Enteisungs- und Entmanganungsverfahren	136
11.1.1	Entstehen von Eisen- und Manganverbindungen im Wasser	136
11.1.2	Gründe für die Enteisung und Entmanganung	138
11.1.3	Chemische Enteisung	138
11.1.4	Chemische Entmanganung	141

11.1.5	Biologische Vorgänge bei der Enteisung und Entmanganung .....	142
11.1.6	Empfehlungen zur Verfahrenswahl und zur Dimensionierung von Enteisungs- und Entmanganungsanlagen .....	143
11.2	Entsäuerungsverfahren .....	145
11.2.1	Entsäuerung durch physikalische Verfahren .....	145
11.2.2	Entsäuerung durch Filtration über alkalische Filtermedien .....	145
11.2.3	Entsäuerung durch Neutralisation mit Laugen .....	147
11.3	Entcarbonisierungsverfahren .....	148
11.3.1	Entcarbonisierung durch Säureimpfung .....	148
11.3.2	Kalkentcarbonisierung .....	150
11.4	Flockung .....	161
11.4.1	Flockungsmittel (FLOMI) .....	164
11.4.2	Flockungshilfsmittel (FLOHIMI) .....	166
11.4.3	Verfahrenstechnik der Flockung .....	168
11.5	Ionenaustausch .....	170
11.5.1	Skelettstruktur von Ionenaustauschharzen .....	175
11.5.2	Gleichgewicht .....	178
11.5.3	Reaktionsgeschwindigkeit .....	190
11.5.4	Regenerationsarten .....	196
11.5.5	Kurztaktverfahren .....	204
11.5.6	Kontinuierliche Ionenaustauschverfahren .....	206
11.5.7	Mischbettfilter .....	207
11.6	Behälterhydraulik .....	208
11.6.1	Wasser- bzw. Chemikalienverteilung .....	208
11.6.2	Toträume zwischen Düsen- und Abschlussboden .....	211
11.6.3	Harztransport .....	212
11.7	Entcarbonisierung mit schwach sauren Kationenaustauschharzen ..	212
11.8	Enthärtungsverfahren .....	216
11.8.1	Fällungsenthärtung .....	217
11.8.2	Enthärtung durch Ionenaustausch .....	217
11.9	Vollentsalzung durch Ionenaustausch .....	219
11.10	Kondensatreinigungsanlagen .....	233
11.10.1	Mechanische Filtration .....	234
11.10.2	Chemische Aufbereitung .....	236
11.11	Dekontaminierung radioaktiv verseuchter Wässer .....	238
<b>12</b>	<b>Meerwasserentsalzungsanlagen .....</b>	<b>241</b>
12.1	Elektrodialyse .....	241
12.2	Umgekehrte Osmose .....	242
12.2.1	Vorreinigungsanlage .....	243
12.2.2	Umkehrosmoseanlage .....	244
12.3	Mehrstufige Entspannungsverdampfung .....	245

<b>13</b>	<b>Desinfektion</b>	247
13.1	Langsamfiltration	248
13.2	Thermische Desinfektion	249
13.3	Chlorung	249
13.3.1	Hypochlorite	251
13.3.2	Chlorgas ( $\text{Cl}_2$ )	251
13.3.3	Chlordioxid ( $\text{ClO}_2$ )	252
13.3.4	Chlorelektolyse	253
13.4	Ozonisierung	253
13.5	UV-Strahlen	254
13.6	Silberungsverfahren (Oligodynamie)	255
13.7	Wasserstoffperoxid	255
<b>14</b>	<b>Maßnahmen zur Verringerung der Nitrationskonzentration im Trinkwasser</b>	257
14.1	Ursachen der erhöhten Nitrationsbelastung des Grundwassers	258
14.2	Denitrifikation im Grundwasserleiter	259
14.3	Technische Reduktion der Nitrationskonzentration in Trinkwasser	260
14.3.1	Wasserwirtschaftliche Maßnahmen	260
14.3.2	Physikalische Verfahren	260
14.3.3	Chemische Verfahren	261
14.3.4	Technische biochemische Verfahren	264
14.3.5	Diskussion einiger Fließbilder verschiedener Anlagenhersteller	267
<b>15</b>	<b>Schwimmbadwasseraufbereitung</b>	271
15.1	Desinfektion	271
15.2	Filtration	271
15.3	Wassererneuerung	272
<b>16</b>	<b>Korrosion in Trinkwassersystemen</b>	273
16.1	Einführung	273
16.2	Korrosionstypen	279
16.2.1	Wasserstoffkorrosionstyp	279
16.2.2	Sauerstoffkorrosionstyp	279
16.2.3	Sauerstoff-Konzentrationselement	280
16.2.4	Schmutzteilchen-Korrosionstyp	281
16.3	Korrosionsformen	281
16.4	Instationäre Korrosion	281
16.5	Erhöhte Korrosion in Warmwassersystemen	283

<b>17</b>	<b>Werkstoffe in der Trinkwasserversorgung</b>	285
17.1	Stahl	285
17.2	Duktiles Gusseisen	286
17.3	Kunststoffe	287
17.4	Asbestzement	288
17.5	Beton	288
17.6	Verzinkter Stahl	288
17.7	Kupfer	289
17.8	Kupferhaltige Werkstoffe	291
17.9	Kennwerte für Trinkwasser bei Einsatz verschiedener Werkstoffe	291
17.10	Kontaktkorrosion	292
<b>18</b>	<b>Korrosionsschutz in Trinkwasserversorgungssystemen</b>	295
18.1	Natürliche Schutzschichten	295
18.2	Künstliche Schutzüberzüge	296
18.3	Korrosionsinhibitoren	296
<b>19</b>	<b>Härtestabilisierung</b>	297
<b>20</b>	<b>Kathodischer Schutz</b>	299
	<b>Literaturverzeichnis</b>	303
	<b>Anhang: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001</b>	305
	<b>Sachverzeichnis</b>	337