

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	Rohrleitungsdämmung	103
5.6.3	Isolierung von Behältern und Rohrleitungen	103
5.6.4	Wärmeleitfähigkeit	106
5.6.5	Temperatur- und Speicherefähigkeit	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	Hygienesdesign	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 Hygieneeinfluss	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	Produktionsverteiler	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	Hygienedesign	370
16.12	Hygienedesign und deren Regelwerke	372
16.13	Regelwerke und Organisationen	373
16.14	Hygiene in der Trinkwasserinstallation	376
16.15	Hygienedesign 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