

Dipl.-Ing. Johann Mutschmann †

Dipl.-Ing. Fritz Stimmelmayer

Taschenbuch der Wasserversorgung

14., vollständig überarbeitete Auflage

Mit 420 Abbildungen und 283 Tabellen

Bearbeitet von

Werner Knaus

Dipl.-Ing. Karl Heinz Köhler

Dr.-Ing. Gerhard Merkl

Dipl.-Ing. Erwin Preininger

Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Weigelt

Dipl.-Ing. Matthias Weiß



Vieweg

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>Art der Wasserversorgung</i>	7
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>Anlageteile einer Wasserversorgungsanlage</i>	11
<i>Literatur</i>	12
2. Wasserabgabe - Wasserverbrauch - Wasserbedarf	13
2.1 <i>Art der Wassergewinnung</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/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/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/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_{dmax}</i>	19
2.3.5.2.2 <i>Kleinstwert Q_{dmin}</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/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_{hmax}</i>	25
2.3.6.3.1 <i>Größtwert Q_{hmax} nach DVGW-Umfragen</i>	25
2.3.6.3.2 <i>Q_{hmax} nach Stundenspitzenfaktor</i>	26
2.3.6.3.3 <i>Q_{hmax} nach max. Stundenprozentwert</i>	26
2.3.6.3.4 <i>Q_{hmax} nach einwohnerbezogener max. Stundenabgabe</i>	27
2.3.6.4 <i>Kleinstwert Q_{hmin}</i>	28
2.3.7 <i>Bemessungsgrundlage für Sonderobjekte</i>	28
2.4 <i>Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit</i>	31
2.4.1 <i>Berechnungsdurchflüsse von Auslauf-Armaturen</i>	31
2.4.2 <i>Wasserverbrauch je Einzelvorgang</i>	31
2.4.3 <i>Wasserverbrauch l/Ed im Haushalt für einzelne Zwecke</i>	32

2.4.4	Erfahrungswerte des Wasserverbrauchs je Verbrauchereinheit.....	32
2.4.5	Eigenverbrauch der WVU.....	35
2.4.6	Wasserverlust.....	35
2.5	<i>Wasserverbrauch der Industrie.....</i>	35
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.....	37
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.....	38
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 Bedarf.....	40
2.7.3.4	Spitzenwerte.....	41
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 Grundschatz.....	43
•	2.1 A3 Objektschutz.....	44
	2.1 AA Löschwasser-Bereitstellung durch das WVU.....	44
2.7.5	Wasserbedarf in Notstandsfällen.....	44
2.7.6	Beispiel einer Berechnung des Wasserbedarfs.....	45
	<i>Literatur.....</i>	46
3.	Wassergewinnung	49
3.1	<i>Hydrologie und Hydrogeologie.....</i>	49
3.1.1	Allgemeines.....	49
3.1.2	Wasserbilanz.....	50
3.1.2.1	Wasserhaushaltsgleichung.....	50
3.1.2.2	Niederschlag.....	50
3.1.2.3	Verdunstung.....	54
3.1.2.4	Oberirdischer Abfluss.....	55
3.1.2.5	Unterirdischer Abfluss.....	57
	3.1.2.5.1 Verteilung des unterirdischen Abflusses im Boden.....	57
	3.1.2.5.2 Grundwasser-Neubildung.....	59
3.1.3	Für die Wasserversorgung nutzbare Oberflächengewässer.....	61
3.1.3.1	Regenwasser.....	61
3.1.3.2	Flusswasser.....	61
3.1.3.3	Seewasser, Trinkwassertalsperren.....	61
3.1.4	Für die Wasserversorgung nutzbares Grundwasser.....	61
3.1.4.1	Allgemeines.....	61
3.1.4.2	Arten der Grundwasserleiter.....	61
3.1.4.3	Grundwasservorkommen in den geologischen Formationen.....	62

3.1.4.4	Grundwasser-Erkundung.....	62
3.1.4.4.0	Allgemeines.....	62
3.1.4.4.1	Örtliche Verhältnisse - Schützbarkeit.....	62
3.1.4.4.2	Hydrogeologisches Profil - Geophysik.....	63
3.1.4.4.3	Grundwasserspiegel.....	65
3.1.4.4.4	Grundwassersohle.....	65
3.1.4.4.5	Grundwasserhydraulische Verhältnisse.....	65
3.1.4.4.6	Grundwasser-Bilanz - Grundlage einer nachhaltigen Bewirtschaftung.....	65
3.1.4.4.7	Wasserbeschaffenheit.....	66
3.1.4.4.8	Auswirkungen - Umweltverträglichkeit.....	66
3.1.5	Grundwasser-Hydraulik in Poren-Grundwasserleitern.....	67
3.1.5.1	Allgemeines.....	67
3.1.5.2	Grundwasser-Fließrichtung und Grundwasser-Gefälle.....	67
3.1.5.2.1	Grundwasser-Höhenplan.....	67
3.1.5.2.2	Grundwasser-Messdreieck.....	67
3.1.5.3	Grundwasser-Fließgeschwindigkeit.....	68
3.1.5.3.1	Arten der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit.....	68
3.1.5.3.2	Messung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit mit Hilfe von Markierungsversuchen.....	69
3.1.5.3.3	Berechnung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit.....	70
3.1.5.4	Grundwasserabfluss.....	71
3.1.5.5	Grundwasserentnahme aus Einzelbrunnen.....	71
3.1.5.5.1	Entnahme und GW-Absenkung.....	71
3.1.5.5.2	Vorbereitung und Durchführung von Pumpversuchen.....	72
3.1.5.5.3	Grundwasser-Absenkungskurve - Auswerten der Pumpversuche.....	74
3.1.5.5.4	Wasserandrangkurve.....	77
3.1.5.5.5	Brunnenfassungsvormögen.....	78
3.1.5.5.6	Wasserspiegel am Brunnen bei ungespanntem Aquifer.....	78
3.1.5.5.7	Strömungsverhältnisse am Brunnen.....	78
3.1.5.5.8	Auswirkung der GW-Entnahme -Entnahmehereich.....	79
3.1.5.5.9	Strömungsverhältnisse bei Uferfiltration.....	80
3.1.5.6	Grundwasserentnahme mittels Mehrbrunnenanlage.....	80
3.1.5.6.1	Gegenseitige Beeinflussung von Brunnen.....	80
3.1.5.6.2	Mehrbrunnengleichung.....	81
3.1.5.6.3	Berechnung der Absenkung einer Mehrbrunnenanlage aus den Messungen der Einzel-Pumpversuche.....	81
3.1.5.7	Grundwasserentnahmen aus liegender Fassung.....	82
3.1.5.7.1	Grundwasser-Galerie.....	82
3.1.5.7.2	Horizontalfilterbrunnen.....	82
3.1.5.8	Grundwasseranreicherung durch Versickerung.....	84
3.1.5.8.1	Versickerung mittels Schluckbrunnen.....	84
3.1.5.8.2	Versickerung oberhalb des GW mittels Sickerbecken, Sickergräben.....	85
3.1.5.9	Grundwassermodelle.....	85
3.1.6	Grundwasser-Hydraulik in Kluft-Grundwasserleitern.....	87
3.1.7	Grundwasser-Hydraulik in Karst-Grundwasserleitern.....	87

3.1.8	Quellen.....	87
3.1.8.1	Quellen-Hydraulik und Quellenarten.....	87
3.1.8.1.1	Absteigende Quelle.....	87
3.1.8.1.2	Aufsteigende Quellen.....	88
3.1.8.1.3	Sonstige Quellarten.....	88
3.1.8.2	Quellen-Erkundung zur Eignung für Trinkwasserzwecke.....	89
3.2	<i>Wasserfassungen</i>	89
3.2.1	Arten der Wasserfassungen.....	89
3.2.2	Wahl der Wasserfassung.....	90
3.2.3	Quellfassungen.....	90
3.2.3.1	Vorbereitende Erhebungen.....	90
3.2.3.1.1	Austrittsart.....	90
3.2.3.1.2	Wasserdargebot.....	91
3.2.3.1.3	Temperatur.....	91
3.2.3.1.4	Wasserbeschaffenheit.....	91
3.2.3.1.5	Einzugsgebiet mit Schützbarkeit.....	91
3.2.3.2	Aufschürfen von Quellen.....	91
3.2.3.3	Schichtquellenfassung (absteigende Quellen).....	92
3.2.3.3.1	Aufschürfen einer Quelle.....	92
3.2.3.3.2	Sickergalerie.....	93
3.2.3.3.3	Sammelschacht.....	93
3.2.3.4	Stauquellenfassung (aufsteigende Quellen).....	94
3.2.3.5	Dokumentation.....	94
3.2.3.6	Betrieb.....	95
3.2.3.7	Rückbau.....	95
3.2.4	Grundwasserfassungen.....	95
3.2.4.0	Allgemeines.....	95
3.2.4.1	Schlagbrunnen.....	95
3.2.4.2	Spülbrunnen.....	96
3.2.4.3	Schachtbrunnen.....	96
3.2.4.4	Bohrbrunnen.....	96
3.2.4.4.1	Allgemeines.....	96
3.2.4.4.2	Planung und Bemessung.....	96
3.2.4.4.3	Herstellen der Bohrung.....	98
3.2.4.4.4	Brunnenausbau.....	103
3.2.4.4.5	Klarpumpen, Entsanden, und Entwickeln.....	111
3.2.4.4.6	Pumpversuche.....	115
3.2.4.4.7	Überwachung der Bohrung.....	116
3.2.4.4.8	Dokumentation und Abnahme.....	117
3.2.4.5	Brunnenreihen.....	117
3.2.4.5.1	Allgemeines.....	117
3.2.4.5.2	Standort der Brunnen.....	117
3.2.4.5.3	Pumpversuche.....	118
3.2.4.6	Großvertikalfilterbrunnen.....	118
3.2.4.7	Horizontalfilterbrunnen.....	118
3.2.4.8	Leistungsrückgang bestehender Grundwasserfassungen.....	120
3.2.4.8.1	Allgemeines.....	120
3.2.4.8.2	Änderung der hydrologischen Verhältnisse.....	120
3.2.4.8.3	Zunahme des Durchflusswiderstandes durch Brunnenalterung.....	121
3.2.4.9	Regenerierung.....	121
3.2.4.9.1	Vorarbeiten.....	121
3.2.4.9.2	Entsanden.....	121
3.2.4.9.3	Brunnenreinigung.....	122

3.2.5	Grundwasseranreicherung.....	122
3.2.5.1	Allgemeines.....	122
3.2.5.2	Natürliche Grundwasseranreicherung.....	122
	3.2.5.2.1 Grundlagen.....	122
	3.2.5.2.2 Uferfiltrationsrate.....	122
	3.2.5.2.3 Wasserbeschaffenheit.....	123
3.2.5.3	Künstliche Grundwasseranreicherung.....	123
	3.2.5.3.1 Allgemeines.....	123
	3.2.5.3.2 Oberirdische Versickerungsanlagen.....	124
	3.2.5.3.3 Unterirdische Versickerungsanlagen.....	124
3.2.6	Oberflächenwasserentnahmen.....	125
3.2.6.1	Allgemeines.....	125
3.2.6.2	Trinkwassertalsperre.....	125
	3.2.6.2.1 Allgemeines.....	125
	3.2.6.2.2 Standort.....	125
	3.2.6.2.3 Wassertiefe.....	126
	3.2.6.2.4 Speicherinhalt.....	126
	3.2.6.2.5 Speicherbecken.....	127
	3.2.6.2.6 Sperrenbauwerk - Entnahmeeinrichtungen.....	127
	3.2.6.2.7 Wasserbeschaffenheit.....	128
3.2.6.3	Seewasserefassung.....	128
3.2.6.4	Flusswasserefassung.....	129
3.3	<i>Trinkwasserschutzgebiete</i>	129
3.3.1	Allgemeines.....	129
3.3.2	Schutzgebiete für Grundwasserentnahmen.....	130
	3.3.2.1 Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	130
	3.3.2.2 Reinigungswirkung des Untergrundes.....	130
	3.3.2.2.1 Reinigungswirkung.....	131
	3.3.2.2.2 Verweildauer.....	131
	3.3.2.3 Schutzgebietszonen.....	131
	3.3.2.3.1 Einteilung.....	131
	3.3.2.3.2 Bemessung.....	133
	3.3.2.4 Schutzgebietsverordnung.....	134
3.3.3	Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren.....	143
	3.3.3.1 Allgemeines.....	143
	3.3.3.2 Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	144
	3.3.3.3 Schutz allgemein.....	144
	3.3.3.4 Abgrenzung des Schutzgebietes.....	144
	3.3.3.5 Schutzzonenbemessung und Schutzziele (nach DVGW-Arbeitsblatt W102).....	144
	3.3.3.6 Gefährliche Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge in den Schutzzonen (nach DVGW-Arbeitsblatt W102).....	145
	3.3.3.6.1 Allgemeines.....	145
	3.3.3.6.2 Schutzzone I.....	145
	3.3.3.6.3 Schutzzonen.....	145
	3.3.3.6.4 Schutzzone III.....	146
	3.3.3.7 Überwachung.....	147
3.3.4	Schutzgebiete für Seen und Flüsse.....	148
	<i>Literatur</i>	148

4.	Wasseraufbereitung.....	151
4.1	<i>Wasserbeschaffenheit.....</i>	151
4.1.1	Physikalisch-chemische Eigenschaften des reinen Wassers.....	151
4.1.1.1	Bestandteile.....	151
4.1.1.2	Aggregatzustand und Masse.....	151
4.1.1.3	Viskosität.....	152
4.1.1.4	Spezifische Wärme.....	153
4.1.1.5	Zusammendrückbarkeit.....	153
4.1.1.6	Chemisches Lösungsvermögen.....	153
4.1.1.7	Folgeerscheinungen.....	154
4.1.2	Natürliche Rohwässer - Beschaffenheit und Anforderungen.....	155
4.1.2.1	Allgemein.....	155
4.1.2.2	Grundwasser und Quellwasser.....	155
4.1.2.3	Oberflächenwasser.....	160
4.1.2.4	Künstlich angereichertes Grundwasser und Uferfiltrat.....	164
4.1.2.4.1	Künstlich angereichertes Grundwasser.....	164
4.1.2.4.2	Uferfiltrat.....	165
4.1.2.5	Regenwasser.....	165
4.1.3	Anforderungen an Trinkwasser - DIN 2000.....	165
4.1.4	Anforderungen der EU-Richtlinie und der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).....	166
4.1.5	Parameter zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit.....	167
4.1.5.1	Allgemein.....	167
4.1.5.2	Mikrobiologische Parameter.....	169
4.1.5.2.1	Allgemein.....	169
4.1.5.2.2	Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken.....	171
4.1.5.2.3	Koloniezahl, Clostridium perfringens (als Indikator für Parasiten).....	171
4.1.5.2.4	Legionella pneumophila und andere Mikroorganismen.....	172
4.1.5.3	Chemische Parameter mit Grenzwerten.....	172
4.1.5.3.1	Antimon (Sb).....	172
4.1.5.3.2	Arsen (As).....	173
4.1.5.3.3	Blei(Pb).....	173
4.1.5.3.4	Cadmium (Cd).....	174
4.1.5.3.5	Chrom (Cr).....	175
4.1.5.3.6	Cyanid (CN~).....	175
4.1.5.3.7	Fluorid (F).....	175
4.1.5.3.8	Nickel (Ni).....	176
4.1.5.3.9	Nitrat (NO ₃).....	176
4.1.5.3.10	Nitrit (NO ₂).....	178
4.1.5.3.11	Quecksilber (Hg).....	178
4.1.5.3.12	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe.....	179
4.1.5.3.13	Organische Chlorverbindungen, THM.....	179
4.1.5.3.14	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM bzw. PSM).....	180
4.1.5.3.15	Kupfer(Cu).....	181
4.1.5.3.16	Selen (Se).....	182
4.1.5.3.17	Bor(B).....	182
4.1.5.4	Indikatorparameter und Parameter ohne Grenzwerte.....	183
4.1.5.4.1	Allgemein.....	183
4.1.5.4.2	Färbung.....	183
4.1.5.4.3	Trübung.....	183
4.1.5.4.4	Geruch.....	184

4.1.5.4.5	Temperatur.....	185
4.1.5.4.6	pH-Wert, Calcitlösekapazität.....	187
4.1.5.4.7	Leitfähigkeit.....	191
4.1.5.4.8	Oxidierbarkeit.....	192
4.1.5.4.9	Aluminium (Al).....	192
4.1.5.4.10	Ammonium (NH ₄ ⁺).....	194
4.1.5.4.11	Benzinzusatz MTBE.....	194
4.1.5.4.12	Barium (Ba).....	195
4.1.5.4.13	Calcium(Ca).....	195
4.1.5.4.14	Chlorid (Cl).....	195
4.1.5.4.15	Eisen (Fe).....	197
4.1.5.4.16	Kalium (K).....	197
4.1.5.4.17	Zink(Zn).....	197
4.1.5.4.18	Magnesium (Mg).....	198
4.1.5.4.19	Mangan (Mn).....	198
4.1.5.4.20	Natrium (Na).....	199
4.1.5.4.21	Phenole (C ₆ H ₅ OH).....	199
4.1.5.4.22	Phosphor (P).....	199
4.1.5.4.23	Silber (Ag).....	200
4.1.5.4.24	Sulfat (SO ₄ ²⁻).....	200
4.1.5.4.25	Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe; Mineralöle.....	201
4.1.5.4.26	Arzneimittelrückstände.....	201
4.1.5.4.27	Oberflächenaktive Stoffe.....	202
4.1.5.4.28	Radioaktive Stoffe.....	202
4.1.5.4.29	Pufferung, Säure- und Basekapazität.....	204
4.1.5.4.30	Summe Erdalkalien (Härte).....	204
4.1.5.4.31	Kohlensäure (CO ₂), anorganischer Kohlenstoff.....	207
4.1.5.4.32	Summen- und Gruppenparameter für organische Stoffe.....	209
4.1.5.4.33	Sauerstoff.....	211
4.1.5.4.34	Redoxspannung.....	211
4.1.5.4.35	Schwefelwasserstoff.....	212
4.1.5.4.36	Geschmack.....	212
4.1.6	Zusatzstoffe zur Trinkwasseraufbereitung (Aufbereitungsstoffe).....	213
4.1.7	Durchführung der Wasseruntersuchungen.....	214
4.1.7.1	Allgemein.....	214
4.1.7.2	Umfang und Häufigkeit der Untersuchungen.....	216
4.1.7.3	Probenentnahme, Untersuchungen vor Ort.....	217
4.1.7.4	Ergebnisangabe.....	219
4.1.7.5	Beurteilung der Wasserbeschaffenheit einschließlich Korrosivität.....	219
4.1.8	Schutz des Wassers und Sanierungsmaßnahmen.....	222
4.1.8.1	Gefährdung des Rohwassers.....	222
4.1.8.2	Schutz des Wassers und Sanierung.....	224
4.1.8.3	Schutz des Trinkwassers.....	228
4.2	Trinkwasseraufbereitung.....	228
4.2.1	Anforderungen und Verfahren.....	228
4.2.2	Physikalische Verfahren.....	230
4.2.2.1	Vorreinigung.....	230
4.2.2.1.1	Rechen.....	230
4.2.2.1.2	Entsandung.....	230
4.2.2.1.3	Entölung.....	231
4.2.2.1.4	Sieben.....	231

4.2.2.2	Flockung, Sedimentation, Flotation.....	232
4.2.2.2.1	Allgemeines.....	232
4.2.2.2.2	Flockung.....	232
4.2.2.2.3	Sedimentation.....	235
4.2.2.2.4	Flotation.....	238
4.2.2.3	Gasaustausch.....	238
4.2.2.3.1	Allgemeines und Grundlagen.....	238
4.2.2.3.2	Anlagen und Leistungsdaten.....	240
4.2.2.4	Filtration.....	243
4.2.2.4.1	Allgemeines.....	243
4.2.2.4.2	Einteilung der Filter.....	243
4.2.2.4.3	Bestandteile des Filters.....	244
4.2.2.4.4	Filtermaterialien.....	245
4.2.2.4.5	Bemessung und Betrieb.....	245
4.2.2.4.6	Filterrückspülung.....	249
4.2.2.4.7	Langsamfilter.....	249
4.2.2.4.8	Feinfiltersysteme.....	250
4.2.2.5	Membranverfahren.....	250
4.2.2.5.1	Allgemein.....	250
4.2.2.5.2	Umkehrosmose (UO).....	252
4.2.2.5.3	Elektrodialyse (ED).....	254
4.2.2.5.4	Ultrafiltration und Mikrofiltration (UF und MF).....	254
4.2.2.5.5	Nanofiltration (NF).....	255
4.2.2.6	Adsorption.....	255
4.2.2.6.1	Allgemeines.....	255
4.2.2.6.2	Aktivkohlefilter.....	256
4.2.2.6.3	Pulverkohleinsatz.....	257
4.2.2.7	Grundwasseranreicherung.....	258
4.2.3	Chemische Verfahren.....	258
4.2.3.1	Fällung.....	258
4.2.3.2	Oxidation.....	259
4.2.3.2.1	Allgemein.....	259
4.2.3.2.2	Ozon(O ₃).....	259
4.2.3.2.3	Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂).....	262
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 Kalkstein.....	263
4.2.3.3.3	Filtration über dolomitische Materialien.....	266
4.2.3.3.4	Zugabe von Alkalien.....	267
4.2.3.4	Ionenaustausch.....	269
4.2.3.4.1	Allgemeines.....	269
4.2.3.4.2	Prinzip des Ionenaustausches.....	269
4.2.3.4.3	Betrieb eines Ionenaustauschers.....	269
4.2.3.4.4	Arten des Ionenaustausches.....	270
4.2.3.4.5	Carix-Verfahren.....	271
4.2.4	Biologische Verfahren.....	272
4.2.5	Anwendung der Aufbereitungsverfahren.....	272
4.2.5.1	Allgemeines.....	272
4.2.5.2	Entsäuerung.....	273
4.2.5.2.1	Allgemeines.....	273
4.2.5.2.2	Verfahren zur Entsäuerung.....	273
4.2.5.2.3	Auswahl des Verfahrens.....	273

4.2.5.3	Enteisung.....	275
4.2.5.3.1	Allgemeines.....	275
4.2.5.3.2	Sauerstoffzufuhr.....	275
4.2.5.3.3	Sedimentation.....	276
4.2.5.3.4	Filtration.....	276
4.2.5.3.5	Unterirdische Enteisung (und Entmanganung).....	278
4.2.5.4	Entmanganung.....	278
4.2.5.5	Aufbereitung von reduzierten Wässern.....	280
4.2.5.6	Entfernen von organischen Inhaltsstoffen.....	280
4.2.5.6.1	Algen, Plankton, sonstige organische Partikel.....	280
4.2.5.6.2	Farbe, Geruch, Geschmack.....	281
4.2.5.6.3	Chlorierte Kohlenwasserstoffe.....	281
4.2.5.6.4	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel.....	282
4.2.5.7	Entfernen der Stickstoffverbindungen.....	282
4.2.5.7.1	Allgemeines.....	282
4.2.5.7.2	Nitratentfernung.....	283
4.2.5.7.3	Nitritentfernung.....	287
4.2.5.7.4	Ammoniumentfernung.....	287
4.2.5.8	Enthärten.....	290
4.2.5.8.1	Allgemeines.....	290
4.2.5.8.2	Übersicht zu den Enthärtungsverfahren.....	291
4.2.5.8.3	Langsamentcarbonisierung.....	292
4.2.5.8.4	Schnellentcarbonisierung.....	293
4.2.5.8.5	Kalk-Soda-Verfahren.....	294
4.2.5.9	Entsalzen.....	294
4.2.5.10	Aufhärten.....	295
4.2.5.11	Dosierung von Phosphat und Silikat.....	296
4.2.5.12	Entfernen von anorganischen Spurenstoffen.....	297
4.2.5.12.1	Allgemeines.....	297
4.2.5.12.2	Arsenentfernung.....	297
4.2.5.12.3	Aluminiumentfernung.....	298
4.2.5.12.4	Nickelentfernung.....	298
4.2.5.13	Dekontamination.....	299
4.2.5.14	Desinfektion.....	301
4.2.5.14.1	Allgemeines.....	301
4.2.5.14.2	Abkochen.....	303
4.2.5.14.3	Filtern.....	303
4.2.5.14.4	Chlorung, Chlordioxid.....	303
4.2.5.14.5	UV-Bestrahlung.....	308
4.2.5.14.6	Silberung.....	310
4.2.5.14.7	Desinfektion von Anlageteilen der Wasserversorgung.....	310
4.2.5.15	Schlammbehandlung.....	311
4.2.6	Mischwasser.....	315
4.2.6.1	Allgemeines.....	315
4.2.6.2	Zonentrennung.....	316
4.2.6.3	Zentrale Mischung.....	317
4.2.6.4	Aufbereitung bei der zentralen Mischung.....	317
4.2.6.5	Angleichung der Wasserbeschaffenheit durch Aufbereitung.....	317
4.2.7	Beispielschemata von Aufbereitungsanlagen.....	318
4.2.8	Trinkwassernachbehandlung.....	319
4.2.8.1	Allgemeines.....	319
4.2.8.2	Mechanisch wirkende Filter.....	319
4.2.8.3	Dosiergeräte.....	320

4.2.8.4	Kationenaustauscher zur Enthärtung.....	320
4.2.8.5	Sonstige Anlagen zur Trinkwassernachbehandlung.....	321
4.2.9	Bauwerke der Wasseraufbereitung.....	322
4.2.9.1	Wahl des Verfahrens und des Standorts der Anlage.....	322
4.2.9.2	Planung der Anlagenteile.....	322
4.2.9.3	Ausschreibung.....	325
4.2.9.4	Abnahme, Einweisung und Bedienungsvorschrift.....	325
	<i>Literatur</i>	326
5.	Wasserrförderung	329
5.7	<i>Maschinelle Einrichtungen</i>	329
5.1.1	Betriebswerte von Pumpen.....	329
5.1.1.1	Förderstrom.....	329
5.1.1.2	Förderhöhe und Förderdruck.....	329
5.1.1.3	Nutzleistung einer Pumpe.....	330
5.1.1.4	Leistungsbedarf an der Pumpenwelle.....	331
5.1.2	Kreiselpumpen (KrP).....	331
5.1.2.1	Anwendungsgebiet.....	331
5.1.2.2	Bauformen von Kreiselpumpen.....	331
5.1.2.2.1	Grundsätzlicher Aufbau.....	331
5.1.2.2.2	Betriebsverhalten und Kennlinien von Kreiselpumpen.....	331
5.1.2.2.3	Bauarten.....	334
5.1.2.3	Saugverhalten von Kreiselpumpen.....	336
5.1.2.4	Zusammenhang zwischen Kennlinie einer Kreiselpumpe und der Anlagenkennlinie.....	338
5.1.2.5	Betrieb mehrerer Kreiselpumpen.....	339
5.1.2.5.1	Parallelbetrieb von Kreiselpumpen.....	339
5.1.2.5.2	Hintereinanderschalten von Kreiselpumpen.....	340
5.1.2.6	Anfragen für Kreiselpumpen.....	340
5.1.3	Abnahmeprüfung von Kreiselpumpen.....	341
5.1.3.1	Werkstoffprüfung.....	341
5.1.3.2	Hydraulische Abnahmeprüfung.....	341
5.1.3.2.1	Garantiewerte.....	341
5.1.3.2.2	Prüfergebnisse und Toleranzfaktoren.....	342
5.1.3.2.3	Nichterreichen vereinbarter Kennwerte.....	344
5.1.4	Sonstige Wasserhebevorrichtungen.....	344
5.1.4.1	Kolbenpumpen.....	344
5.1.4.1.1	Anwendungsgebiet.....	344
5.1.4.1.2	Bauarten und Förderstrom.....	344
5.1.4.1.3	Technische Eigenschaften.....	345
5.1.4.2	Mischluftheber.....	345
5.1.4.3	Widder.....	345
5.1.4.4	Dosierpumpen.....	346
5.1.5	Nichtelektrische Antriebsmaschinen.....	346
5.1.5.1	Verbrennungsmotoren.....	346
5.1.5.1.1	Dieselmotoren.....	346
5.1.5.1.2	Benzinmotoren.....	347
5.1.5.1.3	Gasmotoren.....	347
5.1.5.2	Wasserkraftmaschinen.....	348
5.1.5.2.1	Wasserräder.....	348
5.1.5.2.2	Wasserturbinen.....	348
5.1.5.2.3	Kreiselpumpen im Turbinenbetrieb.....	348

5.1.6	Luftverdichter und Gebläse.....	348
5.2	<i>Elektrotechnik</i>	349
5.2.1	Allgemeine Zusammenhänge.....	349
5.2.1.1	Grundgrößen.....	351
5.2.1.1.1	Stromarten.....	351
5.2.1.1.2	Spannung.....	351
5.2.1.1.3	Netzfrequenz in Drehstromnetzen.....	352
5.2.2	Elektromotoren.....	352
5.2.2.1	Wirkungsgrad.....	352
5.2.2.2	Drehzahl und Drehrichtung.....	352
5.2.2.2.1	Feste Drehzahlen.....	352
5.2.2.2.2	Variable Drehzahlen - Frequenzumrichter.....	353
5.2.2.2.3	Drehrichtung.....	354
5.2.2.3	Kraftübertragung und Antriebsart.....	354
5.2.2.4	Anlassen von Elektromotoren.....	355
5.2.2.4.1	Direktanlauf.....	356
5.2.2.4.2	Stern-Dreieck-Anlauf.....	356
5.2.2.4.3	Elektronischer Sanftanlaufstarter.....	358
5.2.2.4.4	Frequenzumrichter.....	358
5.2.2.4.5	Anlasstransformator.....	359
5.2.2.4.6	Anlasswiderstände (Nur bei Schleifringläufermaschinen).....	359
5.2.2.5	Bauformen und Schutzarten der Elektromotoren.....	359
5.2.2.6	Blindstromkompensation.....	359
5.2.2.7	Motorerwärmung.....	360
5.2.3	Energieverteilung.....	360
5.2.3.1	Schaltgeräte.....	360
5.2.3.1.1	Schaltgeräte für Mittelspannungsanlagen.....	360
5.2.3.1.2	Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen.....	361
5.2.3.1.3	Besondere Sensoren und Geräte für selbsttätige Steuerungen und zur Fernüberwachung.....	361
5.2.3.2	Leitungen und Zubehör.....	362
5.2.3.2.1	Stromleitungen.....	362
5.2.3.2.2	Motoranschlüsse und Sicherungen.....	362
5.2.3.3	Transformatoren (Umspanner).....	363
5.2.3.4	Ersatzstromerzeugungsanlagen.....	363
5.2.4	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen.....	366
5.2.4.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	366
5.2.4.2	Schutz bei indirektem Berühren.....	366
5.2.4.2.1	Schutzisolierung.....	366
5.2.4.2.2	Schutztrennung.....	366
5.2.4.2.3	Schutzeinrichtungen im TN-Netz.....	366
5.2.4.2.4	Schutzeinrichtungen im TT-Netz.....	367
5.2.4.2.5	Schutzeinrichtungen im IT-Netz.....	367
5.2.4.2.6	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).....	368
5.2.4.3	Weitere Sicherheitsregeln.....	368
5.2.5	Messprogramm und Messwertdarstellung.....	368
5.2.5.1	Messprogramm.....	368
5.2.5.2	Anzeigeeinstrumente.....	369
5.3	<i>Fernwirkanlagen</i>	370
5.3.1	Aufgaben und Ziele von Fernwirkanlagen.....	370

5.3.2	Technischer Aufbau.....	371
5.3.2.1	Anlagenformen und-bestandteile.....	371
5.3.2.1.1	Anlagenformen.....	371
5.3.2.1.2	Zentrale.....	372
5.3.2.1.3	Unterstationen.....	372
5.3.2.1.4	Messumformer.....	372
5.3.2.2	Übertragungsrichtung.....	372
5.3.2.2.1	Fernüberwachungseinrichtungen zur Übertragung von Messwerten und Meldungen.....	372
5.3.2.2.2	Fernsteuereinrichtungen zur Übertragung von Stellwerten und Befehlen.....	372
5.3.2.3	Übertragungsverfahren.....	372
5.3.2.3.1	Zeit-Multiplex-Übertragung (ZM).....	372
5.3.2.3.2	Frequenz-Multiplex-Übertragung (FM).....	373
5.3.2.3.3	Raum-Multiplex-Übertragung (RM).....	373
5.3.2.3.4	Kombination des RM-, FM- und ZM-Systems.....	373
5.3.2.3.5	Vergleich der Übertragungsverfahren.....	373
5.3.2.4	Übertragungswege.....	374
5.3.2.4.1	Betriebseigene Übertragungswege.....	374
5.3.2.4.2	Übertragungswege der kommerziellen Telekommunikationsanbieter.....	374
5.3.2.4.3	Vergleich der Übertragungswege.....	374
5.3.3	Datenbehandlung.....	375
5.3.3.1	Datenerfassung und -Verarbeitung.....	375
5.3.3.2	Datendarstellung und -speicherung und elektronische Verarbeitung.....	375
5.3.4	Betriebsweise der Anlagen.....	377
5.3.4.1	Handbetrieb.....	377
5.3.4.2	Halbautomatischer Betrieb.....	377
5.3.4.3	Vollautomatischer Betrieb.....	377
5.3.4.4	Allgemeines zum Eingreifen in Betriebsabläufe.....	379
5.3.5	Leittechnische Einrichtungen.....	379
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.....	381
5.4.1.2.1	Hauptpumpwerk.....	381
5.4.1.2.2	Zwischenpumpwerk.....	382
5.4.1.2.3	Druckerhöhungsanlagen (DEA).....	382
5.4.2	Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen.....	382
5.4.2.1	Ursachen dynamischer Druckänderungen.....	382
5.4.2.2	Größe der Druckstöße.....	383
5.4.2.3	Abhilfemaßnahmen.....	384
5.4.3	Planung und Ausführung von Pumpwerken.....	385
5.4.3.1	Anforderungen an die Entwurfsplanung.....	385
5.4.3.2	Pumpenbauart und Größe der Pumpensätze.....	386
5.4.3.2.1	Horizontale Kreiselpumpen.....	386
5.4.3.2.2	Vertikale Kreiselpumpen.....	386
5.4.3.2.3	Größe der Pumpensätze.....	386
5.4.3.2.4	Unterteilung der Pumpensätze.....	387
5.4.3.3	Ausschreibung von Förderanlagen.....	387
5.4.3.4	Standort einer Förderanlage.....	387

5.4.3.5	Raumprogramm.....	387
5.4.3.5.1	Lage der Räume zueinander.....	388
5.4.3.5.2	Raumhöhen.....	388
5.4.3.5.3	Platzbedarf für die Pumpensätze.....	388
5.4.3.5.4	Anordnung der Rohrleitungen.....	388
5.4.3.5.5	Unterbringung der elektrischen Anlagen.....	389
5.4.3.5.6	Belichtung und Beheizung.....	390
5.4.3.6	Sicherheit gegen Einbruch und Brand.....	390
5.4.4	Abnahme von Förderanlagen.....	391
5.4.5	Aspekte einzelner Förderanlagen.....	391
5.4.5.1	Grundwasserpumpwerk (GPW).....	391
5.4.5.2	Druckerhöhungsanlagen als Druckbehälterpumpwerke (DBPW).....	393
5.4.5.2.1	Größe der Pumpen bei Druckbehälterpumpwerken.....	393
5.4.5.2.2	Volumen der Druckbehälter.....	393
5.4.5.2.3	Schaltmöglichkeiten.....	394
5.4.5.2.4	Zubehör.....	395
5.4.5.3	Druckerhöhungsanlagen mit drehzahleregelten Antriebsmotoren.....	395
5.4.5.4	Drucksteigerungspumpwerke.....	396
5.4.5.5	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken.....	398
5.4.6	Überwachung von Förderanlagen.....	399
5.4.7	Ausführungsbeispiele.....	401
5.5	<i>Wasserzählung und Wassermessung</i>	407
5.5.1	Allgemeines.....	407
5.5.1.1	Volumenmessungen (Wasserzähler).....	407
5.5.1.2	Durchflussmessungen.....	408
5.5.2	Wasserzählung.....	408
5.5.2.1	Bauarten der Zähler.....	408
5.5.2.1.1	Flügelradzähler.....	408
5.5.2.1.2	Ringkolbenzähler.....	409
5.5.2.1.3	Woltmannzähler.....	409
5.5.2.1.4	Woltmannverbundzähler.....	410
5.5.2.1.5	Sonderzähler.....	410
5.5.2.1.6	Nass- und Trockenläufer.....	411
5.5.2.1.7	Zählwerke und Datenauslesung.....	411
5.5.2.2	Begriffe und Anforderungen.....	411
5.5.2.2.1	Maßgebende Begriffe.....	411
5.5.2.2.2	Anforderungen.....	412
5.5.2.3	Zählergrößen.....	413
5.5.2.3.1	Zähler mit Gewindeanschluss.....	413
5.5.2.3.2	Zähler mit Flanschanschluss.....	413
5.5.2.3.3	Größe von Flügelradzählern in Wohngebäuden (DVGWW406).....	413
5.5.3	Wassermessung.....	414
5.5.3.1	Durchflussmessung mittels Wasserzähler mit Zusatzeinrichtungen.....	414
5.5.3.2	Durchflussmessung nach dem magnetisch-induktiven Messverfahren.....	414
5.5.3.3	Durchflussmessung mittels Ultraschallgeräten.....	415
5.5.3.4	Weitere Verfahren.....	415
5.5.3.4.1	Durchflussmessung nach dem Wirkdruckverfahren.....	415
5.5.3.4.2	Durchflussmessung mit Schwebekörper.....	416
5.5.3.4.3	Überfallmessung.....	416
5.5.3.4.4	Kübelmessung.....	417

5.5.4	Hinweise für Einbau, Inbetriebnahme und Wartung von Zählern und Messvorrichtungen.....	417
5.5.4.1	Hauswasserzähler.....	417
5.5.4.1.1	Einbau.....	417
5.5.4.1.2	Einbauort.....	418
5.5.4.1.3	Inbetriebnahme.....	418
5.5.4.1.4	Wartung.....	419
5.5.4.1.5	Lagerung und Beförderung.....	419
5.5.4.2	Woltmannzähler.....	419
5.5.4.3	Venturi- und Ultraschall-Messanlagen.....	420
5.5.4.4	Magnetisch-induktive Messeinrichtungen.....	420
5.5.5	Eichung und Prüfung der Zähler.....	421
5.5.5.1	Technische Eigenschaften und Eichung der Wasserzähler.....	421
5.5.5.2	Prüfung und Überwachung durch das Wasserversorgungsunternehmen.....	422
	<i>Literatur</i>	422
6.	Wasserspeicherung.....	425
6.1	<i>Aufgaben der Wasserspeicherung</i>	425
6.1.1	Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme, Abdeckung von Verbrauchsspitzen.....	426
6.1.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung.....	426
6.1.3	Einhalten der Druckbereiche in Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen.....	426
6.1.4	Überbrücken von Betriebsstörungen.....	426
6.1.5	Bereithalten von Löschwasser.....	427
6.1.6	Druckzonenversorgung.....	427
6.1.7	Misch- und Absetzbecken.....	427
6.1.8	Ausgleich der Abflüsse eines oberirdischen Gewässers in einer Trinkwassertalsperre.....	427
6.2	<i>Arten der Wasserspeicherung</i>	427
6.2.1	Wasserbehälter in Hochlage.....	427
6.2.1.1	Hochbehälter.....	427
6.2.1.2	Wasserturm.....	428
6.2.2	Wasserbehälter in Tieflage.....	428
6.2.3	Druckbehälter.....	428
6.2.4	Lösungsmöglichkeiten.....	428
6.2.5	Trinkwassertalsperren.....	429
6.2.6	Grundwasserspeicher.....	429
6.2.7	Löschwasserspeicher.....	430
6.3	<i>Speicherinhalt</i>	430
6.3.1	Ausgleich der Verbrauchsschwankungen - Fluktuierendes Wasservolumen.....	431
6.3.1.1	Allgemein.....	431
6.3.1.2	Rechnerische Ermittlung.....	431
6.3.1.3	Grafische Ermittlung.....	431
6.3.1.4	Beurteilung.....	434
6.3.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung im Tiefbehälter.....	435
6.3.3	Sicherheitsvorrat.....	436
6.3.4	Löschwasservorrat.....	437
6.3.5	Festlegen des Speicherinhalts in der Praxis.....	437
6.3.5.1	Allgemeines.....	437
6.3.5.2	Kleine und mittelgroße Anlagen.....	438
6.3.5.2.1	Nutzinhalt.....	438
6.3.5.2.2	Löschwasservorrat.....	438
6.3.5.3	Große Anlagen.....	438

6.3.5.4	Sehr große Anlagen über 50 000 nrVd.....	438
6.3.5.5	Gruppenanlagen.....	439
6.3.6	Speicherinhalt von Trinkwassertalsperren.....	439
6.4	<i>Hochbehälter</i>	439
6.4.1	Allgemeine Anforderungen.....	439
6.4.1.1	Versorgungstechnische Anforderungen.....	439
6.4.1.2	Bautechnische Anforderungen.....	439
6.4.1.3	Betriebliche Anforderungen.....	440
6.4.1.4	Sicherheitstechnische Anforderungen (Objektschutz).....	441
6.4.1.5	Gestalterische Anforderungen.....	441
6.4.1.6	Wirtschaftliche Anforderungen.....	442
6.4.2	Lage.....	442
6.4.2.1	Höhenlage.....	442
6.4.2.2	Lage zum Versorgungsgebiet.....	443
6.4.2.2.1	Entfernung.....	443
6.4.2.2.2	Durchlaufbehälter.....	443
6.4.2.2.3	Gegenbehälter.....	444
6.4.2.3	Mehrere Hochbehälter in der gleichen Druckzone.....	445
6.4.2.3.1	Neuer Hochbehälter in unmittelbarer Nähe des bestehenden.....	445
6.4.2.3.2	Neuer Hochbehälter in größerer Entfernung zum bestehenden.....	445
6.4.2.4	Anforderungen an den Bauplatz.....	447
6.4.3	Bauliche Anordnung.....	447
6.4.3.1	Allgemein.....	447
6.4.3.2	Wasserkammer.....	447
6.4.3.2.1	Anzahl.....	447
6.4.3.2.2	Grundrissformen.....	447
6.4.3.2.3	Wassererneuerung.....	449
6.4.3.2.4	Wassertiefe.....	451
6.4.3.2.5	Wärmeschutz des Bauwerks.....	452
6.4.3.2.6	Anbau weiterer Kammern.....	453
6.4.3.2.7	Konstruktive Hinweise.....	454
6.4.3.3	Bedienungshaus.....	457
6.4.4	Bauausführung - Ortbetonbauweise.....	458
6.4.4.1	Allgemeines.....	458
6.4.4.2	Baustoffe.....	459
6.4.4.2.1	Zement.....	459
6.4.4.2.2	Betonzuschlag.....	459
6.4.4.2.3	Betonzusatzmittel.....	459
6.4.4.2.4	Betonzusatzstoffe.....	459
6.4.4.2.5	Zugabewasser.....	459
6.4.4.2.6	Betonrezeptur.....	460
6.4.4.2.7	Betonstahl.....	460
6.4.4.2.8	Andere Baustoffe.....	460
6.4.4.3	Statische Bearbeitung.....	460
6.4.4.4	Verarbeiten des Betons.....	461
6.4.4.5	Betonnachbehandlung.....	462
6.4.4.6	Oberflächenbehandlung.....	462
6.4.4.6.1	Allgemeines.....	462
6.4.4.6.2	Bedienungshaus.....	462
6.4.4.6.3	Wasserkammern - Innenflächen.....	462
6.4.4.6.4	Wasserkammern - Außenflächen.....	465

6.4.5	Bauausführung - Fertigteilbauweise	466
6.4.5.1	Allgemeines	466
6.4.5.2	Fertigteil-Rundbehälter in Stahlbetonbauweise	466
6.4.5.3	Fertigteil-Rundbehälter in Spannbetonbauweise	467
6.4.5.4	Fertigteil-Rechteckbehälter in Stahlbetonbauweise	468
6.4.5.5	Fertigteil-Rechteckbehälter in Spannbetonbauweise	469
6.4.5.6	Fertigteil-Großrohrbehälter	469
6.4.6	Zugang	470
6.4.7	Belichtung	471
6.4.7.1	Allgemeines	471
6.4.7.2	Wasserkammern	471
6.4.7.3	Bedienungshaus	471
6.4.8	Be- und Entlüftung	471
6.4.8.1	Allgemeines	471
6.4.8.2	Wasserkammern	471
6.4.8.3	Bedienungshaus	472
6.4.9	Hydraulische Ausrüstung	472
6.4.9.1	Allgemeines	472
6.4.9.2	Rohrleitungen	473
6.4.9.2.1	Zulaufleitung	473
6.4.9.2.2	Entnahmeleitung	475
6.4.9.2.3	Überlaufleitung	475
6.4.9.2.4	Entleerungsleitung	476
6.4.9.2.5	Rohrbruchsicherung	476
6.4.9.2.6	Umführungsleitung	476
6.4.9.2.7	Löschwasserleitung	476
6.4.9.3	Rohrdurchführungen	476
6.4.9.4	Rohrmaterial	476
6.4.9.5	Korrosionsschutz	477
6.4.10	Entwässerungsanlage	477
6.4.11	Elektrische Einrichtung	478
6.4.11.1	Stromversorgung	478
6.4.11.2	Mess-, Steuer- und Regeltechnik	478
6.4.12	Dichtheitsprüfung	479
6.4.12.1	Forderung	479
6.4.12.2	Durchführen der Dichtheitsprüfung	479
6.4.13	Außenanlagen	482
6.4.14	Ausführungsbeispiele Hochbehälter	482
6.5	<i>Wasserturm</i>	487
6.5.1	Allgemein	487
6.5.2	Nutzzinhalt	487
6.5.3	Lage	487
6.5.3.1	Höhenlage	487
6.5.3.2	Lage zum Versorgungsgebiet	488
6.5.4	Allgemeine bauliche Anordnung	488
6.5.4.1	Allgemein	488
6.5.4.2	Behälter (Wasserkammern)	488
6.5.4.3	Schaft (Turmkonstruktion)	489
6.5.4.4	Bedienungsräume	489
6.5.5	Konstruktive Hinweise	490
6.5.5.1	Gründung	490
6.5.5.2	Wasserkammern	490

6.5.5.3	Besondere Beanspruchungen.....	490
6.5.5.4	Fertigteilbauweise.....	491
6.5.6	Zugang.....	491
6.5.7	Hydraulische Ausrüstung.....	491
6.5.8	Äußere Gestaltung.....	491
6.5.9	Mehrzweckbauwerke.....	491
6.5.10	Ausführungsbeispiele Wassertürme.....	492
6.6	<i>Tiefbehälter</i>	499
6.6.1	Allgemein.....	499
6.6.2	Speicherinhalt.....	499
6.6.3	Lage.....	500
6.6.4	Bauliche Anordnung.....	500
6.7	<i>Löschwasserbehälter</i>	500
6.7.1	Allgemein.....	500
6.7.2	Löschwasserteich.....	500
6.7.2.1	Fassungsvermögen.....	500
6.7.2.2	Lage.....	501
6.7.2.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	501
6.7.3	Unterirdische Löschwasserbehälter.....	502
6.7.3.1	Fassungsvermögen.....	502
6.7.3.2	Lage.....	502
6.7.3.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	502
6.8	<i>Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern</i>	503
6.8.1	Instandhaltung, Sanierung, Mangel, Schaden.....	503
6.8.2	Betriebshandbuch.....	505
6.8.3	Kontrolle, Reinigung und Desinfektion.....	506
6.8.4	Mängel und Schäden bei Wasserbehältern.....	507
6.8.5	Instandsetzungsplan/Instandsetzung, Sanierung oder Neubau.....	509
	<i>Literatur</i>	512
7.	Wasserverteilung.....	517
7.1	<i>Allgemeines</i>	517
7.2	<i>Werkstoffe</i>	518
7.2.1	Gusseisen (Grauguss, GG; Duktiguss, GGG).....	518
7.2.2	Stahl (St).....	518
7.2.3	Asbestzement (AZ).....	518
7.2.4	Spannbeton (SpB) und Stahlbeton (StB).....	519
7.2.5	Kunststoffe (PVC, PE, UP-GF).....	519
7.2.6	Wahl der Werkstoffe.....	520
7.2.7	Korrosionsschutz.....	520
7.2.7.1	Außen- und Innenkorrosion.....	520
7.2.7.2	Arten des Korrosionsschutzes.....	521
7.2.7.2.1	Allgemeines.....	521
7.2.7.2.2	Passiver Schutz.....	521
7.2.7.2.3	Aktiver Schutz.....	523
7.3	<i>Bestandteile der Rohrleitungen</i>	524
7.3.1	Rohre und Formstücke.....	524
7.3.1.1	Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen (GGG).....	524
7.3.1.1.1	Herstellung der Rohre.....	524
7.3.1.1.2	Druckstufen (nach DIN EN 805).....	524
7.3.1.1.3	Abmessungen.....	525
7.3.1.1.4	Verbindungen.....	526
7.3.1.1.5	Formstücke aus duktilem Gusseisen.....	528

7.3.1.2	Rohre und Formstücke aus Stahl.....	532
7.3.1.2.1	Herstellung der Rohre.....	532
7.3.1.2.2	Druckstufen.....	533
7.3.1.2.3	Abmessungen.....	533
7.3.1.2.4	Verbindungen.....	534
7.3.1.2.5	Formstücke aus Stahl.....	535
7.3.1.3	Rohre aus Asbestzement (Faserzement) mit Formstücken aus Grauguss.....	536
7.3.1.3.1	Allgemeines.....	536
7.3.1.3.2	Druckstufen.....	536
7.3.1.3.3	Abmessungen (Tab. 7-10).....	536
7.3.1.3.4	Verbindungen.....	536
7.3.1.3.5	Formstücke.....	537
7.3.1.4	Spannbetonrohre und Stahlbetonrohre.....	537
7.3.1.4.1	Allgemeines.....	537
7.3.1.4.2	Druckstufen.....	537
7.3.1.4.3	Verbindungen.....	537
7.3.1.5	PVC-U-Rohre (Kunststoff).....	537
7.3.1.5.1	Herstellung der Rohre.....	537
7.3.1.5.2	Druckstufen.....	538
7.3.1.5.3	Abmessungen der Rohre für MDP 10 und MDP 16.....	538
7.3.1.5.4	Verbindungen.....	539
7.3.1.5.5	Formstücke.....	539
7.3.1.6	Polyethylen-Rohre (Kunststoff).....	540
7.3.1.6.1	Herstellung der Rohre.....	540
7.3.1.6.2	Druckstufen.....	540
7.3.1.6.3	Abmessungen.....	540
7.3.1.6.4	Verbindungen.....	540
7.3.1.7	UP-GF-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen).....	542
7.3.1.7.1	Herstellung der Rohre.....	542
7.3.1.7.2	Abmessungen und Verbindungen.....	542
7.3.2	Armaturen.....	543
7.3.2.1	Allgemeines.....	543
7.3.2.2	Werkstoffe.....	543
7.3.2.3	Korrosionsschutz.....	543
7.3.2.3.1	Korrosionsschutz der Außenseite.....	543
7.3.2.3.2	Korrosionsschutz der Innenseite.....	543
7.3.2.4	Absperr- und Regelarmaturen allgemein.....	544
7.3.2.4.1	Grundsätzliches.....	544
7.3.2.4.2	Fast immer geöffnete Absperrvorrichtungen.....	544
7.3.2.4.3	Fast immer geschlossene Absperrvorrichtungen.....	545
7.3.2.4.4	Regeleinrichtungen (DIN EN 1074-5).....	547
7.3.2.4.5	Einbau von Absperr- und Regelarmaturen.....	548
7.3.2.4.6	Bedienung von Absperrarmaturen.....	549
7.3.2.5	Sonderbauarten.....	549
7.3.2.5.1	Membranventile.....	549
7.3.2.5.2	Ringförmige Gummimembranen.....	550
7.3.2.6	Rückflussverhindernde Armaturen (DIN EN 1074-3).....	550
7.3.2.7	Sonstige Armaturen.....	551
7.3.2.7.1	Ent- und Belüftungen (DIN EN 1074-4).....	551
7.3.2.7.2	Spülauslässe und Entleerungsvorrichtungen.....	556
7.3.2.7.3	Behältereinlaufarmaturen.....	558
7.3.2.7.4	Siebe.....	560

7.3.2.7.5	Hydranten.....	560
7.3.2.7.6	Druckminderventile.....	563
7.3.2.8	Armaturen für Hausanschlussleitungen.....	564
7.3.2.8.1	Allgemeines.....	564
7.3.2.8.2	Drehscheiben- und Steckscheibenverschlüsse.....	565
7.3.2.8.3	Anbohrbrücken.....	565
7.3.2.8.4	Bewegliche Steckscheiben.....	565
7.3.2.8.5	Weichdichtende Absperrschieber.....	565
7.3.2.8.6	Einfache Eckventile.....	565
7.3.3	Rohrleitungszubehör.....	566
7.3.3.1	Entlüftungsrohre.....	566
7.3.3.2	Schachtdeckel.....	566
7.3.3.3	Hinweisschilder.....	567
7.3.3.4	Leitern.....	568
7.4	Planung von Rohrleitungen.....	568
7.4.1	Allgemeines.....	568
7.4.2	Trassieren.....	569
7.4.2.1	Allgemeines.....	569
7.4.2.2	Geländeaufnahmen zu den Lageplänen.....	569
7.4.2.2.1	für Zubringer- und Fernleitungen.....	569
7.4.2.2.2	für Ortsnetze.....	571
7.4.2.3	Höhenaufnahmen für die Längsschnitte.....	572
7.4.2.3.1	Zweck der Längsschnitte.....	572
7.4.2.3.2	In den Längsschnitten festzuhaltende Punkte.....	573
7.4.2.3.3	Arten der Längsschnitte.....	573
7.4.3	Zeichnerische Darstellung.....	573
7.4.3.1	Allgemeines.....	573
7.4.3.2	Lagepläne.....	576
7.4.3.2.1	Berechnungslagepläne.....	576
7.4.3.2.2	Übersichtslagepläne.....	577
7.4.3.2.3	Entwurfslagepläne.....	577
7.4.3.2.4	Bestandslagepläne.....	579
7.4.3.2.5	Ausführungs- und Verlegeskizzen.....	580
7.4.3.3	Längsschnitte.....	580
7.4.3.3.1	Allgemeines.....	580
7.4.3.3.2	Übersichtslängsschnitte.....	580
7.4.3.3.3	Entwurfslängsschnitte.....	581
7.5	Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen.....	582
7.5.1	Allgemeines.....	582
7.5.2	Hydrostatische Berechnungen.....	583
7.5.2.1	Hydrostatischer Druck.....	583
7.5.2.2	Hydrostatische Druckkraft.....	583
7.5.2.3	Auftrieb.....	584
7.5.3	Hydrodynamische Berechnungen.....	585
7.5.3.1	Grundlagen.....	585
7.5.3.1.1	Bewegungsarten des Wassers.....	585
7.5.3.1.2	Geschwindigkeitsverteilung.....	585
7.5.3.1.3	Reynolds'sche Zahl.....	586
7.5.3.1.4	Kontinuitätsgleichung.....	586
7.5.3.1.5	Gleichung der Erhaltung der Energie.....	586
7.5.3.1.6	Allgemein gültige Geschwindigkeitsformel.....	587
7.5.3.2	Druckhöhenverlust in Freispiegelgerinnen.....	587

7.5.3.3	Druckhöhenverlust in geraden Druckrohrleitungen.....	587
7.5.3.3.1	Formeln von Darcy-Weisbach und Colebrook-White.....	587
7.5.3.3.2	Potenzformeln.....	608
7.5.3.4	Druckhöhenverlust in Rohrleitungseinbauten.....	610
7.5.3.4.1	Allgemeines.....	610
7.5.3.4.2	C-Wert für Einlauf in eine Rohrleitung.....	610
7.5.3.4.3	C-Wert für Erweiterungen.....	610
7.5.3.4.4	<i>i</i> -Wert für Verengungen.....	611
7.5.3.4.5	<i>t</i> -Wert für Krümmer.....	611
7.5.3.4.6	C-Wert für Kniestücke.....	612
7.5.3.4.7	C-Wert für Abzweige.....	612
7.5.3.4.8	C-Wert für Armaturen.....	613
7.5.3.4.9	<i>t_s</i> -Wert für Kleinformstücke und -armaturen.....	614
7.5.3.4.10	<i>t_s</i> -Wert für Wasserzähler.....	614
7.5.3.5	Freier Ausfluss aus einem Behälter bzw. einer Rohrleitung.....	614
7.5.3.6	Hydraulische Hilfsrechnungen.....	614
7.5.3.6.1	Umrechnung von Rohrlängen mit verschiedenem DN.....	614
7.5.3.6.2	Leitungsverzweigungen.....	615
7.5.3.6.3	Einteilung einer Rohrleitung in verschiedene DN.....	616
7.5.4	Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen.....	617
7.5.4.1	Allgemeines.....	617
7.5.4.2	Bemessen von Zubringer- und Fernleitungen.....	617
7.5.4.2.1	Allgemeines.....	617
7.5.4.2.2	Durchfluss Q	617
7.5.4.2.3	Fließgeschwindigkeit.....	618
7.5.4.2.4	Rauheit.....	618
7.5.4.2.5	Druckhöhe.....	618
7.5.4.2.6	Beispiel.....	619
7.5.4.3	Berechnen bestehender Zubringer- und Fernleitungen.....	619
7.5.5	Bemessen von Rohrnetzen.....	619
7.5.5.1	Allgemeines.....	619
7.5.5.2	Geforderte Leistung des Rohrnetzes.....	619
7.5.5.2.1	Bemessungsdurchfluss.....	619
7.5.5.2.2	Löschwasserbedarf.....	620
7.5.5.2.3	Druckhöhe.....	620
7.5.5.3	Bemessungsunterlagen.....	621
7.5.5.3.1	Rohrnetzplan.....	621
7.5.5.3.2	Belastungsplan.....	621
7.5.5.3.3	Bemessungsplan und Bemessungstabelle.....	621
7.5.5.3.4	Nachteile des Verästelungssystems.....	622
7.5.6	Berechnen von vermaschten Rohrnetzen.....	623
7.5.6.1	Grundlage.....	623
7.5.6.2	Analog-Modelle.....	624
7.5.6.3	Rechenverfahren, Digital-Modelle.....	624
7.5.6.3.1	Allgemeines.....	624
7.5.6.3.2	Verfahren mit Druckhöhenausgleich.....	624
7.5.6.3.3	Verfahren mit Durchflussausgleich.....	625
7.5.6.3.4	Berechnungsunterlagen.....	625
7.5.7	Bemessen und Berechnen von Anschlussleitungen.....	628

7.5.8	Statische Beanspruchung von Rohren.....	633
7.5.8.1	Allgemeines.....	633
7.5.8.2	Beanspruchung durch Innendruck.....	633
7.5.8.2.1	Größe der Belastung.....	633
7.5.8.2.2	Spannungen durch die Radialkräfte.....	634
7.5.8.2.3	Bemessung der Wanddicken von Druckrohren.....	635
7.5.8.2.4	Beanspruchung durch Axialkräfte.....	637
7.5.8.3	Beanspruchung erdverlegter Rohre durch äußere Kräfte.....	637
7.5.8.3.1	Allgemeines.....	637
7.5.8.3.2	Grundformen der Belastung des erdverlegten Rohres.....	638
7.5.8.3.3	Kennwerte der Belastungen.....	638
7.5.8.3.4	Kennwerte der Rohrwerkstoffe.....	639
7.5.8.3.5	Kennwerte des Beispiels einer Berechnung.....	640
7.5.8.3.6	Berechnung der Beanspruchung durch die Erdlast.....	641
7.5.8.3.7	Berechnung der Beanspruchung durch eine Flächenlast.....	644
7.5.8.3.8	Berechnung der Beanspruchung aus Verkehrslast.....	646
7.5.8.3.9	Vertikale Gesamtbelastung des Rohres.....	647
7.5.8.3.10	Horizontale Gesamtbelastung des Rohres.....	647
7.5.8.3.11	Sicherheiten gegen Verformung, Beulen und Beanspruchung durch äußeren Wasserdruck.....	648
7.5.8.3.12	Schnittkräfte und Spannungen des radial belasteten Rohres.....	648
7.5.8.3.13	Schnittkräfte und Spannungen des axial belasteten Rohres.....	650
7.5.8.4	Beanspruchung des Rohres beim Vortrieb.....	650
7.5.8.4.1	Vorpresskraft.....	650
7.5.8.4.2	Einrichtung für das Vorpressen.....	651
7.5.8.4.3	Statische Berechnung von Stahlrohren.....	651
7.6	<i>Rohrleitungsbau</i>	651
7.6.1	Allgemeines.....	651
7.6.2	Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen.....	652
7.6.2.1	Herstellen des Rohrgrabens (RG).....	652
7.6.2.1.1	Vorarbeiten.....	652
7.6.2.1.2	Arbeitsstreifenbreite.....	652
7.6.2.1.3	Rohrgrabentiefe.....	653
7.6.2.1.4	Rohrgrabenbreite.....	656
7.6.2.1.5	Arbeitsvorgang beim RG-Aushub.....	658
7.6.2.1.6	Bodenarten.....	658
7.6.2.1.7	Grabenverbau.....	659
7.6.2.1.8	Wasserhaltung.....	662
7.6.2.1.9	Sohlenbefestigung.....	663
7.6.2.1.10	Wiedereinfüllen des RG nach dem Einlegen der Rohre.....	664
7.6.2.2	Einbauen der Rohrleitung.....	665
7.6.2.2.1	Abnahme der Rohre und Formstücke.....	665
7.6.2.2.2	Transport.....	665
7.6.2.2.3	Ausbessern von Schäden.....	666
7.6.2.2.4	Anbringen eines zusätzlichen Außenschutzes.....	666
7.6.2.2.5	Verlegen der Rohre.....	666
7.6.2.2.6	Verbinden der Rohre.....	667
7.6.2.2.7	Vervollständigen des Außenschutzes nach dem Verbinden der Rohre.....	673
7.6.2.2.8	Sicherung der Krümmer und Abzweige gegen Ausweichen.....	673
7.6.2.2.9	Überprüfung der Verlegearbeit.....	676

7.6.2.3	Druckprüfung.....	676
7.6.2.3.1	Allgemeines.....	676
7.6.2.3.2	Prüfstrecken.....	677
7.6.2.3.3	Sichern der Rohrleitung.....	677
7.6.2.3.4	Füllen der Rohrleitung.....	677
7.6.2.3.5	Schutz gegen Temperatureinflüsse.....	677
7.6.2.3.6	Ermittlung des Prüfdruckes(DVGW W 400-2, Abschn. 16.4) . . .	678
7.6.2.3.7	Grundsätzliche Schritte der Druckprüfung.....	678
7.6.2.3.8	Gerätetechnik (DVGW W 400-2, Abschn. 16.6).....	678
7.6.2.3.9	Durchführung der Prüfung.....	679
7.6.2.3.10	Abnahme.....	680
7.6.2.4	Nacharbeiten.....	683
7.6.2.4.1	Endgültiges Überfüllen der Leitungen.....	683
7.6.2.4.2	Reinigung der Leitungsteile, Anstrich.....	683
7.6.2.4.3	Hinweise zum Auffinden der Einbauten und Leitungen.....	683
7.6.2.4.4	Spülung und Desinfektion der fertigen Rohrleitung.....	683
7.6.2.4.5	Durchflussprüfung.....	686
7.6.3	Anschlussleitungen (auch Hausanschlüsse genannt).....	687
7.6.3.1	Bestandteile der Anschlussleitung.....	687
7.6.3.2	Einbautiefe und Lage.....	687
7.6.3.3	Nennweite.....	687
7.6.3.4	Einbau der Anschlussleitung.....	688
7.6.3.4.1	Allgemeines.....	688
7.6.3.4.2	Kunststoffrohre aus Polyethylen.....	688
7.6.3.4.3	Hauseinführung.....	688
7.6.3.4.4	Druckprobe.....	689
7.6.3.4.5	Anbohren.....	689
7.6.3.5	Wasserzählereinbau.....	690
7.6.4	Besondere Bauwerke.....	691
7.6.4.1	Straßenkreuzungen.....	691
7.6.4.2	Kreuzungen mit Wasserläufen.....	694
7.6.4.3	Rohrüberführungen über Flüsse (Brückenleitungen).....	696
7.6.4.4	Bahnkreuzungen.....	697
7.6.4.4.1	Grundregeln.....	697
7.6.4.4.2	Einlegen der Wasserleitung in Bahnunterführungen.....	698
7.6.4.4.3	Einlegen der Wasserleitung unter den Gleiskörper.....	698
7.6.4.4.4	Überführen von Wasserleitungen über Bahngleise.....	700
7.6.4.4.5	Verlegung von Wasserleitungen an Eisenbahnbrücken.....	700
7.6.5	Grabenlose Rohrverlegung (Einpflügen, Einfräsen).....	700
7.6.6	Grabenlose Erneuerung und Sanierung von Druckrohrleitungen.....	701
7.6.6.1	Allgemeines.....	701
7.6.6.2	Reinigung.....	701
7.6.6.3	Sanierung.....	701
7.6.6.4	Erneuerung / Neubau.....	701
7.7	Verbrauchsleitungen (Trinkwasser-Installation).....	702
7.7.1	Allgemeines.....	702
7.7.2	Berechnungsverfahren nach DIN 1988 Teil 3.....	703
7.7.3	Anordnung der Absperrvorrichtungen und Armaturen.....	711
7.7.4	Werkstoffe.....	711
7.7.5	Einbau der Installation.....	712
7.7.6	Prüfung (DIN 1988 Teil 3 Abschn. 11.1).....	712
7.7.6.1	Allgemeines.....	712
7.7.6.2	Stahlrohre, nichtrostende Stahlrohre und Kupferrohre.....	712

7.7.6.3	Kunststoffrohre.....	712
7.7.6.3.1	Vorprüfung.....	713
7.7.6.3.2	Hauptprüfung.....	713
7.7.7	Frostschutz.....	713
7.7.8	Tauwasserbildung.....	713
7.7.9	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken.....	713
	<i>Literatur</i>	713
8.	Brandschutz	715
8.1	<i>Allgemeines</i>	715
8.2	<i>Löschwasserversorgung</i>	715
8.3	<i>Feuerlöschanlagen</i>	716
8.3.1	Anlagen mit offenen Düsen.....	716
8.3.2	Anlagen mit geschlossenen Düsen.....	717
8.3.3	Schaumlöschanlagen.....	718
8.3.4	Sonstige stationäre Löschanlagen.....	718
8.4	<i>Löschwasserleitungen</i>	719
8.4.1	<i>Allgemeines</i>	719
8.4.2	Löschwasserleitungen „nass“ (DIN 14461 Teil 1).....	719
8.4.3	Löschwasserleitungen „nass/trocken“ (DIN 14461 Teil 1).....	719
8.4.4	Löschwasserleitungen „trocken“ (DIN 14461 Teil 2).....	719
5.5	<i>Ausrüstung der Feuerwehr</i>	720
8.5.1	<i>Allgemeines</i>	720
8.5.2	Feuerwehrfahrzeuge.....	720
8.5.3	Feuerwehrpumpen.....	722
8.5.4	Schläuche.....	722
8.5.5	Strahlrohre.....	722
	<i>Literatur</i>	723
9.	Trinkwasserversorgung in Notstandsfällen	725
9.1	<i>Allgemeines</i>	725
9.2	<i>Ursachen von Notstandsfällen</i>	725
9.3	<i>Vorsorgemaßnahmen</i>	725
9.3.1	<i>Allgemeines</i>	725
9.3.2	Rechtsgrundlagen.....	726
9.3.3	Wasserbedarf in Notstandsfällen.....	726
9.3.4	Deckung des Wasserbedarfs in Notstandsfällen.....	726
9.3.4.1	Notversorgung aus der öffentlichen Wasserversorgung.....	726
9.3.4.1.1	Allgemeines.....	726
9.3.4.1.2	Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsbereitschaft in Notstandsfällen.....	727
9.3.4.2	Notversorgung aus Einzel-Versorgungen.....	727
9.3.4.2.1	Gebiete ohne zentrale Wasserversorgung.....	727
9.3.4.2.2	Gebiete mit zentraler Wasserversorgungsanlage.....	727
9.4	<i>Maßnahmen bei drohender Gefahr</i>	728
9.5	<i>Maßnahmen im Notstandsfall</i>	729
	<i>Literatur</i>	729
	Bauabwicklung und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen	731
10.	Eigen- und Einzeltrinkwasserversorgung	733
10.1	<i>Wasserbeschaffenheit</i>	733
10.2	<i>Technische Hinweise</i>	734

11. Planung und Bau	735
<i>11.1 Aufgaben</i>	735
11.1.1 Allgemeines.....	735
11.1.2 Technischer Bereich.....	735
11.1.3 Verwaltungsbereich.....	736
11.1.4 Weitergabe von Teilaufgaben.....	736
<i>11.2 Mitwirkung eines Ingenieurbüros</i>	736
11.2.1 Allgemeines.....	736
11.2.2 Ingenieurauftrag.....	737
11.2.3 Honorare für Leistungen der Ingenieure.....	740
11.2.3.1 Allgemeines.....	740
11.2.3.2 Ermittlung des Honorars für die Grundleistungen.....	741
11.2.3.2.1 Allgemeines.....	741
11.2.3.2.2 Anrechenbare Kosten des Objekts.....	741
11.2.3.2.3 Honorarzonen.....	741
11.2.3.2.4 Mindest- und Höchstsätze des Honorars nach HOAI v. 21.09.1995 § 56/1.....	742
11.2.3.3 Ermittlung des Honorars für Besondere Leistungen.....	743
11.2.3.4 Ermittlung des Honorars nach Zeitaufwand.....	743
11.2.3.5 Nebenkosten.....	743
11.2.3.6 Teilleistungssätze des Honorars.....	743
11.2.3.7 Honorar für örtliche Bauüberwachung.....	744
11.2.3.8 Erhöhung des Honorars.....	744
11.2.3.9 Bau- und landschaftsgestalterische Beratung.....	744
11.2.3.10 Sonstige Leistungen.....	744
<i>11.3 Verantwortlichkeit der am Bau Beteiligten</i>	744
11.3.1 Allgemeines.....	744
11.3.2 Verantwortlichkeit des Auftraggebers.....	745
11.3.3 Verantwortlichkeit des Entwurfsfertigers.....	745
11.3.4 Verantwortlichkeit der Bauoberleitung.....	745
11.3.5 Verantwortlichkeit der örtlichen Bauüberwachung.....	745
11.3.6 Verantwortlichkeit des Auftragnehmers.....	745
<i>11.4 Vorplanung/Vorentwurf (VE)</i>	746
11.4.1 Zweck.....	746
11.4.2 Vorerhebungen.....	746
11.4.3 Bestandteile des Vorentwurfs.....	746
11.4.4 Weiterbehandlung des Vorentwurfs.....	747
<i>11.5 Entwurfsplanung/Entwurf (E)</i>	747
11.5.1 Zweck.....	747
11.5.2 Erhebungen.....	748
11.5.3 Bestandteile des Entwurfs.....	748
11.5.4 Weiterbehandlung des Entwurfs.....	752
<i>11.6 Bauoberleitung (BO)</i>	753
11.6.1 Allgemeines.....	753
11.6.2 Aufgaben.....	753
11.6.3 Dauer der Bauoberleitung.....	754
<i>11.7 Örtliche Bauüberwachung (BÜ)</i>	754
11.7.1 Personal.....	754
11.7.2 Aufgaben.....	754
11.7.3 Anwesenheit auf der Baustelle.....	755
<i>11.8 Bauverwaltung (fachlich zuständige technische staatliche Verwaltung)</i>	755
11.8.1 Allgemeines.....	755
11.8.2 Aufgaben.....	755

11.9	<i>Üblicher Ablauf einer Wasserversorgungs-Baumaßnahme</i>	756
11.9.1	Vorbereiten der Bauausführung.....	756
11.9.1.1	Allgemeines.....	756
11.9.1.2	Privatrechtliche Regelungen.....	756
11.9.1.2.1	Inanspruchnahme privater Grundstücke.....	756
11.9.1.2.2	Inanspruchnahme öffentlicher Grundstücke.....	757
11.9.1.2.3	Sicherung der Energieversorgung.....	757
11.9.1.3	Wasserrechtliche Verfahren.....	757
11.9.1.3.1	Genehmigung der Entnahme von Wasser.....	757
11.9.1.3.2	Genehmigung der Einleitung von Wasser.....	758
11.9.1.3.3	Ausnahmegenehmigungen.....	758
11.9.1.3.4	Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung.....	758
11.9.1.3.5	Festsetzen eines Schutzgebiets.....	758
11.9.1.4	Baurechtliche Verfahren.....	758
11.9.1.5	Finanzierung.....	758
11.9.2	Verdingung.....	759
11.9.2.1	Allgemeines.....	759
11.9.2.2	Ausschreibung.....	759
11.9.2.3	Angebote.....	760
11.9.2.4	Zuschlag.....	760
11.9.3	Bauausführung von Wassergewinnungsanlagen (Brunnenbohrungen).....	760
11.9.3.1	Allgemeines.....	760
11.9.3.2	Ablauf der Arbeiten.....	760
11.9.3.3	Schlussbericht.....	761
11.9.4	Ausführung anderer Bauarbeiten.....	761
11.9.4.1	Baueinweisung.....	761
11.9.4.2	Vorbereitende Arbeiten der Firmen.....	761
11.9.4.3	Ablauf der Bauarbeiten.....	761
11.9.4.4	Kontrolle der Bauausführung.....	761
11.9.4.5	Abrechnung.....	762
11.9.4.6	Abnahme.....	762
11.9.4.7	Schlussvorlagen.....	762
11.9.5	Inbetriebnahme.....	765
11.9.6	Übergabe.....	765
12.	Baukosten von Wasserversorgungsanlagen	767
12.1	<i>Allgemeines</i>	767
12.2	<i>Ermittlung der Angebotspreise (Kalkulation)</i>	767
12.2.1	Vertragsarten.....	767
12.2.1.1	Allgemeines.....	767
12.2.1.2	Leistungsvertrag.....	768
12.2.1.3	Stundenlohnvertrag.....	768
12.2.1.4	Selbstkostenerstattungsvertrag.....	768
12.2.2	Vorbereiten der Kalkulation.....	768
12.2.2.1	Bedingungen und Richtlinien für die Angebotsabgabe.....	768
12.2.2.2	Erhebungen.....	768
12.2.2.3	Berechnungsgrundlagen.....	769
12.2.3	Preisermittlung für das Angebot.....	769
12.2.3.1	Gliederung der Preisermittlung.....	769
12.2.3.2	Unmittelbare Selbstkosten der Bauarbeiten.....	769
12.2.3.2.1	Allgemeines.....	769
12.2.3.2.2	Einzelkosten.....	770

12.2.3.3	Zuschläge zu den unmittelbaren Selbstkosten.....	770
12.2.3.3.1	Soziale Abgaben.....	770
12.2.3.3.2	Gemeinkosten der Baustelle.....	770
12.2.3.4	Betriebskostenzuschläge.....	772
12.2.3.5	Umsatzsteuer.....	772
12.2.4	Zusammenstellung des Angebots.....	772
12.2.5	Aufgliederung der Angebotssumme.....	773
12.3	<i>Kostenschätzung</i>	773
12.3.1	Allgemeines.....	773
12.3.2	Rohbaukosten.....	774
12.3.2.1	Wasserfassung.....	774
12.3.2.1.1	Quellfassungen.....	774
12.3.2.1.2	Bohrbrunnen.....	774
12.3.2.1.3	Horizontalfilterbrunnen.....	776
12.3.2.1.4	Oberflächenwasserfassung.....	777
12.3.2.2	Wasseraufbereitung.....	777
12.3.2.3	Wasserförderung.....	778
12.3.2.4	Wasserspeicherung.....	779
12.3.2.4.1	Hochbehälter.....	779
12.3.2.4.2	Wasserturm.....	779
12.3.2.5	Wasserverteilung.....	780
12.3.2.5.1	Rohrgraben.....	780
12.3.2.5.2	Rohrleitung.....	781
12.3.2.5.3	Armaturen.....	782
12.3.2.5.4	Sonder-Bauwerke.....	783
12.3.2.5.5	Spülen und Desinfizieren.....	784
12.3.2.5.6	Druckprüfung.....	784
12.3.2.5.7	Gesamtkosten je m Zubringer- bzw. Versorgungsleitung.....	785
12.3.2.5.8	Anschlussleitung.....	785
12.3.2.6	Außenanlagen.....	785
12.3.2.7	Objektschutz.....	786
12.3.2.8	Baustelleneinrichtung, mit Auf- und Abbau, sowie Vorhalten.....	786
12.3.2.9	Sonstige Kosten.....	786
12.3.2.9.1	Allgemeines.....	786
12.3.2.9.2	Unvorhergesehenes.....	786
12.3.2.9.3	Ingenieurleistungen.....	786
12.3.2.9.4	Nebenkosten.....	786
12.3.3	Umsatzsteuer.....	786
12.3.4	Verbrauchsleitungen (Hausinstallation).....	787
12.4	<i>Baukosten je Einheit</i>	787
12.5	<i>Kostenanteil der Anlageteile an den Gesamtkosten</i>	787
12.6	<i>Wertberechnung bestehender Anlagen</i>	788
12.6.1	Allgemeines.....	788
12.6.1.1	Index-Verfahren.....	788
12.6.1.2	Preisspiegel-Verfahren.....	788
12.6.2	Kostenindex.....	788
12.6.3	Beispiel einer Wertberechnung.....	790
12.6.3.1	Allgemeines.....	790
12.6.3.2	Berechnung des Neuwertes.....	790
12.6.3.3	Berechnung des Herstellungswertes.....	791
12.7	<i>Lohn- und Materialanteil an den Gesamtkosten</i>	791
	Literatur.....	791

13.3.3.3	Gesundheitsrecht.....	816
13.3.3.3.1	Allgemeines.....	816
13.3.3.3.2	Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV- 2001).....	817
13.3.3.4	Rechtsformen für die Wasserabgabe an den Kunden.....	817
13.3.3.4.1	Allgemeine Versorgungsbedingungen - AVBWasserV.....	817
13.3.3.4.2	Öffentlich-rechtliche Regelung durch Satzung.....	817
13.3.3.4.3	Privatrechtlicher Vertrag.....	818
13.3.3.5	Baurecht.....	818
13.3.3.5.1	Bauplanungsrecht.....	818
13.3.3.5.2	Bauordnungsrecht.....	819
13.3.3.6	Grundstücks- und Straßenbenutzungsrechte.....	819
13.3.3.6.1	Allgemeines.....	819
13.3.3.6.2	Grundstücksrecht.....	819
13.3.3.6.3	Straßenbenutzungsrecht.....	821
13.3.3.7	Arbeitssicherheit.....	821
13.3.4	Betriebsaufgaben.....	822
13.3.4.1	Allgemeines.....	822
13.3.4.2	Betriebsführung, Betriebsaufzeichnungen.....	822
13.3.4.2.1	Allgemeines.....	822
13.3.4.2.2	Betriebsaufzeichnungen.....	823
13.3.4.2.3	Auswertung der Messungen.....	825
13.3.4.2.4	Labor.....	827
13.3.4.3	Instandhaltung.....	828
13.3.4.3.1	Allgemeines.....	828
13.3.4.3.2	Kontrollen und Wartung der Anlagenteile.....	828
13.3.4.3.3	Instandsetzung.....	835
13.3.4.4	Anschlussleitungen.....	847
13.3.4.5	Besondere Schutzmaßnahmen.....	848
13.3.4.5.1	Allgemeines.....	848
13.3.4.5.2	Schutzmaßnahmen bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen.....	848
13.3.4.5.3	Objektschutz, Notstandsfälle.....	848
13.3.4.6	Baumaßnahmen.....	849
13.3.4.6.1	Mitwirkung des Betriebes bei Baumaßnahmen.....	849
13.3.4.6.2	Planung und Bauüberleitung durch Angehörige des WVU.....	849
13.3.4.6.3	Bauausführung durch das WVU.....	850
13.4	Verwaltung.....	850
13.4.1	Anforderungen.....	850
13.4.2	Verwaltungspersonal.....	850
13.4.3	Verwaltungsaufgaben.....	850
13.4.3.1	Allgemeine Verwaltungsaufgaben.....	850
13.4.3.1.1	Allgemeines.....	850
13.4.3.1.2	Rechts-, Vertrags-und Versicherungswesen.....	851
13.4.3.1.3	Vergabewesen.....	851
13.4.3.2	Grundstückswesen.....	851
13.4.3.3	Personalwesen.....	851
13.4.3.4	Finanzwesen.....	852
13.4.3.4.1	Allgemeines.....	852
13.4.3.4.2	Buchhaltung.....	856
13.4.3.4.3	Benchmarking.....	857
13.4.3.4.4	Kasse.....	859
13.4.3.4.5	Überwachung des Kassen- und Rechnungswesens.....	859

13.4.3.5	Wasserverkauf, Kundenbetreuung	859
13.4.3.5.1	Wasserverkauf	859
13.4.3.5.2	Kundenbetreuung	860
13.5	Überwachung	860
13.5.1	Allgemeines	860
13.5.2	Eigenüberwachung	861
13.5.3	Staatliche Überwachung	862
Literatur		863

Anhang.....865

14.	Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. ä	867
14.1	<i>Gesetzliche Einheiten</i>	867
14.1.1	Allgemeines	867
14.1.2	Basiseinheiten	867
14.1.3	Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten	867
14.1.4	Gesetzlich abgeleitete Einheiten (kohärente Einheiten des SI)	868
14.1.5	Anwendungshinweise für das SI	869
14.1.6	Umrechnungstabellen	870
14.2	<i>Umrechnung von Maßeinheiten aus dem amerikanischen („[USJ]“) und englischen („fEJ“) ins metrische Maßsystem</i>	871
14.3	<i>Häufig benötigte Zahlenwerte und Gleichungen</i>	872
14.4	<i>Griechisches Alphabet</i>	874
14.5	<i>Verbände und Vereine</i>	874
14.6	<i>DVGW-Regelwerk</i>	876
14.6.1	Vorbemerkungen	876
14.6.2	Wasserversorgung - allgemein	876
14.6.3	Wassergewinnung	877
14.6.4	Wasseraufbereitung	878
14.6.5	Wasserförderung, Wasserwerke	879
14.6.6	Wasserspeicherung	880
14.6.7	Wasserverteilung, Wasserverwendung	881
14.6.8	Brandschutz und Trinkwasser-Notversorgung	883
14.6.9	Bau, Betrieb und Instandhaltung	884
14.7	<i>DIN-Normen</i>	885
14.7.1	Vorbemerkungen	885
14.7.2	Wasserversorgung - allgemein	885
14.7.3	Wassergewinnung	886
14.7.4	Wasseraufbereitung	886
14.7.5	Wasserförderung	888
14.7.6	Wasserspeicherung	890
14.7.7	Wasserverteilung, Wasserverwendung	892
14.7.8	Brandschutz	895
14.7.9	Bau, Betrieb und Instandhaltung	896
14.8	<i>Gesetze, Verordnungen, Richtlinien</i>	896
14.8.1	Vorbemerkungen	896
14.8.2	Wasserversorgung - allgemein	896
14.8.3	Wassergewinnung	897
14.8.4	Wasseraufbereitung	897
14.8.5	Wasserförderung	898
14.8.6	Wasserspeicherung	898
14.8.7	Wasserverteilung	898

14.8.8 Brandschutz und Trinkwasser-Notversorgung.....	899
14.8.9 Bau, Betrieb und Instandhaltung.....	899
14.9 <i>Zeitschriften des Wasserversorgungsfaches</i>	901
14.10 <i>Weitere Schriftenreihen und technische Mitteilungen</i>	901
15. Stichwortverzeichnis	903
Faksimile aus der 1. Auflage (Auszug).....	911