

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1.1	Von den Ozeanen zum Trinkwasser	1
1.2	Chemisch-physikalische Eigenschaften des Wassers	12
1.3	Stoffe	12
1.3.1	Reine Stoffe	14
1.3.2	Heterogene und homogene Mischungen	21
2	Wasserchemie	23
2.1	Einheiten in der Wasserchemie	23
2.2	Wasserchemie – Definition und Begriffe	30
2.3	Wasser und Lösevermögen	41
3	Wasserarten und Wasserqualitäten	49
3.1	Rohwasser	49
3.2	Trinkwasser	50
3.3	Grundwasser	52
3.4	Oberflächenwasser	52
3.5	Kolloidindex	53
3.6	Wasserinhaltsstoffe	54
4	Entfernung von Feststoffen und gelösten Stoffen	57
4.1	Sieben	57
4.2	Sichten	57
4.3	Adsorption	58
4.4	Sedimentation	58
4.4.1	Absink-/Absetzgeschwindigkeit	60
4.4.2	Konzentrationsmaße in Sedimenten	63
4.5	Flotation	64
4.6	Entsäuerung	65
4.7	Enteisenung	66
4.8	Entmanganung	67
4.9	Enthärtung	67

4.10	Filtration	67
4.10.1	Physikalische Grundlagen einer Filtration	69
4.11	Flockung und Flockungsmittel	69
4.12	Flockungshilfsmittel	70
4.13	Aktivkohle und Aktivkohlefilter	70
4.13.1	Einsatz von Aktivkohlefiltern	72
4.13.2	Beschreibung von Adsorptionsvorgängen	73
4.13.3	Kenndaten zu Aktivkohlen	75
4.13.4	Auslegung eines Aktivkohlefilters	75
4.13.5	Adsorptionszone	76
4.13.6	Adsorption im Aktivkohlefilter	76
4.13.7	Aktivkohleverbrauch	78
4.13.8	Regeneration einer Aktivkohle	80
4.13.9	Anwendungsbeispiele in der Wassertechnik	81
4.14	Adsorption	81
4.15	Verdampfung	82
5	Rohrleitungen	85
5.1	Strömungstechnische und physikalische Grundlagen	85
5.2	Strömungsformen	86
5.2.1	Volumenstrom	86
5.2.2	Laminare Strömung	87
5.2.3	Turbulente Strömung	87
5.2.4	Mittlere Fließgeschwindigkeit	87
5.2.5	Rohrrauheiten	88
5.2.6	Relative Rauheit	89
5.2.7	Viskosität	89
5.2.8	Reynolds-Zahl	90
5.2.9	Rohrreibungszahl λ	91
5.2.10	Rohrreibungs- und Widerstandszahl	92
5.3	Größen und Kennzahlen	94
5.3.1	Hydraulischer Durchmesser	94
5.4	Berechnung von Druckverlusten	94
5.5	Druckverlust bei laminarer Strömung	95
5.5.1	Druckverluste durch Richtungsänderung	97
5.5.2	Richtwerte für Strömungsgeschwindigkeiten	100
5.6	Isolierstoffe und Isolierung von Rohrleitungen	100
5.6.1	Einteilung von Dämmstoffen	102
5.6.2	Rohrleitungsämmung	103
5.6.3	Isolierung von Behältern und Rohrleitungen	103
5.6.4	Wärmeleitfähigkeit	106
5.6.5	Temperatur- und Speicherfähigkeit	106
5.6.6	Feuchteschutz	107
5.6.7	Brandschutz	107
5.6.8	Berechnung des U -Wertes	108
5.6.9	Auslegung einer Rohrleitungsisolierung	109

- 6 **Armaturen, Verbindungen, Rohre und Rohrformteile** 111**
- 6.1 Armaturen 111
- 6.2 Rohrverbindungen 113
- 6.3 Rohre 116
- 6.4 Rohrformstücke 121

- 7 **Pumpen** 123**
- 7.1 Physikalische Grundlagen 123
- 7.2 Abhängigkeit Druck und Förderhöhe 126
- 7.3 Installation 128
- 7.4 Auslegung von Kreiselpumpen 135
- 7.5 Pumpenanschlussarten 138
- 7.6 Anforderungen an Pumpen für Sterilsysteme 139
- 7.7 Hygienedesign 139
- 7.8 Bauformen 142

- 8 **Dampf** 145**
- 8.1 Wassererwärmung mit direktem Dampfeintrag 146
- 8.2 Dampfspeicherung 147
- 8.3 Wasserdampf 148
- 8.4 Dampfkühlung 154
- 8.5 Kondensation 158
- 8.6 Kondensatableitung 159
- 8.7 Dampfleitung 163
- 8.8 Entlüftung des Dampfraums 168

- 9 **Wärmetauscher** 171**
- 9.1 Gesetzmäßigkeiten von Wärmeüberträgern 172
- 9.2 Wärmeübertragung 174
- 9.3 Wirkungsgrad 177
- 9.4 Wärmetechnische Auslegung 179
- 9.5 Wärmetauscherarten 183
- 9.6 Einsatzgebiete von Wärmeüberträgern 183
- 9.7 Rohrbündelwärmetauscher 183
- 9.8 Doppelrohrwärmetauscher 194
- 9.9 Kreuzstromwärmetauscher 195
- 9.10 Plattenwärmetauscher 196
- 9.11 Sterilwärmetauscher 198
- 9.12 Bau und Design eines Rohrwärmetauschers 200
- 9.12.1 Anwendungsanalyse 200
- 9.12.2 Definition der Wärmetauschergeometrie 201
- 9.12.3 Thermische Auslegung 201
- 9.12.4 Interpretation der Ergebnisse 201
- 9.13 Rohrteilungen und Bohrungen in Rohrböden 202

- 10 Kessel- und Speisewasser 205**
 - 10.1 Speisewasseraufbereitung 205
 - 10.2 Richtlinien für Kessel- und Speisewasser 208
 - 10.3 Entgasung von Speisewasser 208
 - 10.4 Behandlung von Speisewasser 214
 - 10.5 Komponenten zur Wasseraufbereitung 215

- 11 Schweißtechnik 219**
 - 11.1 Schweißnähte und deren Hygieneinfluss 221

- 12 Messtechnik 225**
 - 12.1 Für welche Anwendung welche Messzelle 226
 - 12.2 Leitfähigkeitsmessung (pH-Wert) 227
 - 12.3 Leitfähigkeitsmesszellen 227
 - 12.4 pH-Wert-Messung und -Regelung 230
 - 12.5 Temperaturmessung 231
 - 12.6 Füllstandsmesstechnik 233
 - 12.6.1 Kapazitive Füllstandsmesstechnik 236
 - 12.7 Druckmessung 238
 - 12.8 Durchflussmesstechnik 239
 - 12.9 Unterschied Durchflussmessung und Durchflusszähler 240
 - 12.10 Messverfahren 241
 - 12.10.1 Mechanisch-volumetrische Durchflussmesser 244
 - 12.11 Ozonmessung und Ozongeneratoren 245
 - 12.12 Leitfähigkeitsbestimmung in der Praxis und Pharmazie 249
 - 12.13 Einflussgrößen auf Messwerte 253
 - 12.13.1 TOC-Wert 253
 - 12.13.2 Nitratwert 255
 - 12.13.3 Metalle und Schwermetalle 255
 - 12.13.4 Nicht sichtbare Partikel 255
 - 12.14 Darstellung von Messgeräten in P&ID 256
 - 12.14.1 Darstellung von Signalen 260

- 13 Wasser in der Pharmazie und Medizintechnik 271**
 - 13.1 Gereinigtes Wasser (PW) 271
 - 13.2 Abgefülltes gereinigtes Wasser 272
 - 13.3 Hochgereinigtes Wasser (HPW) 273
 - 13.4 Wasser für Injektionszwecke (WFI) 273
 - 13.5 Sterilisiertes Wasser für Injektionszwecke 275
 - 13.6 Wasser für Dialyseeinrichtungen 278
 - 13.7 Gereinigtes Wasser als Bulkware 282
 - 13.8 Wasser in Laboren 283

- 14 Wasseraufbereitung in der pharmazeutischen Industrie 289**
 - 14.1 Planung 289

- 14.2 Technische Dokumentation 291
- 14.3 Beschriftung von Zeichnungen 295
- 14.4 Pharmagerechte Ausführung 298
 - 14.4.1 Filter 298
 - 14.4.2 Anschwemmfiltration 302
 - 14.4.3 Chlorentfernung 302
 - 14.4.4 Ultrafiltration 303
 - 14.4.5 Enthärtung 308
 - 14.4.6 Umkehrosmose 310
 - 14.4.7 Membranentgasung 316
 - 14.4.8 Elektrodeionisation (EDI) 316
 - 14.4.9 Destillation 317
 - 14.4.10 Mehrstufendruckkolonnen 319
 - 14.4.11 Lagerung von Pharmawasser 322
 - 14.4.12 Heißlagerung von Destillat 324
 - 14.4.13 Kaltlagerung von Destillat 324
 - 14.4.14 Behälterausführung 325
 - 14.4.15 Oberflächengüte von Behältern und Bauteilen 326
 - 14.4.16 Innenreinigung des Behälters 328
 - 14.4.17 AD-Merkblätter 333
 - 14.4.18 Druckbehälterberechnung nach AD 338
- 14.5 Grundbegriffe im Behälter- und Apparatebau 343
 - 14.5.1 Zulässiger Betriebsüberdruck 343
- 14.6 Mechanische Sicherheitseinrichtungen 348
 - 14.6.1 Sicherheitsventil 348
 - 14.6.2 Berstscheibe 349

- 15 Verteilung von Pharmawasser 353**
 - 15.1 Stichleitungssystem 353
 - 15.2 Ringleitungssysteme 353
 - 15.3 Direktverteilung 355
 - 15.4 Parallelleitungen 356
 - 15.5 Produktionsverteilring 356
 - 15.6 Heißzapfstelle/Entnahmekühler 358
 - 15.7 Kaltzapfstelle/Entnahmekühler 358

- 16 Reinigung, Hygiene und Desinfektion 361**
 - 16.1 Hygiene 361
 - 16.2 Branchenspezifische Anforderungen an Hygiene 362
 - 16.3 Reinigung 364
 - 16.4 Desinfektion 364
 - 16.5 Abkochen 365
 - 16.6 Chlorung 365
 - 16.7 Sterilisation 368
 - 16.8 Oxidation 368

16.9	UV-Entkeimung	368
16.10	Hygienetechnische Begriffe und Bedeutung	369
16.11	Hygienesdesign	370
16.12	Hygienesdesign und deren Regelwerke	372
16.13	Regelwerke und Organisationen	373
16.14	Hygiene in der Trinkwasserinstallation	376
16.15	Hygienesdesign von Anlagen und Anlagenkomponenten	377
16.16	Testmethoden zur Überprüfung der Reinigungsqualität	381
16.17	Personalhygiene	382
17	Die wichtigsten Wasserkeime	383
17.1	Kolonie bildende Einheiten (KBE)	385
17.2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	386
17.3	<i>Proteus mirabilis</i>	388
17.4	Klebsiella	389
17.5	Acinetobacter	390
17.6	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	392
17.7	<i>Legionella pneumophila</i>	393
17.8	<i>E. coli</i> , coliforme Bakterien	394
17.9	Enterokokken	395
17.10	Biofilme	396
17.11	Biokorrosion	402
17.12	Biofouling in der Wasseraufbereitung	402
17.13	Exponentielle Wachstumsprozesse	404
18	Edelstahl rostfrei, Eigenschaften und Korrosionsarten	409
18.1	Eigenschaften der austenitischen Stähle	409
18.2	Eigenschaften der ferritischen-martensitischen Stähle	410
19	Rouging	411
20	Qualifizierung und Validierung	421
20.1	Definition Qualifizierung	421
20.2	Definition Validierung	423
20.3	Inspektionen von Pharmawassersystemen	424
21	Mikrobiologisches Monitoring und Probennahmen	431
21.1	Probennahmen	432
	Weiterführende Literatur	437
	Stichwortverzeichnis	441