

Vorwort	5
1 Wasserbedarf in der Ernährungsindustrie (J. Tietze)	14
1.1 Marktbedeutung der Ernährungsindustrie in Deutschland	14
1.1.1 Umsatzzahlen der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	15
1.1.2 Anzahl der Betriebe der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	15
1.2 Wasserverbrauch in ausgewählten Branchen der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	17
1.2.1 Milchindustrie	18
1.2.2 Fleischindustrie	18
1.2.3 Futtermittelindustrie	20
1.2.4 Fischindustrie	21
1.2.5 Getränkeindustrie	23
1.2.6 Zusammenfassung	25
1.3 Aufteilung des Wasserverbrauchs einer Grossbrauerei	26
1.4 Wasser als Position der variablen Kosten in einer mittelständischen Brauerei	26
1.5 Anmerkungen zum verwendeten Daten- und Zahlenmaterial	28
2 Gesetzgebung	30
2.1 Umweltrecht (M. Sonntag)	30
2.1.1 Grundbegriffe	30
2.1.2 Umweltrecht	30
2.1.2.1 Entstehung	30
2.1.2.2 Bereiche des Umweltrechts	31
2.1.2.3 Schutzgegenstände	32
2.1.2.4 Grundprinzipien	33
2.1.3 Rechtsschutz im Umweltrecht	34

2.1.3.1	Rechtsschutz im Verwaltungsverfahren	34
2.1.3.2	Rechtsschutz durch die Verwaltungsgerichte	34
2.1.4	Gewässerschutzrecht	35
2.1.4.1	Rechtsgrundlagen	35
2.1.4.2	Wasserhaushaltsgesetz	36
2.2	Trinkwassergesetzgebung (<i>l. Schmittnägel</i>)	40
2.2.1	Was ist Trinkwasser?	40
2.2.2	Trinkwasser-Recht	40
2.2.3	Die Trinkwasserverordnung 2001 in der Fassung vom 5. Dezember 2012	41
2.2.4	Mikrobiologische Anforderungen	42
2.2.5	Chemische Anforderungen	45
2.2.6	Weitere Regelungen	47
2.2.7	Fazit	50
2.3	Lebensmittelrecht (<i>l. Schmittnägel</i>)	52
2.3.1	Einleitung	52
2.3.2	Natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser	52
2.3.2.1	Rückblick auf die rechtliche Entwicklung für natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser	52
2.3.2.2	Mineralwasser	52
2.3.2.3	Quellwasser	58
2.3.2.4	Tafelwasser	58
2.3.2.5	Trinkwasser	60
2.3.2.6	Heilwasser	60
2.3.3	Schlussfolgerungen	60
2.4	Abwasserrecht (<i>A. Ahrens</i>)	64
2.4.1	Nationale Regelungen	64
2.4.1.1	Direkteinleitung	64

2.4.1.2	Indirekteinleitung	65
2.4.2	Begleitende nationale Regelungen	66
2.4.3	Einfluss des EU-Rechts auf das Abwasserrecht	66
2.4.3.1	Abwasser-Richtlinie 91/271/EGW	66
2.4.3.2	Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)	67
2.4.4	Regelwerke zu Abwasser aus der Getränkeindustrie	67
3	Inhaltsstoffe und Belastungen in Wasser	71
3.1	Organische Stoffe (<i>J. Türk, T. Letzel</i>)	71
3.1.1	Organische Moleküle im Wasser	71
3.1.2	Natürlich vorkommende Moleküle	73
3.1.3	Industriell eingesetzte Chemikalien	74
3.1.4	Landwirtschaftlich eingesetzte Chemikalien	76
3.1.5	Häuslich eingesetzte Chemikalien	77
3.2	Anorganische Stoffe (<i>C. Nörpel</i>)	83
3.2.1	Eisen und Mangan	83
3.2.2	Bor	86
3.2.3	Alkalimetalle	86
3.2.4	Erdalkalimetalle	87
3.2.5	Halogene	88
3.3	Schwermetalle (<i>C. Nörpel</i>)	90
3.3.1	Antimon (SB)	90
3.3.2	Arsen (As)	90
3.3.3	Blei (Pb)	91
3.3.4	Cadmium (Cd)	91
3.3.5	Quecksilber (Hg)	92
3.4	Radionuklide (<i>C. Nörpel</i>)	92

3.4.1	Uran (U)	92
3.4.2	Radon (Rn)	92
4	Trinkwasseraufbereitung	94
4.1	Physikalische Verfahren (<i>C. McHardy, M. Verhülsdonk</i>)	94
4.1.1	Filtration	94
4.1.1.1	Oberflächenfiltration und Tiefenfiltration	94
4.1.1.2	Druckbetriebene Schnellfilter	94
4.1.1.3	Praktische Grundlagen	95
4.1.1.4	Theoretische Grundlagen	98
4.1.2	Membranverfahren	99
4.1.2.1	Anwendungsbereiche	100
4.1.2.2	Mikro- und Ultrafiltration	101
4.1.2.3	Nanofiltration und Umkehrosmose	102
4.1.2.4	Limitierende Faktoren für den Betrieb	103
4.1.2.5	Kennzahlen	103
4.1.2.6	Scaling/Fouling	104
4.2	Chemische Verfahren (<i>C. Nörpel</i>)	109
4.2.1	Enteisenung	109
4.2.2	Entmanganung	111
4.2.3	Entarsenierung	112
4.2.4	Entsäuerung	113
4.2.5	Entsalzung	116
4.2.6	Entgasung	119
4.3	Adsorptive Verfahren (<i>D. Scheu</i>)	122
4.3.1	Ionenaustausch	122
4.3.1.1	Einsatz von Ionenaustauschern	122
4.3.1.2	Aufbau und Funktion eines Ionenaustauschers	123
4.3.1.3	Sanitisierung eines Ionenaustauschers	123

4.3.1.4	Zusammenhang der Ionenzusammensetzung	124
4.3.1.5	Praktisches Beispiel: Auslegung einer Enthärtungsanlage	127
4.3.2	Aktivkohle	129
4.3.2.1	Herstellung	129
4.3.2.2	Adsorption	130
4.3.2.3	Typische Kontaminanten zur Adsorption an Aktivkohle	130
4.3.2.4	Adsorptionsgleichgewicht	131
4.3.2.5	Adsorptionskapazität	132
4.3.2.6	Ablauf der Adsorption im Aktivkohlefestbett	133
4.3.2.7	Aufbau eines Aktivkohlefilters	133
4.3.2.8	Auslegung eines Aktivkohlefilters	134
4.3.2.9	Rückspülung und Reaktivierung von Aktivkohle	134
4.3.2.10	Praktisches Beispiel: Auslegung eines Aktivkohlefilters zur Entchlorung	135
4.4	Pumpentechnologie (<i>M. Keller</i>)	137
4.4.1	Allgemeines	13
4.4.2	Geschichtliches	137
4.4.3	Einteilung der Pumpen	137
4.4.4	Pumpenkennlinien	139
4.4.5	Anlagenkennlinie	141
4.4.6	Auswahl der richtigen Pumpe	143
4.4.7	Pumpenantrieb und Drehzahlregelung	143
4.4.8	Gesamtwirkungsgrad	146
5	Desinfektion (<i>H. Evers, U. Behmel, M. Becker</i>)	147
5.1	Chemische Desinfektion	150
5.1.1	Ozon	152
5.1.1.1	Konventionelle Ozonierung	154
5.1.1.2	Neue Verfahren der Ozonierung	155
5.1.1.3	Unerwünschte Nebenprodukte	156
5.1.2	Chlor	157

5.1.2.1	Wirkungsweise von Aktivchlorprodukten	157
5.1.2.2	Natrium-Hypochlorit	158
5.1.2.3	Annolyte®	158
5.1.2.4	IMECA®-Verfahren als Beispiel	159
5.1.2.5	Keimreduktion und D-Werte	161
5.1.2.6	Einfluss der Temperatur (z-Wert)	162
5.1.3	Chlordioxid	162
5.1.3.1	Eigenschaften von ClO ₂ als Desinfektionsmittel	162
5.1.3.2	Rektion mit anorganischen und organischen Wasserinhaltsstoffen	163
5.1.3.3	Konzentrationen	16
5.1.3.4	Einsatzgebiete	164
5.1.3.5	Anwendung von Chlordioxid in sehr weichen Wässern	164
5.1.3.6	Die Ausführung von Chlordioxid-Anlagen	165
5.1.3.7	Chlorit-Chlor-Verfahren	165
5.1.3.8	Chlorit-Salzsäure-Verfahren	166
5.1.3.9	Chlorit-Peroxodisulfat-Verfahren	167
5.1.3.10	Analytik	167
5.2	Chemisch-Physikalische Verfahren	167
5.2.1	Thermische Verfahren	168
5.2.2	Mechanische Verfahren	168
5.2.3	Desinfektion mit UV	169
5.2.3.1	Die Erzeugung von UV-Strahlung	170
5.2.3.2	Einflüsse auf die Desinfektion mit UV	171
5.2.3.3	Ausführung einer UV-Anlage	172
5.2.3.4	Auslegung einer UV-Desinfektionsanlage	173
5.2.3.5	Anwendungen	173
5.3	Reinigung und Desinfektion	177
5.3.1	Wirkstoffe	177
5.3.2	Praxisbeispiele von Reinigungsprozessen	178
5.3.2.1	Oberflächendesinfektion mit Ozon	178

5.3.3	Korrosionseinfluss durch Desinfektionsmittelreste im Haftwasser	179
5.3.4	Einfluss von oxidierenden Desinfektionsmitteln auf Getränke	180
5.3.4.1	Chlor	180
5.3.4.2	Ozon und Chlordioxid	181
5.3.4.3	ClO ₂ in Brauwasser und Verdünnungswasser	181
5.3.4.4	Einfluss von Oxidantien auf Zitronenaroma	182
5.3.4.5	Peressigsäure, H ₂ O ₂	182
6	Probleme und Maßnahmen	185
6.1	Biofilme – Eigenschaften, Detektion und Visualisierung <i>(M. Wagner, H. Horn)</i>	185
6.1.1	Was sind Biofilme?	185
6.1.2	Biofilme „sichtbar“ machen	188
6.1.2.1	Online Messung der Biofilm-Dicke mittels DEPOSENS® Biofilm-Sensor	188
6.1.2.2	Vorstellung des Probenahmeports DEPOTRAP	190
6.1.2.3	Offline Analyse der Biofilm-Struktur	191
6.1.3	Fazit	195
6.2	Rohrleitungsdesign <i>(J. Hofmann)</i>	198
6.2.1	Werkstoffe	198
6.2.2	Oberflächen	198
6.2.3	Fertigung von Rohren	200
6.2.4	Schweißen von Rohrleitungen	201
6.2.5	Rohrleitungsplanung	202
6.2.6	Kennzeichnung von Rohrleitungen	205
6.2.7	Reinigung	205
6.2.7	Ausblick für die Praxis	206
6.2.8	Fazit	206
7	Abwasserbehandlung in der Getränkeindustrie <i>(B. Helmreich)</i>	208
7.1	Physikalisch-chemische Verfahren	208
7.1.1	Rechen und Siebe	208
7.1.2	Sedimentation	208

7.1.3	Flotation	209
7.1.4	Neutralisation	209
7.1.5	Misch- und Ausgleichsbecken	210
7.1.6	Fällung und Flockung	211
7.2	Biologische Verfahren	211
7.2.1	Allgemeines	211
7.2.2	Aerobe Verfahren	212
7.2.2.1	Grundlagen	212
7.2.2.2	Anlagen mit suspendierter Biomasse (Belebungsverfahren)	213
7.2.2.3	Aerobe Verfahren mit sessiler Biomasse	216
7.2.3	Anaerobe Abwasserreinigung	219
7.2.3.1	Grundlagen	219
7.2.3.2	Verfahren ohne Biomasseanreicherung	220
7.2.3.3	Verfahren mit Biomasseanreicherung	221
7.2.3.4	Abluft- und Biogasbehandlung	225
7.2.3.5	Verwertung von Biogas	225
7.2.3.6	Vergleich aerobe und anaerobe Verfahren	226
7.2.4	Kombinierte Verfahren	227
8	Wasserkreisläufe und Wasserfußabdruck (K. Glas, T. Buscham)	230
8.1	Brauchwassergewinnung	230
8.1.1	Einleitung	230
8.1.2	Aufbereitung des Abwassers	230
8.1.3	Anlagenwirtschaftlichkeit	231
8.2	Wasserfußabdruck	233
8.2.1	Grundlagen des Wasserfußabdrucks	233
8.2.2	Der Wasserfußabdruck am Beispiel der Bierproduktion	234
8.2.3	Ausblick für den Wasserfußabdruck in der Brau- und Getränkebranche	238