

Inhaltsverzeichnis

Technik der Wasserversorgung	1
1. Aufgaben der Wasserversorgung	3
1.1 <i>Wasserwirtschaft und Umweltschutz</i>	3
1.2 <i>Lebensmittel Trinkwasser</i>	4
1.3 <i>Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung</i>	6
1.4 <i>Anforderungen an eine Wasserversorgungsanlage</i>	7
1.4.1 <i>Allgemeine Forderungen</i>	7
1.4.2 <i>Arten der Wasserversorgung</i>	8
1.4.3 <i>Einzel- oder Doppelte Wasserversorgungsnetze</i>	8
1.4.4 <i>Keine Verbindung von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen mit Eigenanlagen</i>	9
1.4.5 <i>Fremdwasserbezug</i>	10
1.5 <i>Planung einer Wasserversorgungsanlage</i>	10
1.6 <i>Anlagenteile einer Wasserversorgungsanlage</i>	11
<i>Literatur</i>	12
2. Wasserabgabe – Wasserverbrauch – Wasserbedarf	13
2.1 <i>Struktur der öffentlichen Wasserversorgung</i>	13
2.2 <i>Anschlussgrad</i>	14
2.3 <i>Wasserabgabe – Wasserverbrauch</i>	14
2.3.1 <i>Begriffe und bestimmende Faktoren</i>	14
2.3.2 <i>Wasserabgabe im Betrachtungszeitraum</i>	16
2.3.3 <i>Wasserabgabe pro Jahr</i>	16
2.3.3.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	16
2.3.3.2 <i>Schwankungen Q_a</i>	18
2.3.4 <i>Wasserabgabe pro Monat</i>	18
2.3.4.1 <i>Größe</i>	18
2.3.4.2 <i>Schwankung Q_{Mt} im Jahr</i>	18
2.3.5 <i>Wasserabgabe pro Tag</i>	19
2.3.5.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	19
2.3.5.2 <i>Schwankungen Q_d im Jahr</i>	19
2.3.5.2.1 <i>Größtwert $Q_{d\max}$</i>	19
2.3.5.2.2 <i>Kleinstwert $Q_{d\min}$</i>	21
2.3.5.3 <i>Schwankungen Q_d in der Woche</i>	21
2.3.5.4 <i>Wasserabgabe – Ganglinie – Dauerlinie</i>	21
2.3.6 <i>Wasserabgabe pro Stunde</i>	23
2.3.6.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	23
2.3.6.2 <i>Schwankungen Q_h während des Tages</i>	23
2.3.6.3 <i>Größtwert $Q_{h\max}$</i>	25
2.3.6.3.1 <i>Größtwert $Q_{h\max}$ nach DVGW-Umfragen</i>	25
2.3.6.3.2 <i>$Q_{h\max}$ nach Stundenspitzenfaktor</i>	25
2.3.6.3.3 <i>$Q_{h\max}$ nach max. Stundenprozentwert</i>	26
2.3.6.3.4 <i>$Q_{h\max}$ nach einwohnerbezogener max. Stundenabgabe</i>	27
2.3.6.4 <i>Kleinstwert $Q_{h\min}$</i>	28
2.3.7 <i>Bemessungsgrundlage für Sonderobjekte</i>	28
2.4 <i>Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit</i>	31
2.4.1 <i>Berechnungsdurchfluss von Auslauf-Armaturen</i>	31

2.4.2	Wasserverbrauch je Einzelvorgang.....	32
2.4.3	Wasserverbrauch im Haushalt für einzelne Zwecke	32
2.4.4	Erfahrungswerte des Wasserverbrauchs je Verbrauchseinheit.....	33
2.4.5	Eigenverbrauch der WVU.....	35
2.4.6	Wasserverlust.....	35
2.5	<i>Wasserverbrauch der Industrie</i>	36
2.6	<i>Wassersparen</i>	36
2.6.1	Fachliche Randbedingungen.....	36
2.6.2	Maßnahmen	37
2.6.2.1	Wasserversorgungsunternehmen	37
2.6.2.2	Industrie und verarbeitendes Gewerbe.....	37
2.6.2.3	Landwirtschaft	37
2.6.2.4	Haushaltsbereich.....	38
2.6.2.5	Öffentliche Einrichtungen, Hotel- und Gaststättengewerbe	38
2.6.2.6	Wasserrechtliche Gestattung.....	38
2.7	<i>Wasserbedarf</i>	38
2.7.1	Bemessungsgrößen des Wasserbedarfs.....	39
2.7.2	Bemessungszeitraum.....	39
2.7.3	Feststellen der Bemessungsgrundlagen.....	39
2.7.3.1	Derzeitige und künftige Zahl der versorgten Einwohner	39
2.7.3.2	Wohndichte.....	40
2.7.3.3	Einwohnerbezogener Wasserbedarf.....	41
2.7.3.4	Spitzenwerte	42
2.7.3.5	Entwicklung des industriellen und sonstigen Wasserbedarfs.....	42
2.7.3.6	Klimatische Verhältnisse	42
2.7.3.7	Anschlussgrad.....	42
2.7.4	Löschwasserbedarf.....	42
2.7.4.1	Allgemeines.....	42
2.7.4.2	Grundschutz.....	43
2.7.4.3	Objektschutz.....	44
2.7.4.4	Löschwasser-Bereitstellung durch das WVU	44
2.7.5	Wasserbedarf im Krisenfall	44
2.7.6	Beispiel einer Wasserbedarfsberechnung.....	45
	<i>Literatur</i>	47
3.	Wassergewinnung	49
3.1	<i>Wasserbilanz</i>	49
3.1.1	Wasservorkommen der Erde.....	49
3.1.2	Arten der Wassergewinnung.....	50
3.2	<i>Wasserhaushalt</i>	52
3.2.1	Niederschlag	52
3.2.2	Verdunstung.....	56
3.2.3	Abfluss.....	57
3.2.3.1	Oberirdischer Abfluss	57
3.2.3.2	Unterirdischer Abfluss.....	59
3.2.3.2.1	Bodenwasser.....	59
3.2.3.2.2	Grundwasser.....	60
3.2.4	Einfluss des Klimawandels	63
3.3	<i>Wasserdargebot</i>	63
3.3.1	Grundwasser	63
3.3.1.1	Grundwasserleiter.....	63
3.3.1.2	Grundwasservorkommen	64

3.3.1.3	Grundwasserhydraulik	65
3.3.1.3.1	Allgemeines	65
3.3.1.3.2	Pumpversuche	67
3.3.1.3.3	Hohlraumanteil	75
3.3.1.3.4	Grundwasserströmung und -gefälle	76
3.3.1.3.5	Grundwasserfließgeschwindigkeit	77
3.3.1.4	Grundwassererkundung	79
3.3.1.4.1	Allgemeine Voraussetzungen	79
3.3.1.4.2	Hydrogeologische Untersuchungen	79
3.3.1.4.3	Geophysikalische Methoden	81
3.3.1.4.4	Versuchsbohrungen	82
3.3.1.4.5	Bohrlochmessungen	82
3.3.1.4.6	Grundwassermessstellen	83
3.3.1.4.7	Wasserbeschaffenheit	83
3.3.1.4.8	Auswirkungen	84
3.3.1.5	Grundwasserentnahme aus Brunnen	84
3.3.1.5.1	Allgemeines	84
3.3.1.5.2	Hydraulische Verhältnisse bei Einzelbrunnen	85
3.3.1.5.3	Hydraulische Verhältnisse bei Mehrbrunnenanlagen	89
3.3.1.5.4	Hydraulische Verhältnisse bei Sickergalerien	89
3.3.1.5.5	Hydraulische Verhältnisse bei Horizontalfilterbrunnen	90
3.3.1.6	Grundwasserableitung aus Quellen	92
3.3.1.7	Grundwassermodelle	94
3.3.2	Uferfiltrat	96
3.3.3	Grundwasseranreicherung	97
3.3.3.1	Unterirdische Versickerungsanlagen	98
3.3.3.2	Oberirdische Versickerungsanlagen	98
3.3.4	Oberflächenwasser	100
3.3.4.1	Niederschlagswasser	100
3.3.4.2	Luftfeuchtigkeit	100
3.3.4.3	Meerwasser	100
3.3.4.4	Flusswasser	100
3.3.4.5	Seen und Trinkwassertalsperren	100
3.3.5	Wahl der Wasserdargebots	101
3.4	<i>Wasserfassungen</i>	102
3.4.1	Quellfassungen	102
3.4.1.1	Vorbereitungen	102
3.4.1.2	Schichtquellenfassungen (absteigende Quellen)	102
3.4.1.3	Stauquellenfassungen (aufsteigende Quellen)	105
3.4.1.4	Dokumentation	107
3.4.1.5	Betrieb	107
3.4.1.6	Rückbau	107
3.4.2	Brunnen	108
3.4.2.1	Allgemeines	108
3.4.2.2	Schlagbrunnen	108
3.4.2.3	Spülbrunnen	108
3.4.2.4	Schachtbrunnen	108
3.4.2.5	Bohrbrunnen	109
3.4.2.5.1	Allgemeines	109
3.4.2.5.2	Planung und Bemessung	109
3.4.2.5.3	Herstellen der Bohrung	111
3.4.2.5.4	Brunnenausbau	117
3.4.2.5.5	Klarpumpen und Entsanden	125

3.4.2.5.6	Pumpversuche.....	129
3.4.2.5.7	Überwachung der Bohrung.....	130
3.4.2.5.8	Dokumentation und Abnahme.....	130
3.4.2.6	Großvertikalfilterbrunnen.....	131
3.4.2.7	Brunnenreihen.....	132
3.4.2.8	Horizontalfilterbrunnen.....	132
3.4.2.9	Betrieb.....	134
3.4.2.10	Leistungsrückgang.....	135
3.4.2.11	Regenerierung.....	136
3.4.2.12	Sanierung und Rückbau.....	137
3.4.3	Sickerfassungen.....	139
3.4.4	Stollenfassungen.....	139
3.4.5	Oberflächenwasserentnahmen.....	139
3.4.5.1	Allgemeines.....	139
3.4.5.2	Trinkwassertalsperren.....	139
3.4.5.3	Seewasserfassungen.....	142
3.4.5.4	Flusswasserfassungen.....	142
3.5	<i>Wasserschutzgebiete</i>	143
3.5.1	Schutzgebiete für Grundwasser.....	144
3.5.1.1	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	144
3.5.1.2	Reinigungswirkung des Untergrundes.....	144
3.5.1.3	Bemessung des Schutzgebiets und der Schutzzonen.....	145
3.5.1.4	Schutzgebietsverordnung.....	147
3.5.1.5	Überwachung.....	150
3.5.2	Schutzgebiete für Talsperren.....	150
3.5.2.1	Allgemeines.....	150
3.5.2.2	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	151
3.5.2.3	Bemessung des Schutzgebietes und der Schutzzonen.....	151
3.5.2.4	Schutzgebietsverordnung.....	152
3.5.2.5	Überwachung.....	154
3.5.3	Schutzgebiete für Seen und Flüsse.....	154
	<i>Literatur</i>	155
4.	Wasseraufbereitung	157
4.1	<i>Wasserbeschaffenheit</i>	157
4.1.1	Physikalisch-chemische Eigenschaften des reinen Wassers.....	157
4.1.1.1	Bestandteile.....	157
4.1.1.2	Aggregatzustand und Masse.....	157
4.1.1.3	Viskosität.....	158
4.1.1.4	Spezifische Wärme.....	158
4.1.1.5	Zusammendrückbarkeit.....	159
4.1.1.6	Chemisches Lösungsvermögen.....	159
4.1.1.7	Folgeerscheinungen.....	160
4.1.2	Natürliche Rohwässer – Beschaffenheit und Anforderungen.....	160
4.1.2.1	Allgemeines.....	160
4.1.2.2	Grundwasser und Quellwasser.....	161
4.1.2.3	Oberflächenwasser.....	165
4.1.2.4	Künstlich angereichertes Grundwasser und Uferfiltrat.....	168
4.1.2.4.1	Künstlich angereichertes Grundwasser.....	168
4.1.2.4.2	Uferfiltrat.....	169
4.1.2.5	Regenwasser.....	169
4.1.3	Anforderungen an Trinkwasser – DIN 2000.....	169
4.1.4	Anforderungen der EU-Richtlinie und der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).....	170

4.1.5	Parameter zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	172
4.1.5.1	Allgemeines	172
4.1.5.2	Mikrobiologische Parameter	173
4.1.5.2.1	Allgemeines	173
4.1.5.2.2	Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken	174
4.1.5.2.3	Koloniezahl, Clostridium perfringens (als Indikator für Parasiten)	174
4.1.5.2.4	Legionella pneumophila und andere Mikroorganismen	175
4.1.5.3	Chemische Parameter	175
4.1.5.3.1	Antimon (Sb)	175
4.1.5.3.2	Arsen (As)	176
4.1.5.3.3	Blei (Pb)	176
4.1.5.3.4	Cadmium (Cd)	177
4.1.5.3.5	Chrom (Cr)	177
4.1.5.3.6	Cyanid (CN^-)	177
4.1.5.3.7	Fluorid (F^-)	178
4.1.5.3.8	Nickel (Ni)	178
4.1.5.3.9	Nitrat (NO_3^-)	179
4.1.5.3.10	Nitrit (NO_2^-)	181
4.1.5.3.11	Quecksilber (Hg)	181
4.1.5.3.12	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	181
4.1.5.3.13	Organische Chlorverbindungen, THM, Bromat	182
4.1.5.3.14	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSM)	182
4.1.5.3.15	Kupfer (Cu)	184
4.1.5.3.16	Selen (Se)	185
4.1.5.3.17	Bor (B)	185
4.1.5.3.18	Uran (U)	185
4.1.5.4	Indikatorparameter und Parameter ohne Grenzwerte	186
4.1.5.4.1	Allgemeines	186
4.1.5.4.2	Färbung	186
4.1.5.4.3	Trübung	186
4.1.5.4.4	Geruch	187
4.1.5.4.5	Temperatur	188
4.1.5.4.6	pH-Wert, Calcitlösekapazität	190
4.1.5.4.7	Leitfähigkeit	194
4.1.5.4.8	Oxidierbarkeit	195
4.1.5.4.9	Aluminium (Al)	195
4.1.5.4.10	Ammonium (NH_4^+)	197
4.1.5.4.11	Benzinzusatz MTBE	197
4.1.5.4.12	Barium (Ba)	198
4.1.5.4.13	Calcium (Ca)	198
4.1.5.4.14	Chlorid (Cl^-)	198
4.1.5.4.15	Eisen (Fe)	200
4.1.5.4.16	Kalium (K)	200
4.1.5.4.17	Zink (Zn)	200
4.1.5.4.18	Magnesium (Mg)	201
4.1.5.4.19	Mangan (Mn)	201
4.1.5.4.20	Natrium (Na)	202
4.1.5.4.21	Phenole (C_6H_5OH)	202
4.1.5.4.22	Phosphor (P)	202
4.1.5.4.23	Silber (Ag)	203
4.1.5.4.24	Sulfat (SO_4^{2-})	203
4.1.5.4.25	Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe; Mineralöle	204
4.1.5.4.26	Arzneimittelrückstände	204

4.1.5.4.27	Oberflächenaktive Stoffe	205
4.1.5.4.28	Radioaktive Stoffe	205
4.1.5.4.29	Pufferung, Säure- und Basekapazität	206
4.1.5.4.30	Summe Erdalkalien (Härte)	207
4.1.5.4.31	Kohlensäure (CO ₂), anorganischer Kohlenstoff	209
4.1.5.4.32	Summen- und Gruppenparameter für organische Stoffe	212
4.1.5.4.33	Sauerstoff	213
4.1.5.4.34	Redoxspannung	213
4.1.5.4.35	Schwefelwasserstoff	214
4.1.5.4.36	Geschmack	214
4.1.6	Zusatzstoffe zur Trinkwasseraufbereitung (Aufbereitungsstoffe)	215
4.1.7	Durchführung der Wasseruntersuchungen	215
4.1.7.1	Allgemeines	215
4.1.7.2	Umfang und Häufigkeit der Untersuchungen	216
4.1.7.3	Probenentnahme, Untersuchungen vor Ort	219
4.1.7.4	Ergebnisangabe	220
4.1.7.5	Beurteilung der Wasserbeschaffenheit einschließlich Korrosivität	221
4.1.8	Schutz des Wassers und Sanierungsmaßnahmen	223
4.1.8.1	Allgemeines	223
4.1.8.2	Schutz der Trinkwasserressourcen	224
4.1.8.3	Schutz des Trinkwassers	227
4.1.9	Sicherheit in der Trinkwasserversorgung	228
4.2	<i>Trinkwasseraufbereitung</i>	229
4.2.1	Anforderungen und Verfahren	229
4.2.2	Physikalische Verfahren	231
4.2.2.1	Vorreinigungsverfahren	231
4.2.2.1.1	Rechen	231
4.2.2.1.2	Entsandung	231
4.2.2.1.3	Entölung	232
4.2.2.1.4	Sieben	232
4.2.2.2	Flockung, Sedimentation, Flotation	233
4.2.2.2.1	Allgemeines	233
4.2.2.2.2	Flockung	233
4.2.2.2.3	Sedimentation	236
4.2.2.2.4	Flotation	239
4.2.2.3	Gasaustausch	239
4.2.2.3.1	Allgemeines und Grundlagen	239
4.2.2.3.2	Anlagen und Leistungsdaten	241
4.2.2.4	Filtration	244
4.2.2.4.1	Allgemeines	244
4.2.2.4.2	Einteilung der Filter	244
4.2.2.4.3	Bestandteile des Filters	245
4.2.2.4.4	Filtermaterialien	246
4.2.2.4.5	Bemessung und Betrieb	246
4.2.2.4.6	Filterrückspülung	249
4.2.2.4.7	Langsamfilter	250
4.2.2.4.8	Feinfiltersysteme	251
4.2.2.5	Membranverfahren	251
4.2.2.5.1	Allgemeines	251
4.2.2.5.2	Umkehrosmose und Nanofiltration (UO und NF)	253
4.2.2.5.3	Ultrafiltration und Mikrofiltration (UF und MF)	255
4.2.2.6	Adsorption an Aktivkohle	255
4.2.2.6.1	Allgemeines	255

	4.2.2.6.2	Einsatz von Kornaktivkohle.....	256
	4.2.2.6.3	Einsatz von Pulveraktivkohle.....	257
	4.2.2.7	Grundwasseranreicherung.....	257
4.2.3		Chemische Verfahren.....	258
	4.2.3.1	Flockung/Fällung	258
	4.2.3.2	Oxidation	258
	4.2.3.2.1	Allgemeines	258
	4.2.3.2.2	Ozon (O ₃).....	259
	4.2.3.2.3	Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂)	261
	4.2.3.2.4	Kaliumpermanganat (KMnO ₄).....	262
	4.2.3.3	Neutralisation.....	262
	4.2.3.3.1	Allgemeines	262
	4.2.3.3.2	Filtration über Calciumcarbonat	263
	4.2.3.3.3	Filtration über halbgebranntem Dolomit.....	264
	4.2.3.3.4	Zugabe von Alkalien.....	265
	4.2.3.4	Ionenaustausch.....	267
	4.2.3.4.1	Allgemeines	267
	4.2.3.4.2	Prinzip des Ionenaustausches.....	267
	4.2.3.4.3	Betrieb eines Ionenaustauschers	267
	4.2.3.4.4	Arten des Ionenaustausches	268
	4.2.3.4.5	Carix-Verfahren	269
	4.2.3.4.6	Elimination von Schwermetallen.....	270
4.2.4		Biologische Verfahren	270
4.2.5		Anwendung der Aufbereitungsverfahren	270
	4.2.5.1	Allgemeines	270
	4.2.5.2	Entsäuerung	271
	4.2.5.2.1	Allgemeines	271
	4.2.5.2.2	Verfahren zur Entsäuerung	271
	4.2.5.2.3	Auswahl des Verfahrens	271
	4.2.5.3	Enteisenung.....	273
	4.2.5.3.1	Allgemeines	273
	4.2.5.3.2	Sauerstoffzufuhr	273
	4.2.5.3.3	Sedimentation	274
	4.2.5.3.4	Filtration	274
	4.2.5.3.5	Unterirdische Enteisenung (und Entmanganung).....	276
	4.2.5.4	Entmanganung	277
	4.2.5.5	Aufbereitung von reduzierten Wässern	278
	4.2.5.6	Entfernen von organischen Inhaltsstoffen.....	279
	4.2.5.6.1	Algen, Plankton, sonstige organische Partikel	279
	4.2.5.6.2	Farbe, Geruch, Geschmack	279
	4.2.5.6.3	Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW).....	280
	4.2.5.6.4	Organische Spurenstoffe.....	280
	4.2.5.7	Entfernen der Stickstoffverbindungen.....	281
	4.2.5.7.1	Allgemeines	281
	4.2.5.7.2	Nitratentfernung	281
	4.2.5.7.3	Nitritentfernung	283
	4.2.5.7.4	Ammoniumentfernung.....	284
	4.2.5.8	Enthärtung.....	287
	4.2.5.8.1	Allgemeines	287
	4.2.5.8.2	Übersicht zu den Enthärtungsverfahren	287
	4.2.5.8.3	Langsamentcarbonisierung	290
	4.2.5.8.4	Schnellentcarbonisierung.....	290
	4.2.5.8.5	Kalk-Soda-Verfahren	291

4.2.5.9	Entsalzung	291
4.2.5.10	Aufhärtung	292
4.2.5.11	Dosierung von Phosphat und Silikat	293
4.2.5.12	Entfernen von anorganischen Spurenstoffen	294
4.2.5.12.1	Allgemeines	294
4.2.5.12.2	Arsenentfernung	294
4.2.5.12.3	Aluminiumentfernung	295
4.2.5.12.4	Nickelentfernung	296
4.2.5.12.5	Uranentfernung	296
4.2.5.13	Dekontamination	296
4.2.5.14	Desinfektion	298
4.2.5.14.1	Allgemeines	298
4.2.5.14.2	Desinfektion mit Chlor und Hypochloriten	300
4.2.5.14.3	Desinfektion mit Chlordioxid	303
4.2.5.14.4	UV-Bestrahlung	305
4.2.5.14.5	Desinfektion von Anlagen der Wasserversorgung	306
4.2.5.15	Spülwasser- und Schlammbehandlung	307
4.2.6	Mischwasser	311
4.2.6.1	Allgemeines	311
4.2.6.2	Zonentrennung	312
4.2.6.3	Zentrale Mischung	313
4.2.6.4	Aufbereitung bei der zentralen Mischung	313
4.2.6.5	Angleichung der Wasserbeschaffenheit durch Aufbereitung	313
4.2.7	Beispielschemata von Aufbereitungsanlagen	314
4.2.8	Trinkwassernachbehandlung	315
4.2.8.1	Allgemeines	315
4.2.8.2	Mechanisch wirkende Filter	315
4.2.8.3	Dosierung von Phosphaten und Silikaten	316
4.2.8.4	Kationenaustauscher zur Enthärtung	316
4.2.8.5	Sonstige Anlagen zur Trinkwassernachbehandlung	317
4.2.9	Bauwerke der Wasseraufbereitung	318
4.2.9.1	Wahl des Verfahrens und des Standorts der Anlage	318
4.2.9.2	Planung der Anlagenteile	318
4.2.9.3	Ausschreibung	321
4.2.9.4	Abnahme, Einweisung und Bedienungsvorschrift	321
<i>Literatur</i>	323
5.	Wasserrförderung	325
<i>5.1</i>	<i>Maschinelle Einrichtungen</i>	325
5.1.1	Betriebswerte von Pumpensystemen	325
5.1.1.1	Förderstrom	325
5.1.1.2	Förderhöhe und Förderdruck	325
5.1.1.3	Nutzleistung einer Pumpe	327
5.1.1.4	Leistungsbedarf eines Pumpenaggregates	327
5.1.2	Kreiselpumpen (KrP)	327
5.1.2.1	Anwendungsgebiet	327
5.1.2.2	Bauformen von Kreiselpumpen	327
5.1.2.2.1	Grundsätzlicher Aufbau	327
5.1.2.2.2	Betriebsverhalten und Kennlinien von Kreiselpumpen	328
5.1.2.2.3	Bauarten	330
5.1.2.3	Saugverhalten von Kreiselpumpen	331
5.1.2.4	Zusammenhang zwischen Kennlinie einer Kreiselpumpe und der Anlagenkennlinie	333

5.1.2.5	Regelung von Kreislumpumpen	335
5.1.2.5.1	Drehzahlregelung von Kreislumpumpen	335
5.1.2.5.2	Parallelbetrieb von Kreislumpumpen	336
5.1.2.5.3	Hintereinanderschalten von Kreislumpumpen	336
5.1.2.5.4	Drosselregelung von Kreislumpumpen	337
5.1.2.5.5	Bypassregelung von Kreislumpumpen	338
5.1.3	Abnahmeprüfung von Kreislumpumpen	338
5.1.3.1	Werkstoffprüfung	338
5.1.3.2	Hydraulische Abnahmeprüfung	338
5.1.3.2.1	Garantiewerte	339
5.1.3.2.2	Prüfergebnisse und Toleranzfaktoren	339
5.1.3.2.3	Nichterreichen vereinbarter Kennwerte	341
5.1.4	Sonstige Wasserhebevorrichtungen	341
5.1.4.1	Kolbenpumpen	341
5.1.4.1.1	Anwendungsgebiet	341
5.1.4.1.2	Bauarten und Förderstrom	341
5.1.4.1.3	Technische Eigenschaften	342
5.1.4.2	Mischluftheber	342
5.1.4.3	Widder	343
5.1.4.4	Dosierpumpen	343
5.1.5	Nichtelektrische Antriebsmaschinen	344
5.1.5.1	Verbrennungsmotoren	344
5.1.5.1.1	Dieselmotoren	344
5.1.5.1.2	Benzinmotoren	345
5.1.5.1.3	Gasmotoren	345
5.1.5.2	Wasserkraftmaschinen	345
5.1.5.2.1	Wasserräder	345
5.1.5.2.2	Wasserturbinen	346
5.1.6	Luftverdichter und Gebläse	346
5.2	<i>Elektrotechnik</i>	347
5.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	347
5.2.1.1	Grundgrößen	348
5.2.1.1.1	Stromarten	348
5.2.1.1.2	Spannung	348
5.2.1.1.3	Netzfrequenz in Drehstromnetzen	349
5.2.2	Elektromotoren	349
5.2.2.1	Wirkungsgrad	350
5.2.2.2	Drehzahl und Drehrichtung	350
5.2.2.2.1	Feste Drehzahlen	350
5.2.2.2.2	Variable Drehzahlen – Frequenzumrichter	351
5.2.2.2.3	Drehrichtung	352
5.2.2.3	Kraftübertragung	352
5.2.2.4	Anlassen von Elektromotoren	353
5.2.2.4.1	Direktanlauf	354
5.2.2.4.2	Stern-Dreieck-Anlauf	354
5.2.2.4.3	Elektronischer Sanftanlaufstarter	356
5.2.2.4.4	Frequenzumrichter	356
5.2.2.4.5	Anlasstransformator	357
5.2.2.4.6	Anlasswiderstände (Nur bei Schleifringläufermaschinen)	357
5.2.2.5	Bauformen und Schutzarten der Elektromotoren	357
5.2.2.6	Blindstromkompensation	357
5.2.2.7	Motorerwärmung	358

5.2.3	Energieverteilung.....	358
5.2.3.1	Schaltgeräte	358
5.2.3.1.1	Schaltgeräte für Mittelspannungsanlagen	358
5.2.3.1.2	Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen	359
5.2.3.2	Leitungen und Zubehör.....	359
5.2.3.2.1	Stromleitungen	359
5.2.3.2.2	Motoranschlüsse und Sicherungen	362
5.2.3.3	Transformatoren (Umspanner).....	362
5.2.3.4	Ersatzstromerzeugungsanlagen.....	363
5.2.4	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen.....	363
5.2.4.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	363
5.2.4.2	Schutz bei indirektem Berühren.....	363
5.2.4.2.1	Schutzisolierung	363
5.2.4.2.2	Schutztrennung	363
5.2.4.2.3	Schutzeinrichtungen im TN-Netz	364
5.2.4.2.4	Schutzeinrichtungen im TT-Netz.....	364
5.2.4.2.5	Schutzeinrichtungen im IT-Netz.....	365
5.2.4.2.6	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	365
5.2.4.3	Weitere Sicherheitsregeln	365
5.3	<i>Prozessleitsysteme und Fernwirktechnik</i>	366
5.3.1	Aufgaben.....	366
5.3.1.1	Allgemeines	366
5.3.1.2	Messwerte und Meldungen	367
5.3.1.3	Besondere Sensoren und Geräte für selbsttätige Steuerungen und zur Fernüberwachung	368
5.3.2	Technischer Aufbau	369
5.3.2.1	Anlagenformen und -bestandteile	369
5.3.2.1.1	Anlagenformen	369
5.3.2.1.2	Zentrale.....	370
5.3.2.1.3	Unterstationen.....	370
5.3.2.1.4	Messumformer.....	370
5.3.2.2	Übertragungsrichtung	371
5.3.2.2.1	Fernüberwachungseinrichtungen zur Übertragung von Messwerten und Meldungen	371
5.3.2.2.2	Fernsteuereinrichtungen zur Übertragung von Stellwerten und Befehlen	371
5.3.2.3	Übertragungsverfahren	371
5.3.2.3.1	Zeit-Multiplex-Übertragung (ZM).....	371
5.3.2.3.2	Ältere Übertragungsverfahren	371
5.3.2.4	Übertragungswege	372
5.3.2.4.1	Betriebseigene Übertragungswege	372
5.3.2.4.2	Öffentliche Übertragungswege	372
5.3.2.4.3	Vergleich der Übertragungswege	373
5.3.3	Datenbehandlung	373
5.3.3.1	Datenerfassung und -verarbeitung	373
5.3.3.2	Datendarstellung und -speicherung und elektronische Verarbeitung.....	373
5.3.4	Betriebsweise der Anlagen.....	375
5.3.4.1	Handbetrieb	375
5.3.4.2	Halbautomatischer Betrieb	375
5.3.4.3	Vollautomatischer Betrieb	375
5.3.4.4	Allgemeines zum Eingreifen in Betriebsabläufe.....	377
5.3.5	Leittechnische Einrichtungen.....	377
5.3.5.1	Zentrales Prozessleitsystem	377

5.3.5.2	Vor-Ort-Bedienung	378
5.4	<i>Förderanlagen</i>	380
5.4.1	Systemvarianten von Förderanlagen	380
5.4.1.1	Förderanlagen zur Gewinnung und Aufbereitung	380
5.4.1.2	Förderanlagen für Wassertransport und Wasserverteilung	380
5.4.1.2.1	Hauptpumpwerk	380
5.4.1.2.2	Zwischenpumpwerk	381
5.4.1.2.3	Druckerhöhungsanlagen (DEA)	381
5.4.2	Aspekte einzelner Förderanlagen	381
5.4.2.1	Grundwasserpumpwerk (GPW)	381
5.4.2.2	Druckerhöhungsanlagen (DEA) in Versorgungssystemen	383
5.4.2.2.1	Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgeregelten Antriebs- motoren	384
5.4.2.2.2	Druckerhöhungsanlagen als Druckbehälterpumpwerke (DBPW) ..	386
5.4.2.3	Drucksteigerungspumpwerke	387
5.4.2.4	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken	388
5.4.2.5	Pumpen als Turbinen (PAT)	390
5.4.3	Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen	392
5.4.3.1	Ursachen dynamischer Druckänderungen	392
5.4.3.2	Größe der Druckstöße	392
5.4.3.3	Abhilfemaßnahmen	393
5.4.4	Planung und Ausführung von Pumpwerken	394
5.4.4.1	Hydraulische Anforderungen	394
5.4.4.1.1	Verbundenes Gang- und Summenlinienverfahren	395
5.4.4.1.2	Verbundenes Gang-Dauerlinienverfahren	396
5.4.4.2	Pumpenbauart und Größe der Pumpensätze	397
5.4.4.2.1	Horizontale Kreiselpumpen	397
5.4.4.2.2	Vertikale Kreiselpumpen	397
5.4.4.2.3	Unterteilung der Pumpensätze	398
5.4.4.3	Standort einer Förderanlage	398
5.4.4.4	Raumprogramm	399
5.4.4.4.1	Lage der Räume zueinander	399
5.4.4.4.2	Raumhöhen	399
5.4.4.4.3	Platzbedarf für die Pumpensätze	399
5.4.4.4.4	Anordnung der Rohrleitungen	399
5.4.4.4.5	Unterbringung der elektrischen Anlagen	400
5.4.4.4.6	Belichtung und Beheizung	401
5.4.4.5	Sicherheit gegen Einbruch und Brand	401
5.4.4.6	Anforderungen an die Entwurfsplanung	402
5.4.4.7	Ausschreibung von Förderanlagen	402
5.4.4.7.1	Allgemeines	402
5.4.4.7.2	Anfragen für Kreiselpumpen	403
5.4.5	Dokumentation und Abnahme von Förderanlagen	403
5.4.6	Überwachung von Förderanlagen	404
5.4.7	Ausführungsbeispiele	406
5.5	<i>Wasserzählung und Wassermessung</i>	411
5.5.1	Allgemeines	411
5.5.1.1	Volumenmessungen (Wasserzähler)	412
5.5.1.2	Durchflussmessungen	412
5.5.2	Wasserzählung	412
5.5.2.1	Bauarten der Zähler	412
5.5.2.1.1	Flügelradzähler	412
5.5.2.1.2	Ringkolbenzähler	413

5.5.2.1.3	Woltmannzähler	413
5.5.2.1.4	Woltmannverbundzähler.....	414
5.5.2.1.5	Sonderzähler	414
5.5.2.1.6	Nass- und Trockenläufer.....	415
5.5.2.1.7	Zählwerke und Datenauslesung	415
5.5.2.2	Begriffe und Anforderungen.....	415
5.5.2.2.1	Maßgebende Begriffe	415
5.5.2.2.2	Anforderungen.....	416
5.5.2.3	Zählergrößen und Dimensionierung.....	417
5.5.2.3.1	Zählergrößen und Hauptmaße	417
5.5.2.3.2	Dimensionierung von Wasserzählern	418
5.5.3	Wassermessung.....	418
5.5.3.1	Durchflussmessung mittels Wasserzähler mit Zusatzeinrichtungen	418
5.5.3.2	Durchflussmessung nach dem magnetisch-induktiven Messverfahren.....	419
5.5.3.3	Durchflussmessung mittels Ultraschallgeräten	420
5.5.3.4	Weitere Verfahren	420
5.5.3.4.1	Durchflussmessung nach dem Wirkdruckverfahren	420
5.5.3.4.2	Durchflussmessung mit Schwebekörper.....	421
5.5.3.4.3	Überfallmessung.....	421
5.5.3.4.4	Kübelmessung	421
5.5.4	Hinweise für Einbau, Inbetriebnahme und Wartung von Zählern und Messvorrichtungen	422
5.5.4.1	Hauswasserzähler	422
5.5.4.1.1	Einbau.....	422
5.5.4.1.2	Einbauort	422
5.5.4.1.3	Inbetriebnahme.....	423
5.5.4.1.4	Wartung.....	423
5.5.4.1.5	Lagerung und Beförderung.....	423
5.5.4.2	Woltmannzähler.....	423
5.5.4.3	Ultraschall- und Venturi-Messanlagen	424
5.5.4.4	Magnetisch-induktive Messeinrichtungen	424
5.5.5	Zulassung, Eichung und Prüfung der Zähler.....	425
5.5.5.1	Technische und rechtliche Grundlagen.....	425
5.5.5.2	Prüfung und Überwachung durch das Wasserversorgungs-unternehmen	426
Literatur	426
6.	Wasserspeicherung	429
6.1	<i>Aufgaben der Wasserspeicherung.....</i>	<i>429</i>
6.1.1	Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme, Abdeckung von Verbrauchsspitzen.....	430
6.1.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung.....	430
6.1.3	Einhalten der Druckbereiche in Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen	430
6.1.4	Überbrücken von Betriebsstörungen.....	430
6.1.5	Bereithalten von Löschwasser.....	431
6.1.6	Druckzonenversorgung	431
6.1.7	Misch- und Absetzbecken.....	431
6.1.8	Ausgleich der Abflüsse eines oberirdischen Gewässers in einer Trinkwassertalsperre....	431
6.2	<i>Arten der Wasserspeicherung</i>	<i>431</i>
6.2.1	Wasserbehälter in Hochlage.....	431
6.2.1.1	Hochbehälter.....	431
6.2.1.2	Wasserturm.....	432
6.2.2	Wasserbehälter in Tieflage.....	432
6.2.3	Druckbehälter	432

6.2.4	Lösungsmöglichkeiten	432
6.2.5	Trinkwassertalsperren	433
6.2.6	Grundwasserspeicher	433
6.2.7	Löschwasserspeicher	434
6.3	<i>Speicherinhalt</i>	434
6.3.1	Ausgleich der Verbrauchsschwankungen – Fluktuierendes Wasservolumen	435
6.3.1.1	Allgemeines	435
6.3.1.2	Rechnerische Ermittlung	435
6.3.1.3	Grafische Ermittlung	435
6.3.1.4	Beurteilung	438
6.3.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung im Tiefbehälter	439
6.3.3	Sicherheitsvorrat	440
6.3.4	Löschwasservorrat	441
6.3.5	Festlegen des Speicherinhalts in der Praxis	441
6.3.5.1	Allgemeines	441
6.3.5.2	Kleine und mittelgroße Anlagen	442
6.3.5.2.1	Nutzinhalt	442
6.3.5.2.2	Löschwasservorrat	442
6.3.5.3	Große Anlagen	442
6.3.5.4	Sehr große Anlagen über 50 000 m ³ /d	442
6.3.5.5	Gruppenanlagen	443
6.3.6	Speicherinhalt von Trinkwassertalsperren	443
6.4	<i>Hochbehälter</i>	443
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	443
6.4.1.1	Versorgungstechnische Anforderungen	443
6.4.1.2	Bautechnische Anforderungen	443
6.4.1.3	Betriebliche Anforderungen	444
6.4.1.4	Sicherheitstechnische Anforderungen (Objektschutz)	445
6.4.1.5	Gestalterische Anforderungen	445
6.4.1.6	Wirtschaftliche Anforderungen	446
6.4.2	Lage	446
6.4.2.1	Höhenlage	446
6.4.2.2	Lage zum Versorgungsgebiet	447
6.4.2.2.1	Entfernung	447
6.4.2.2.2	Durchlaufbehälter	447
6.4.2.2.3	Gegenbehälter	448
6.4.2.3	Mehrere Hochbehälter in der gleichen Druckzone	449
6.4.2.3.1	Neuer Hochbehälter in unmittelbarer Nähe des bestehenden	449
6.4.2.3.2	Neuer Hochbehälter in größerer Entfernung zum bestehenden	449
6.4.2.4	Anforderungen an den Bauplatz	451
6.4.3	Bauliche Anordnung	451
6.4.3.1	Allgemein	451
6.4.3.2	Wasserkammer	451
6.4.3.2.1	Anzahl	451
6.4.3.2.2	Grundrissformen	451
6.4.3.2.3	Wassererneuerung	453
6.4.3.2.4	Wassertiefe	455
6.4.3.2.5	Wärmeschutz des Bauwerks	456
6.4.3.2.6	Anbau weiterer Kammern	457
6.4.3.2.7	Konstruktive Hinweise	458
6.4.3.3	Bedienungshaus	461
6.4.4	Bauausführung – Ortbetonbauweise	462
6.4.4.1	Allgemeines	462

6.4.4.2	Baustoffe.....	463
6.4.4.2.1	Zement.....	463
6.4.4.2.2	Betonzuschlag.....	463
6.4.4.2.3	Betonzusatzmittel	463
6.4.4.2.4	Betonzusatzstoffe	463
6.4.4.2.5	Zugabewasser	464
6.4.4.2.6	Betonrezeptur	464
6.4.4.2.7	Betonstahl.....	464
6.4.4.2.8	Andere Baustoffe.....	464
6.4.4.3	Statische Bearbeitung	464
6.4.4.4	Verarbeiten des Betons	465
6.4.4.5	Betonnachbehandlung.....	466
6.4.4.6	Oberflächenbehandlung.....	467
6.4.4.6.1	Allgemeines.....	467
6.4.4.6.2	Bedienungshaus	467
6.4.4.6.3	Wasserkammern – Innenflächen.....	467
6.4.4.6.4	Wasserkammern – Außenflächen	470
6.4.5	Bauausführung – Fertigteilbauweise.....	471
6.4.5.1	Allgemeines.....	471
6.4.5.2	Fertigteil-Rundbehälter in Stahlbetonbauweise	471
6.4.5.3	Fertigteil-Rundbehälter in Spannbetonbauweise	472
6.4.5.4	Fertigteil-Rechteckbehälter in Stahlbetonbauweise	473
6.4.5.5	Fertigteil-Rechteckbehälter in Spannbetonbauweise	474
6.4.5.6	Fertigteil-Großrohrbehälter.....	475
6.4.5.7	Geschweißte Edelstahl-Rundbehälter	475
6.4.5.8	Vergleichende Betrachtung Trinkwasserbehälter aus Beton oder Edelstahl	475
6.4.6	Zugang.....	476
6.4.7	Belichtung.....	477
6.4.7.1	Allgemeines.....	477
6.4.7.2	Wasserkammern	477
6.4.7.3	Bedienungshaus	477
6.4.8	Be- und Entlüftung.....	477
6.4.8.1	Allgemeines.....	477
6.4.8.2	Wasserkammern	478
6.4.8.3	Bedienungshaus	478
6.4.9	Hydraulische Ausrüstung.....	478
6.4.9.1	Allgemeines.....	478
6.4.9.2	Rohrleitungen	479
6.4.9.2.1	Zulaufleitung	479
6.4.9.2.2	Entnahmeleitung.....	481
6.4.9.2.3	Überlaufleitung.....	481
6.4.9.2.4	Entleerungsleitung.....	482
6.4.9.2.5	Rohrbruchsicherung.....	482
6.4.9.2.6	Umführungsleitung.....	482
6.4.9.2.7	Löschwasserleitung	482
6.4.9.3	Rohrdurchführungen.....	482
6.4.9.4	Rohrmaterial	482
6.4.9.5	Korrosionsschutz	483
6.4.10	Entwässerungsanlage	483
6.4.11	Elektrische Einrichtung.....	484
6.4.11.1	Stromversorgung	484
6.4.11.2	Mess-, Steuer- und Regeltechnik	484

6.4.12	Dichtheitsprüfung.....	485
6.4.12.1	Forderung.....	485
6.4.12.2	Durchführen der Dichtheitsprüfung	485
6.4.13	Außenanlagen.....	488
6.4.14	Ausführungsbeispiele Hochbehälter.....	488
6.5	<i>Wasserturm</i>	493
6.5.1	Allgemeines	493
6.5.2	Nutzzinhalt.....	493
6.5.3	Lage	493
6.5.3.1	Höhenlage	493
6.5.3.2	Lage zum Versorgungsgebiet.....	494
6.5.4	Allgemeine bauliche Anordnung.....	494
6.5.4.1	Allgemeines	494
6.5.4.2	Behälter (Wasserkammern).....	494
6.5.4.3	Schaft (Turmkonstruktion).....	495
6.5.4.4	Bedienungsräume.....	495
6.5.5	Konstruktive Hinweise.....	496
6.5.5.1	Gründung	496
6.5.5.2	Wasserkammern.....	496
6.5.5.3	Besondere Beanspruchungen	496
6.5.5.4	Fertigteilbauweise	497
6.5.6	Zugang	497
6.5.7	Hydraulische Ausrüstung	497
6.5.8	Äußere Gestaltung.....	497
6.5.9	Mehrzweckbauwerke	497
6.5.10	Ausführungsbeispiele Wassertürme	498
6.6	<i>Tiefbehälter</i>	504
6.6.1	Allgemeines	504
6.6.2	Speicherinhalt.....	504
6.6.3	Lage	504
6.6.4	Bauliche Anordnung	504
6.7	<i>Löschwasserbehälter</i>	505
6.7.1	Allgemeines	505
6.7.2	Löschwasserteich	505
6.7.2.1	Fassungsvermögen.....	505
6.7.2.2	Lage	505
6.7.2.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	505
6.7.3	Unterirdische Löschwasserbehälter.....	506
6.7.3.1	Fassungsvermögen	506
6.7.3.2	Lage	506
6.7.3.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	506
6.8	<i>Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern</i>	508
6.8.1	Instandhaltung, Sanierung, Mangel, Schaden.....	508
6.8.2	Betriebshandbuch.....	510
6.8.3	Kontrolle, Reinigung und Desinfektion	510
6.8.4	Mängel und Schäden bei Wasserbehältern.....	512
6.8.5	Instandsetzungsplan/Instandsetzung, Sanierung oder Neubau	514
	<i>Literatur</i>	518
7.	Wasserverteilung	521
7.1	<i>Allgemeines</i>	521
7.2	<i>Werkstoffe</i>	521
7.2.1	Gusseisen (Grauguss, GG; Duktulguss, GGG)	521

7.2.2	Stahl (St).....	522
7.2.3	Asbestzement (AZ).....	522
7.2.4	Spannbeton (SpB) und Stahlbeton (StB).....	522
7.2.5	Kunststoffe (PVC, PE, UP-GF)	523
7.2.6	Wahl der Werkstoffe.....	524
7.2.7	Korrosionsschutz	524
7.2.7.1	Außen- und Innenkorrosion	524
7.2.7.2	Arten des Korrosionsschutzes.....	525
7.2.7.2.1	Allgemeines.....	525
7.2.7.2.2	Passiver Schutz.....	525
7.2.7.2.3	Aktiver Schutz.....	527
7.3	<i>Bestandteile der Rohrleitungen</i>	528
7.3.1	Rohre und Formstücke.....	528
7.3.1.1	Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen (GGG)	528
7.3.1.1.1	Herstellung der Rohre.....	528
7.3.1.1.2	Druckstufen	528
7.3.1.1.3	Abmessungen	529
7.3.1.1.4	Verbindungen	530
7.3.1.1.5	Formstücke aus duktilem Gusseisen.....	536
7.3.1.2	Rohre und Formstücke aus Stahl	536
7.3.1.2.1	Herstellung der Rohre.....	536
7.3.1.2.2	Druckstufen	538
7.3.1.2.3	Abmessungen	538
7.3.1.2.4	Verbindungen	539
7.3.1.2.5	Formstücke aus Stahl.....	540
7.3.1.3	Rohre aus Asbestzement (Faserzement) mit Formstücken aus Grauguss	540
7.3.1.3.1	Allgemeines.....	540
7.3.1.3.2	Druckstufen	540
7.3.1.3.3	Abmessungen	540
7.3.1.3.4	Verbindungen	541
7.3.1.3.5	Formstücke	541
7.3.1.4	Spannbetonrohre und Stahlbetonrohre.....	541
7.3.1.4.1	Allgemeines.....	541
7.3.1.4.2	Druckstufen	542
7.3.1.4.3	Verbindungen	542
7.3.1.5	PVC-U-Rohre (Kunststoff).....	542
7.3.1.5.1	Herstellung der Rohre.....	542
7.3.1.5.2	Druckstufen	542
7.3.1.5.3	Abmessungen der Rohre für MDP 10 und MDP 16	542
7.3.1.5.4	Verbindungen	543
7.3.1.5.5	Formstücke	544
7.3.1.6	Polyethylen-Rohre (Kunststoff).....	544
7.3.1.6.1	Herstellung der Rohre.....	544
7.3.1.6.2	Druckstufen	544
7.3.1.6.3	Abmessungen und Kennzeichnung.....	545
7.3.1.6.4	Verbindungen	545
7.3.1.7	UP-GF-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen).....	547
7.3.1.7.1	Herstellung der Rohre.....	547
7.3.1.7.2	Abmessungen und Verbindungen.....	547
7.3.2	Armaturen.....	548
7.3.2.1	Allgemeines.....	548
7.3.2.2	Werkstoffe	548

7.3.2.3	Korrosionsschutz.....	548
7.3.2.3.1	Grundsätzliches.....	548
7.3.2.3.2	Korrosionsschutz der Außenseite.....	548
7.3.2.3.3	Korrosionsschutz der Innenseite.....	548
7.3.2.4	Absperr- und Regelarmaturen allgemein.....	549
7.3.2.4.1	Grundsätzliches.....	549
7.3.2.4.2	Fast immer geöffnete Absperrvorrichtungen.....	550
7.3.2.4.3	Fast immer geschlossene Absperrvorrichtungen.....	551
7.3.2.4.4	Regeleinrichtungen (DIN EN 1074-5).....	552
7.3.2.4.5	Einbau von Absperr- und Regelarmaturen.....	553
7.3.2.4.6	Bedienung von Absperrarmaturen.....	554
7.3.2.5	Sonderbauarten.....	554
7.3.2.5.1	Membranventile.....	554
7.3.2.5.2	Ringförmige Gummimembranen.....	555
7.3.2.6	Rückflussverhindernde Armaturen.....	555
7.3.2.7	Sonstige Armaturen.....	556
7.3.2.7.1	Ent- und Belüftungen.....	556
7.3.2.7.2	Spülauslässe und Entleerungsvorrichtungen.....	561
7.3.2.7.3	Behältereinlaufarmaturen.....	563
7.3.2.7.4	Siebe.....	565
7.3.2.7.5	Hydranten.....	565
7.3.2.7.6	Druckminderventile.....	567
7.3.2.8	Armaturen für Hausanschlussleitungen.....	568
7.3.2.8.1	Allgemeines.....	568
7.3.2.8.2	Ventilanbohrschellen.....	569
7.3.2.8.3	Drehscheiben- und Steckscheibenverschlüsse.....	569
7.3.2.8.4	Anbohrbrücken.....	570
7.3.2.8.5	Weichdichtende Absperrschieber.....	570
7.3.2.8.6	Einfache Eckventile.....	570
7.3.3	Rohrleitungszubehör.....	571
7.3.3.1	Entlüftungsrohre.....	571
7.3.3.2	Schachtdeckel.....	571
7.3.3.3	Hinweisschilder.....	572
7.3.3.4	Leitern.....	572
7.4	<i>Planung von Rohrleitungen.....</i>	573
7.4.1	Allgemeines.....	573
7.4.2	Trassieren.....	573
7.4.2.1	Allgemeines.....	573
7.4.2.2	Geländeaufnahmen zu den Lageplänen.....	573
7.4.2.2.1	für Zubringer- und Fernleitungen.....	573
7.4.2.2.2	für Ortsnetze.....	575
7.4.2.3	Höhenaufnahmen für die Längsschnitte.....	577
7.4.2.3.1	Zweck der Längsschnitte.....	577
7.4.2.3.2	In den Längsschnitten festzuhaltende Punkte.....	577
7.4.2.3.3	Arten der Längsschnitte.....	577
7.4.3	Zeichnerische Darstellung.....	577
7.4.3.1	Allgemeines.....	577
7.4.3.2	Lagepläne.....	580
7.4.3.2.1	Berechnungslagepläne.....	580
7.4.3.2.2	Übersichtslagepläne.....	581
7.4.3.2.3	Entwurfslagepläne.....	581
7.4.3.2.4	Bestandslagepläne.....	583
7.4.3.2.5	Ausführungs- und Verlegeskizzen.....	584

7.4.3.3	Längsschnitte	584
7.4.3.3.1	Allgemeines	584
7.4.3.3.2	Übersichtslängsschnitte	584
7.4.3.3.3	Entwurfslängsschnitte	585
7.5	<i>Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen</i>	586
7.5.1	Allgemeines	586
7.5.2	Hydrostatische Berechnungen	587
7.5.2.1	Hydrostatischer Druck	587
7.5.2.2	Hydrostatische Druckkraft	588
7.5.2.3	Auftrieb	589
7.5.3	Hydrodynamische Berechnungen	589
7.5.3.1	Grundlagen	589
7.5.3.1.1	Bewegungsarten des Wassers	589
7.5.3.1.2	Geschwindigkeitsverteilung	589
7.5.3.1.3	Reynolds'sche Zahl	590
7.5.3.1.4	Kontinuitätsgleichung	590
7.5.3.1.5	Gleichung der Erhaltung der Energie	590
7.5.3.1.6	Allgemein gültige Geschwindigkeitsformel	591
7.5.3.2	Druckhöhenverlust in Freispiegelgerinnen	591
7.5.3.3	Druckhöhenverlust in geraden Druckrohrleitungen	591
7.5.3.3.1	Formeln von Darcy-Weisbach und Colebrook-White	591
7.5.3.3.2	Potenzformeln	612
7.5.3.4	Druckhöhenverlust in Rohrleitungseinbauten	614
7.5.3.4.1	Allgemeines	614
7.5.3.4.2	ζ -Wert für Einlauf in eine Rohrleitung	614
7.5.3.4.3	ζ -Wert für Erweiterungen	614
7.5.3.4.4	ζ -Wert für Verengungen	614
7.5.3.4.5	ζ -Wert für Krümmer	615
7.5.3.4.6	ζ -Wert für Kniestücke	615
7.5.3.4.7	ζ -Wert für Abzweige	616
7.5.3.4.8	ζ -Wert für Armaturen	617
7.5.3.4.9	ζ -Wert für Kleinformstücke und -armaturen	617
7.5.3.4.10	ζ -Wert für Wasserzähler	617
7.5.3.5	Freier Ausfluss aus einem Behälter bzw. einer Rohrleitung	618
7.5.3.6	Hydraulische Hilfsrechnungen	618
7.5.3.6.1	Umrechnung von Rohrlängen mit verschiedenem DN	618
7.5.3.6.2	Leitungsverzweigungen	619
7.5.3.6.3	Einteilung einer Rohrleitung in verschiedene DN	620
7.5.4	<i>Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen</i>	621
7.5.4.1	Allgemeines	621
7.5.4.2	Bemessen von Zubringer- und Fernleitungen	621
7.5.4.2.1	Allgemeines	621
7.5.4.2.2	Durchfluss Q	621
7.5.4.2.3	Fließgeschwindigkeit	622
7.5.4.2.4	Rauheit	622
7.5.4.2.5	Druckhöhe	622
7.5.4.2.6	Beispiel	623
7.5.4.3	Berechnen bestehender Zubringer- und Fernleitungen	623
7.5.5	<i>Bemessen von Rohrnetzen</i>	623
7.5.5.1	Allgemeines	623
7.5.5.2	Geforderte Leistung des Rohrnetzes	623
7.5.5.2.1	Bemessungsdurchfluss	623
7.5.5.2.2	Löschwasserbedarf	624

7.5.5.2.3	Druckhöhe	624
7.5.5.3	Bemessungsunterlagen.....	625
7.5.5.3.1	Rohrnetzplan.....	625
7.5.5.3.2	Belastungsplan.....	625
7.5.5.3.3	Bemessungsplan und Bemessungstabelle	625
7.5.5.3.4	Nachteile des Verästelungssystems.....	626
7.5.6	Berechnen von vermaschten Rohrnetzen	627
7.5.6.1	Grundlage.....	627
7.5.6.2	Analog-Modelle	627
7.5.6.3	Rechenverfahren, Digital-Modelle.....	628
7.5.6.3.1	Allgemeines	628
7.5.6.3.2	Verfahren mit Druckhöhenausgleich	628
7.5.6.3.3	Verfahren mit Durchflussausgleich.....	628
7.5.6.3.4	Berechnungsunterlagen.....	629
7.5.7	Rohrnetzberechnung unter Verwendung geografischer Informationssysteme	632
7.5.8	Bemessen und Berechnen von Anschlussleitungen.....	632
7.5.9	Statische Beanspruchung von Rohren	637
7.5.9.1	Allgemeines	637
7.5.9.2	Beanspruchung durch Innendruck.....	637
7.5.9.2.1	Größe der Belastung	637
7.5.9.2.2	Spannungen durch Radialkräfte	638
7.5.9.2.3	Bemessung der Wanddicken von Druckrohren.....	639
7.5.9.2.4	Beanspruchung durch Axialkräfte.....	640
7.5.9.3	Beanspruchung erdverlegter Rohre durch äußere Kräfte	641
7.5.9.3.1	Allgemeines	641
7.5.9.3.2	Grundformen der Belastung des erdverlegten Rohres.....	641
7.5.9.3.3	Kennwerte der Belastungen	642
7.5.9.3.4	Kennwerte der Rohrwerkstoffe	643
7.5.9.3.5	Kennwerte des Beispiels einer Berechnung	644
7.5.9.3.6	Berechnung der Beanspruchung durch die Erdlast	645
7.5.9.3.7	Berechnung der Beanspruchung durch eine Flächenlast	648
7.5.9.3.8	Berechnung der Beanspruchung aus Verkehrslast	650
7.5.9.3.9	Vertikale Gesamtbelastung des Rohres.....	651
7.5.9.3.10	Horizontale Gesamtbelastung des Rohres.....	651
7.5.9.3.11	Sicherheiten gegen Verformung, Beulen und Beanspruchung durch äußeren Wasserdruck	652
7.5.9.3.12	Schnittkräfte und Spannungen des radial belasteten Rohres	652
7.5.9.3.13	Schnittkräfte und Spannungen des axial belasteten Rohres	654
7.5.9.4	Beanspruchung des Rohres beim Vortrieb.....	654
7.5.9.4.1	Vorpresskraft	654
7.5.9.4.2	Einrichtung für das Vorpressen.....	655
7.5.9.4.3	Statische Berechnung von Stahlrohren	655
7.6	<i>Rohrleitungsbau</i>	655
7.6.1	Allgemeines	655
7.6.2	Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen.....	656
7.6.2.1	Herstellen des Rohrgrabens (RG)	656
7.6.2.1.1	Vorarbeiten	656
7.6.2.1.2	Arbeitsstreifenbreite.....	656
7.6.2.1.3	Rohrgrabentiefe	657
7.6.2.1.4	Rohrgrabenbreite	660
7.6.2.1.5	Arbeitsvorgang beim RG-Aushub.....	662
7.6.2.1.6	Bodenarten.....	662
7.6.2.1.7	Grabenverbau.....	663

	7.6.2.1.8	Wasserhaltung	666
	7.6.2.1.9	Sohlenbefestigung	667
	7.6.2.1.10	Wiedereinfüllen des RG nach dem Einlegen der Rohre	668
7.6.2.2		Einbauen der Rohrleitung	669
	7.6.2.2.1	Abnahme der Rohre und Formstücke	669
	7.6.2.2.2	Transport	670
	7.6.2.2.3	Ausbessern von Schäden	670
	7.6.2.2.4	Anbringen eines zusätzlichen Außenschutzes	670
	7.6.2.2.5	Verlegen der Rohre	671
	7.6.2.2.6	Verbinden der Rohre	671
	7.6.2.2.7	Vervollständigen des Außenschutzes nach dem Verbinden der Rohre	677
	7.6.2.2.8	Sicherung der Krümmer und Abzweige gegen Ausweichen	677
	7.6.2.2.9	Überprüfung der Verlegearbeit	680
7.6.2.3		Druckprüfung	680
	7.6.2.3.1	Allgemeines	680
	7.6.2.3.2	Prüfstrecken	681
	7.6.2.3.3	Sichern der Rohrleitung	681
	7.6.2.3.4	Füllen der Rohrleitung	681
	7.6.2.3.5	Schutz gegen Temperatureinflüsse	681
	7.6.2.3.6	Ermittlung des Prüfdruckes (DVGW W 400-2, Abschn. 16.4)	682
	7.6.2.3.7	Grundsätzliche Schritte der Druckprüfung	682
	7.6.2.3.8	Gerätetechnik (DVGW W 400-2, Abschn. 16.6)	682
	7.6.2.3.9	Durchführung der Prüfung	683
	7.6.2.3.10	Abnahme	684
7.6.2.4		Nacharbeiten	687
	7.6.2.4.1	Endgültiges Überfüllen der Leitungen	687
	7.6.2.4.2	Reinigung der Leitungsteile, Anstrich	687
	7.6.2.4.3	Hinweise zum Auffinden der Einbauten und Leitungen	687
	7.6.2.4.4	Spülung und Desinfektion der fertigen Rohrleitung	687
	7.6.2.4.5	Durchflussprüfung	690
7.6.3		Anschlussleitungen (Hausanschlüsse)	691
	7.6.3.1	Bestandteile der Anschlussleitung	691
	7.6.3.2	Einbautiefe und Lage	691
	7.6.3.3	Nennweite	691
	7.6.3.4	Einbau der Anschlussleitung	692
	7.6.3.4.1	Allgemeines	692
	7.6.3.4.2	Kunststoffrohre aus Polyethylen	692
	7.6.3.4.3	Hauseinführung	692
	7.6.3.4.4	Druckprobe	693
	7.6.3.4.5	Anbohren	693
	7.6.3.5	Wasserzählereinbau	694
7.6.4		Besondere Bauwerke	696
	7.6.4.1	Straßenkreuzungen	696
	7.6.4.2	Kreuzungen mit Wasserläufen	698
	7.6.4.3	Rohrüberführungen über Flüsse (Brückenleitungen)	701
	7.6.4.4	Bahnkreuzungen	702
	7.6.4.4.1	Grundregeln	702
	7.6.4.4.2	Einlegen der Wasserleitung in Bahnunterführungen	703
	7.6.4.4.3	Einlegen der Wasserleitung unter den Gleiskörper	703
	7.6.4.4.4	Überführen von Wasserleitungen über Bahngleise	704
	7.6.4.4.5	Verlegung von Wasserleitungen an Eisenbahnbrücken	705

7.6.5	Grabenlose Verlegung, Erneuerung und Sanierung von Druckrohrleitungen	705
7.6.5.1	Allgemeines	705
7.6.5.2	Reinigung.....	705
7.6.5.3	Sanierung.....	706
7.6.5.4	Erneuerung/Neubau	707
7.7	<i>Hausinstallation (Trinkwasser-Installation)</i>	708
7.7.1	Allgemeines	708
7.7.2	Berechnungsverfahren nach DIN 1988 Teil 3	709
7.7.3	Anordnung der Absperrvorrichtungen und Armaturen	718
7.7.4	Werkstoffe.....	718
7.7.5	Einbau der Installation	718
7.7.6	Prüfung.....	719
7.7.6.1	Allgemeines	719
7.7.6.2	Stahlrohre, Edelstahlrohre und Kupferrohre	719
7.7.6.3	Kunststoffrohre	719
7.7.6.3.1	Vorprüfung	719
7.7.6.3.2	Hauptprüfung.....	719
7.7.7	Frostschutz	720
7.7.8	Tauwasserbildung	720
7.7.9	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken.....	720
	<i>Literatur</i>	720
8.	Brandschutz	721
8.1	Allgemeines	721
8.2	Löschwasserversorgung	721
8.3	Feuerlöschanlagen.....	722
8.3.1	Anlagen mit offenen Düsen.....	722
8.3.2	Anlagen mit geschlossenen Düsen	723
8.3.3	Schaumlöschanlagen	724
8.3.4	Sonstige stationäre Löschanlagen	724
8.4	Löschwasserleitungen	725
8.4.1	Allgemeines	725
8.4.2	Löschwasserleitungen „nass“ (DIN 14461 Teil 1).....	725
8.4.3	Löschwasserleitungen „nass/trocken“ (DIN 14 461 Teil 1)	725
8.4.4	Löschwasserleitungen „trocken“ (DIN 14 461 Teil 2).....	725
8.5	<i>Ausrüstung der Feuerwehr</i>	726
8.5.1	Allgemeines	726
8.5.2	Feuerwehrfahrzeuge.....	726
8.5.3	Feuerwehrpumpen.....	728
8.5.4	Schläuche.....	728
8.5.5	Strahlrohre.....	729
	<i>Literatur</i>	729
9.	Trinkwasserversorgung im Krisenfall	731
9.1	<i>Allgemeines</i>	731
9.2	<i>Begriffsbestimmungen</i>	731
9.3	<i>Vorsorgemaßnahmen</i>	732
9.3.1	Allgemeines	732
9.3.2	Risikomanagement des WVU	732
9.3.3	Krisenplan	733
9.3.3.1	Aufbauorganisation des Krisenmanagements	733
9.3.3.2	Ablauforganisation des Krisenmanagements	733
9.3.3.2.1	Einberufung des Krisenstabes.....	733

9.3.3.2.2	Aufgaben des Leiters des Krisenstabes und der Stabstellen	734
9.3.3.2.3	Führungsräume und Ausstattung	735
9.3.3.2.4	Erforderliche Kontaktdaten	735
9.3.4	Gesetzliche Vorgaben	736
9.4	Maßnahmen bei drohender Gefahr	736
9.5	Maßnahmen im Krisenfall	737
9.5.1	Innerbetriebliche Maßnahmen	737
9.5.2	Behördliche Maßnahmen	737
Literatur	738
10.	Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen	741
10.1	Allgemeines	741
10.2	Kleinanlagen	741
10.2.1	Auswahl und Schutz des Wasservorkommens	741
10.2.2	Technische Hinweise für Planung und Bau	742
10.2.3	Betrieb und Überwachung	743
10.3	Nicht ortsfeste Anlagen	744
10.3.1	Versorgungsabschnitte und Verantwortungsbereiche	744
10.3.2	Technische Hinweise	744
10.3.3	Betrieb und Überwachung	745
11.	Planung und Bau	747
11.1	Aufgaben	747
11.1.1	Allgemeines	747
11.1.2	Technischer Bereich	747
11.1.3	Verwaltungsbereich	748
11.1.4	Weitergabe von Teilaufgaben	748
11.2	Mitwirkung eines Ingenieurbüros	748
11.2.1	Allgemeines	748
11.2.2	Ingenieurauftrag	749
11.2.3	Honorare für Leistungen der Objektplanung für Ingenieurbauwerke	753
11.2.3.1	Allgemeines	753
11.2.3.2	Ermittlung des Honorars für die Grundleistungen	753
11.2.3.2.1	Allgemeines	753
11.2.3.2.2	Anrechenbare Kosten des Objekts	753
11.2.3.2.3	Honorarzonen	753
11.2.3.2.4	Mindest- und Höchstsätze des Honorars nach HOAI 2009	754
11.2.3.3	Ermittlung des Honorars für Besondere Leistungen	755
11.2.3.4	Ermittlung des Honorars nach Zeitaufwand	755
11.2.3.5	Nebenkosten	755
11.2.3.6	Teilleistungssätze des Honorars	755
11.2.3.7	Honorar für örtliche Bauüberwachung	756
11.2.3.8	Erhöhung des Honorars	756
11.2.3.9	Honorare für Landschaftsplanung, Tragwerksplanung und Technische Ausrüstung	756
11.2.3.10	Sonstige Leistungen	756
11.3	Verantwortlichkeit der am Bau Beteiligten	756
11.3.1	Allgemeines	756
11.3.2	Verantwortlichkeit des Auftraggebers	757
11.3.3	Verantwortlichkeit des Entwurfsfertigers	757
11.3.4	Verantwortlichkeit der Bauoberleitung	757
11.3.5	Verantwortlichkeit der örtlichen Bauüberwachung	757
11.3.6	Verantwortlichkeit des Auftragnehmers	757

11.4	<i>Vorplanung/Vorentwurf (VE)</i>	758
11.4.1	Zweck	758
11.4.2	Vorerhebungen	758
11.4.3	Bestandteile des Vorentwurfs	759
11.4.4	Weiterbehandlung des Vorentwurfs	759
11.5	<i>Entwurfsplanung/Entwurf (E)</i>	760
11.5.1	Zweck	760
11.5.2	Erhebungen	760
11.5.3	Bestandteile des Entwurfs	760
11.5.4	Weiterbehandlung des Entwurfs	765
11.6	<i>Bauoberleitung (BO)</i>	765
11.6.1	Allgemeines	765
11.6.2	Aufgaben	765
11.6.3	Dauer der Bauoberleitung	766
11.7	<i>Örtliche Bauüberwachung (BÜ)</i>	766
11.7.1	Personal	766
11.7.2	Aufgaben	766
11.7.3	Anwesenheit auf der Baustelle	767
11.8	<i>Bauverwaltung (fachlich zuständige technische staatliche Verwaltung)</i>	767
11.8.1	Allgemeines	767
11.8.2	Aufgaben	768
11.9	<i>Üblicher Ablauf einer Wasserversorgungs-Baumaßnahme</i>	768
11.9.1	Vorbereiten der Bauausführung	768
11.9.1.1	Allgemeines	768
11.9.1.2	Privatrechtliche Regelungen	768
11.9.1.2.1	Inanspruchnahme privater Grundstücke	768
11.9.1.2.2	Inanspruchnahme öffentlicher Grundstücke	769
11.9.1.2.3	Sicherung der Energieversorgung	769
11.9.1.3	Wasserrechtliche Verfahren	769
11.9.1.3.1	Genehmigung der Entnahme von Wasser	769
11.9.1.3.2	Genehmigung der Einleitung von Wasser	770
11.9.1.3.3	Ausnahmegenehmigungen	770
11.9.1.3.4	Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung	770
11.9.1.3.5	Festsetzen eines Schutzgebiets	770
11.9.1.4	Baurechtliche Verfahren	771
11.9.1.5	Finanzierung	771
11.9.2	Verdingung	771
11.9.2.1	Allgemeines	771
11.9.2.2	Ausschreibung	772
11.9.2.3	Angebote	772
11.9.2.4	Zuschlag	772
11.9.3	Bauausführung von Wassergewinnungsanlagen (Brunnenbohrungen)	773
11.9.3.1	Allgemeines	773
11.9.3.2	Ablauf der Arbeiten	773
11.9.3.3	Schlussbericht	773
11.9.4	Ausführung anderer Bauarbeiten	774
11.9.4.1	Baueinweisung	774
11.9.4.2	Vorbereitende Arbeiten der Firmen	774
11.9.4.3	Ablauf der Bauarbeiten	774
11.9.4.4	Kontrolle der Bauausführung	774
11.9.4.5	Abrechnung	774
11.9.4.6	Abnahme	775
11.9.4.7	Schlussvorlagen	775

11.9.5	Inbetriebnahme	777
11.9.6	Übergabe.....	778
12.	Baukosten von Wasserversorgungsanlagen	779
12.1	Allgemeines.....	779
12.2	Ermittlung der Angebotspreise (Kalkulation)	780
12.2.1	Vertragsarten.....	780
12.2.1.1	Allgemeines.....	780
12.2.1.2	Leistungsvertrag	780
12.2.1.3	Stundenlohnvertrag.....	780
12.2.1.4	Selbstkostenerstattungsvertrag.....	780
12.2.2	Vorbereiten der Kalkulation.....	780
12.2.2.1	Bedingungen und Richtlinien für die Angebotsabgabe.....	780
12.2.2.2	Erhebungen.....	781
12.2.2.3	Berechnungsgrundlagen.....	781
12.2.3	Preisermittlung für das Angebot	781
12.2.3.1	Gliederung der Preisermittlung.....	781
12.2.3.2	Unmittelbare Selbstkosten der Bauarbeiten.....	782
12.2.3.2.1	Allgemeines.....	782
12.2.3.2.2	Einzelkosten	782
12.2.3.3	Zuschläge zu den unmittelbaren Selbstkosten	782
12.2.3.3.1	Soziale Abgaben.....	782
12.2.3.3.2	Gemeinkosten der Baustelle	782
12.2.3.4	Betriebskostenzuschläge.....	784
12.2.3.5	Mehrwertsteuer.....	784
12.2.4	Zusammenstellung des Angebots.....	784
12.2.5	Aufgliederung der Angebotssumme.....	785
12.3	Kostenschätzung	786
12.3.1	Allgemeines	786
12.3.2	Rohbaukosten	786
12.3.2.1	Wasserfassung	786
12.3.2.1.1	Quellfassungen	786
12.3.2.1.2	Bohrbrunnen.....	787
12.3.2.1.3	Horizontalfilterbrunnen	788
12.3.2.1.4	Oberflächenwasserfassung	789
12.3.2.2	Wasseraufbereitung	789
12.3.2.3	Wasserförderung.....	790
12.3.2.4	Wasserspeicherung	791
12.3.2.4.1	Hochbehälter	791
12.3.2.4.2	Wasserturm.....	792
12.3.2.5	Wasserverteilung	792
12.3.2.5.1	Rohrgraben	792
12.3.2.5.2	Rohrleitung.....	793
12.3.2.5.3	Armaturen.....	794
12.3.2.5.4	Sonder-Bauwerke	795
12.3.2.5.5	Spülen und Desinfizieren.....	796
12.3.2.5.6	Druckprüfung	796
12.3.2.5.7	Gesamtkosten je m Zubringer- bzw. Versorgungsleitung.....	796
12.3.2.5.8	Anschlussleitung.....	797
12.3.2.6	Außenanlagen	798
12.3.2.7	Objektschutz	798
12.3.2.8	Baustelleneinrichtung, mit Auf- und Abbau, sowie Vorhalten	798

12.3.2.9	Sonstige Kosten	798
12.3.2.9.1	Allgemeines	798
12.3.2.9.2	Unvorhergesehenes	798
12.3.2.9.3	Ingenieurleistungen	799
12.3.2.9.4	Nebenkosten	799
12.3.3	Mehrwertsteuer	799
12.3.4	Trinkwasserinstallation (Hausinstallation)	799
12.4	Baukosten je Einheit	799
12.5	Kostenanteil der Anlageteile an den Gesamtkosten	800
12.6	Wertberechnung bestehender Anlagen	800
12.6.1	Allgemeines	800
12.6.1.1	Index-Verfahren	800
12.6.1.2	Preisspiegel-Verfahren	800
12.6.2	Kostenindex	801
12.6.3	Beispiel einer Wertberechnung	803
12.6.3.1	Allgemeines	803
12.6.3.2	Berechnung des Neuwertes	803
12.6.3.3	Berechnung des Herstellungswertes	804
12.7	Lohn- und Materialanteil an den Gesamtkosten	804
	Literatur	804
13.	Betrieb, Verwaltung und Überwachung	805
13.1	Allgemeines	805
13.2	Organisation	806
13.2.1	Arten der Wasserversorgung	806
13.2.2	Pflichtaufgabe Wasserversorgung – betriebliche Kooperation	807
13.2.3	Unternehmensformen der öffentlichen Wasserversorgung	808
13.2.3.1	Allgemeines	808
13.2.3.2	Organisationsformen des öffentlichen Rechts	808
13.2.3.2.1	Regiebetrieb	808
13.2.3.2.2	Eigenbetrieb	809
13.2.3.2.3	Zweckverband	809
13.2.3.2.4	Wasser- und Bodenverband	809
13.2.3.2.5	Kommunalunternehmen	810
13.2.3.3	Organisationsformen des Privatrechts	810
13.2.3.3.1	Kapitalgesellschaft	810
13.2.3.3.2	Sonstige Organisationsformen des privaten Rechts	810
13.2.3.4	Beispiel für die Anteile der verschiedenen Unternehmensformen	810
13.2.4	Unternehmensaufbau	811
13.2.4.1	Unternehmensleitung	811
13.2.4.2	Innerer Aufbau eines Unternehmens	812
13.2.4.2.1	Allgemeines	812
13.2.4.2.2	Gliederung des technischen Betriebes	813
13.2.4.2.3	Gliederung der Verwaltung	813
13.3	Betrieb	814
13.3.1	Anforderungen	814
13.3.1.1	Anforderungen an das Trinkwasser	814
13.3.1.2	Anforderungen an den Unternehmer	814
13.3.1.3	Anforderungen an das technische Personal	816
13.3.1.4	Anforderungen an die Anlagenteile, Arbeitsgeräte und Materialien	817
13.3.1.5	Technisches Sicherheitsmanagement (TSM)	817
13.3.2	Technisches Personal	818
13.3.2.1	Qualifikation und Personalbedarf	818

13.3.2.1.1	Kleinere WVU.....	819
13.3.2.1.2	Mittlere und größere WVU.....	819
13.3.2.2	Aus- und Fortbildung in der Ver- und Entsorgung	820
13.3.2.2.1	Wasserwart.....	820
13.3.2.2.2	Fachkraft für Wasserversorgungstechnik, Anlagenmechaniker.....	820
13.3.2.2.3	Wassermeister, Netzmeister	820
13.3.2.3	Berufliche Weiterbildung	821
13.3.2.3.1	Angebote allgemein (Auszug)	821
13.3.2.3.2	Ortsnahe Fortbildung des technischen Personals (Nachbarschaften)	821
13.3.2.4	Dienstanweisung.....	822
13.3.2.4.1	Allgemeines.....	822
13.3.2.4.2	Muster einer Dienstanweisung (Auszug).....	822
13.3.3	Rechtsvorschriften, Technische Regelwerke	823
13.3.3.1	Allgemeines	823
13.3.3.2	Wasserrecht	825
13.3.3.2.1	Allgemeines.....	825
13.3.3.2.2	Wasserrechtliches Verfahren	825
13.3.3.2.3	Die Entnahme – der wasserrechtliche Bescheid	826
13.3.3.2.4	Die Festsetzung von Schutzgebieten – die Schutzgebiets- verordnung.....	828
13.3.3.3	Gesundheitsrecht	829
13.3.3.3.1	Allgemeines.....	829
13.3.3.3.2	Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV – 2001)	830
13.3.3.4	Rechtsformen für die Wasserabgabe an den Kunden.....	830
13.3.3.4.1	Allgemeine Versorgungsbedingungen – AVBWasserV	830
13.3.3.4.2	Öffentlich-rechtliche Regelung durch Satzung.....	830
13.3.3.4.3	Privatrechtlicher Vertrag	831
13.3.3.5	Baurecht.....	831
13.3.3.5.1	Bauplanungsrecht	831
13.3.3.5.2	Bauordnungsrecht.....	831
13.3.3.6	Grundstücks- und Straßenbenutzungsrechte	832
13.3.3.6.1	Allgemeines.....	832
13.3.3.6.2	Grundstücksrecht.....	832
13.3.3.6.3	Straßenbenutzungsrecht.....	833
13.3.3.7	Arbeitssicherheit.....	834
13.3.4	Betriebsaufgaben	834
13.3.4.1	Allgemeines.....	834
13.3.4.2	Betriebsführung, Betriebsaufzeichnungen	835
13.3.4.2.1	Allgemeines.....	835
13.3.4.2.2	Betriebsaufzeichnungen.....	835
13.3.4.2.3	Auswertung der Messungen	838
13.3.4.2.4	Labor	840
13.3.4.3	Instandhaltung	841
13.3.4.3.1	Allgemeines.....	841
13.3.4.3.2	Kontrollen und Wartung der Anlagenteile.....	841
13.3.4.3.3	Instandsetzung.....	848
13.3.4.4	Anschlussleitungen	860
13.3.4.5	Besondere Schutzmaßnahmen	861
13.3.4.5.1	Allgemeines.....	861
13.3.4.5.2	Sicherheit der Wasserversorgung im Normalbetrieb und Krisenfall	861
13.3.4.5.3	Schutzmaßnahmen bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen	862

13.3.4.6	Baumaßnahmen.....	863
13.3.4.6.1	Mitwirkung des Betriebes bei Baumaßnahmen.....	863
13.3.4.6.2	Planung und Bauoberleitung durch Angehörige des WVU.....	863
13.3.4.6.3	Bauausführung durch das WVU	863
13.4	<i>Verwaltung</i>	863
13.4.1	Anforderungen	863
13.4.2	Verwaltungspersonal.....	864
13.4.3	Verwaltungsaufgaben.....	864
13.4.3.1	Allgemeine Verwaltungsaufgaben	864
13.4.3.1.1	Allgemeines	864
13.4.3.1.2	Rechts-, Vertrags- und Versicherungswesen.....	864
13.4.3.1.3	Vergabewesen.....	864
13.4.3.2	Grundstückswesen	865
13.4.3.3	Personalwesen.....	865
13.4.3.4	Finanzwesen.....	865
13.4.3.4.1	Allgemeines	865
13.4.3.4.2	Buchhaltung.....	870
13.4.3.4.3	Benchmarking.....	870
13.4.3.4.4	Kasse.....	873
13.4.3.4.5	Überwachung des Kassen- und Rechnungswesens	873
13.4.3.5	Wasserverkauf, Kundenbetreuung	873
13.4.3.5.1	Wasserverkauf	873
13.4.3.5.2	Kostenstruktur, Kostentransparenz und Preiskontrolle	874
13.4.3.5.3	Kundenbetreuung.....	875
13.5	Überwachung	875
13.5.1	Allgemeines	875
13.5.2	Eigenüberwachung.....	876
13.5.3	Staatliche Überwachung.....	877
	<i>Literatur</i>	878
14.	Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. Ä.....	881
14.1	<i>Gesetzliche Einheiten</i>	881
14.1.1	Allgemeines	881
14.1.2	Basiseinheiten	881
14.1.3	Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten.....	881
14.1.4	Gesetzlich abgeleitete Einheiten (kohärente Einheiten des SI)	882
14.1.5	Anwendungshinweise für das SI	883
14.1.6	Umrechnungstabellen.....	884
14.2	<i>Umrechnung von Maßeinheiten aus dem amerikanischen („[US]“) und englischen („[E]“) ins metrische Maßsystem</i>	<i>885</i>
14.3	<i>Häufig benötigte Zahlenwerte und Gleichungen</i>	<i>886</i>
14.4	<i>Griechisches Alphabet</i>	<i>888</i>
14.5	<i>Verbände und Vereine</i>	<i>889</i>
14.6	<i>DVGW-Regelwerk</i>	<i>890</i>
14.6.1	Vorbemerkungen.....	890
14.6.2	Wasserversorgung – allgemein	890
14.6.3	Wassergewinnung	891
14.6.4	Wasseraufbereitung.....	891
14.6.5	Wasserförderung, Wasserwerke	893
14.6.6	Wasserspeicherung.....	894
14.6.7	Wasserverteilung, Wasserverwendung.....	894
14.6.8	Brandschutz, Trinkwasserversorgung im Krisenfall und Kleinanlagen	897

14.7	<i>DIN-Normen</i>	898
14.7.1	Vorbemerkungen	898
14.7.2	Wasserversorgung – allgemein	898
14.7.3	Wassergewinnung.....	899
14.7.4	Wasseraufbereitung.....	899
14.7.5	Wasserförderung	902
14.7.6	Wasserspeicherung	904
14.7.7	Wasserverteilung, Wasserverwendung	906
14.7.8	Brandschutz, Trinkwasserversorgung im Krisenfall und Kleinanlagen	909
14.7.9	Bau, Betrieb und Instandhaltung	910
14.8	<i>Gesetze, Verordnungen, Richtlinien</i>	911
14.8.1	Vorbemerkungen	911
14.8.2	Wasserversorgung – allgemein	911
14.8.3	Wassergewinnung.....	912
14.8.4	Wasseraufbereitung.....	912
14.8.5	Wasserförderung	913
14.8.6	Wasserspeicherung	913
14.8.7	Wasserverteilung	914
14.8.8	Brandschutz, Trinkwasserversorgung im Krisenfall und Kleinanlagen	914
14.8.9	Bau, Betrieb und Instandhaltung.....	914
14.9	<i>Zeitschriften des Wasserversorgungsfaches</i>	915
14.10	<i>Weitere Schriftenreihen und technische Mitteilungen</i>	915
15.	Stichwortverzeichnis	917