Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine chemische Grundlagen 1
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

2 Atomarer Aufbau der Materie 7
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

3 Chemische Bindung 29
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

4 SI-Einheiten der Wasserchemie 41
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 ψ (früher Volumprozent) 44
4.1.8 Massenkonzentration ρ^* (früher Konzentration und Gewichts-Volumprozent) 44
4.1.9 Stoffmengenkonzentration c (früher molare Konzentration) 44
4.1.10 Äquivalentkonzentration $c(1/zX)$ (früher Valkonzentration) 44
4.1.11 Volumenkonzentration σ (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

5 Grundgesetze der allgemeinen Chemie (Auswahl) 51
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

6 Typen anorganischer Reaktionen 63
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

7 Definition wichtiger wasserchemischer Begriffe 71
7.1 pH-Wert 71
7.2 Puffersysteme 73
7.3 Osmotischer Druck 74
7.4 Elektrolytische Dissoziation 75

8 Wasserchemische Berechnungen 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 $c(CO_2)$ 84
8.1.4 Berechnung der Stoffmengenkonzentration an $c(HCO_3^-)$ .. 85
8.1.5 Berechnung der Stoffmengenkonzentration an $c(CO_3^{2-})$ .. 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 01.4995 98
8.4 Prüfung der Ladungsbilanz einer Trinkwasseranalyse 107

9 Verfahren der Wasseraufbereitung 109
9.1 Mechanische Aufbereitungsverfahren 109
9.2 Physikalische Aufbereitungsverfahren 110

10 Filtrationsverfahren 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

11 Chemische Aufbereitungsverfahren 135
11.1 Enteisenungs- und Entmanganungsverfahren 136
11.1.1 Entstehen von Eisen- und Manganverbindungen im Wasser 136
11.1.2 Gründe für die Enteisenung und Entmanganung 138
11.1.3 Chemische Enteisenung 138
11.1.4 Chemische Entmanganung 141

11.1.5 Biologische Vorgänge bei der Enteisenung und Entmanganung 142
11.1.6 Empfehlungen zur Verfahrenswahl und zur Dimensionierung von Enteisenungs- 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

12 Meerwasserentsalzungsanlagen 241
12.1 Elektrodialyse 241
12.2 Umgekehrte Osmose 242
12.2.1 Vorreinigungsanlage 243
12.2.2 Umkehrosmoseanlage 244
12.3 Mehrstufige Entspannungsverdampfung 245

13 Desinfektion 247
13.1 Langsamfiltration 248
13.2 Thermische Desinfektion 249
13.3 Chlorung 249
13.3.1 Hypochlorite 251
13.3.2 Chlorgas (Cl_2) 251
13.3.3 Chlordioxid (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

14 Maßnahmen zur Verringerung der Nitrationenkonzentration im Trinkwasser 257
14.1 Ursachen der erhöhten Nitrationenbelastung des Grundwassers . . . 258
14.2 Denitrifikation im Grundwasserleiter 259
14.3 Technische Reduktion der Nitrationenkonzentration 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

15 Schwimmbadwasseraufbereitung 271
15.1 Desinfektion 271
15.2 Filtration 271
15.3 Wassererneuerung 272

16 Korrosion in Trinkwassersystemen 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

17 Werkstoffe in der Trinkwasserversorgung 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

18 Korrosionsschutz in Trinkwasserversorgungssystemen 295
18.1 Natürliche Schutzschichten 295
18.2 Künstliche Schutzüberzüge 296
18.3 Korrosionsinhibitoren 296

19 Härtestabilisierung 297

20 Kathodischer Schutz 299

Literaturverzeichnis 303

Anhang: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001 305

Sachverzeichnis 337

http://www.springer.com/978-3-540-25163-7

Wasseraufbereitung
Chemie und chemische Verfahrenstechnik
Wilhelm, S.
2008, XII, 342 S., Hardcover
ISBN: 978-3-540-25163-7