

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Herausgeber- und Autorenverzeichnis	VII
1 Physik und Chemie des Wassers	1
<i>Andreas N. Grohmann</i>	
1.1 Physikalische Eigenschaften	1
1.1.1 Struktur des Wassers	1
1.1.2 Aggregatzustände des Wassers	2
1.1.3 Physikalische Größen	3
1.1.3.1 Dichte	3
1.1.3.2 Thermisches Verhalten	5
1.1.3.3 Mechanisches Verhalten	5
1.2 Physikochemische Eigenschaften	7
1.2.1 Wasser als Lösemittel	7
1.2.2 Konzentrationsangaben für Stoffe im Wasser	9
1.2.3 Löslichkeit von Gasen	12
1.2.4 Löslichkeit fester Stoffe	14
1.2.5 Färbung und Trübung	14
1.2.6 Elektrische Leitfähigkeit	16
1.2.7 Osmotischer Druck	17
1.2.8 Redoxpotenzial und Redoxspannung	18
1.3 Chemische Eigenschaften	21
1.3.1 Art der Stoffe im Wasser	21
1.3.2 Die Wasseruntersuchung	22
1.3.3 Grenzwerte und ihre Festlegung	22
1.3.4 Eigenschaften einiger im Wasser gelöster Stoffe	25
1.3.4.1 Sensorische Parameter	25
1.3.4.2 Chloride und Sulfate	25

1.3.4.3	Calcium und Magnesium	25
1.3.4.4	Natrium und Kalium	26
1.3.4.5	Aluminium, Eisen und Mangan	26
1.3.4.6	Stickstoffverbindungen	28
1.3.4.7	Organische Chlorverbindungen	29
1.3.4.8	Phosphor, Fluorid und Silber	29
1.3.4.9	Arsen und Nickel	30
1.3.4.10	Cadmium, Quecksilber und Blei	30
1.3.4.11	Pflanzenbehandlungsmittel	30
1.3.4.12	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	31
1.3.4.13	Uran und Radioaktivität	31
1.4	pH-Wert und die Pufferung des Wassers	31
1.4.1	Definition des pH-Wertes	31
1.4.2	Säuren und Basen	32
1.4.3	Berechnung der Spezies von pH-abhängigen Stoffen und Ionen ..	34
1.4.3.1	Allgemeines	34
1.4.3.2	Einbasige Säuren	36
1.4.3.3	Mehrbasige Säuren	36
1.4.4	pH-Wert-Pufferung	37
1.4.4.1	Säure- und Basenkapazität	38
1.4.4.2	Titrationskurve	39
1.4.4.3	Berechnung von Kohlensäure und Hydrogencarbonat aus der Säurekapazität	39
1.4.5	Spezielle pH-Wert-Berechnungen	39
1.4.5.1	Berechnung des pH-Wertes bei offenen Gewässern	39
1.4.5.2	pH-Wert der Calciumcarbonatsättigung (Calcitsättigung, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht)	40
1.4.6	Bewertung des pH-Wertes von Wasser	41
1.5	Mischwasser	43
1.5.1	Chemische Zusammensetzung von Mischwasser	43
1.5.2	Mikrobiologische Besonderheiten von Mischwasser	44
1.5.3	Korrosionsprobleme bei Mischwasser	45
1.5.4	Bewertung von Wässern unterschiedlicher Zusammensetzung ..	45
1.6	Wasser und Werkstoffe	46
1.6.1	Allgemeines	46
1.6.2	Metallische Werkstoffe	46
1.6.2.1	Belüftungselemente und instationäre Korrosion	46
1.6.2.2	Deckschichten	47
1.6.3	Zementgebundene Werkstoffe	48
1.6.4	Kunststoffe	49
1.7	Literatur	50

2	Wasserhaushalt, Gewässer, Hydrometrie	51
<i>Kurt Lecher, Hanspeter Hodel und Werner Kresser</i>		
2.1	Wasserhaushalt und Wasserkreislauf	51
2.1.1	Wasserkreislauf	51
2.1.2	Wasserhaushaltsgleichungen	51
2.1.3	Hygrothermale Klassifikationen	54
2.1.3.1	Atmosphärische Zirkulation	54
2.1.3.2	Hauptklimazonen	56
2.2	Gewässer	57
2.2.1	Quellen	57
2.2.2	Oberflächengewässer	57
2.2.2.1	Einzugs- und Niederschlagsgebiet	58
2.2.2.2	Wasserstand und Abfluss	58
2.2.2.3	Feststoffe und Eis	62
2.3	Messung klimatologischer Größen	62
2.3.1	Niederschlag	62
2.3.1.1	Voraussetzungen zur Gewinnung repräsentativer Werte	62
2.3.1.2	Messgeräte und Messung	63
2.3.1.3	Auswertung der Messergebnisse	68
2.3.2	Verdunstung	69
2.3.3	Lufttemperatur	72
2.3.4	Luftfeuchte	73
2.3.5	Wind	74
2.3.6	Strahlung und Sonnenscheindauer	75
2.4	Messung gewässerkundlicher Kennwerte	76
2.4.1	Wasserstand	76
2.4.1.1	Latten- und Abstichpegel	77
2.4.1.2	Markierpegel – Grenzwertpegel	80
2.4.1.3	Schwimmerregistriergeräte	80
2.4.1.4	Hydrostatische Wasserstandsmessgeräte	80
2.4.1.5	Berührungslose Wasserstandsmessung	81
2.4.2	Abfluss	82
2.4.2.1	Abflussmessverfahren	83
2.4.2.2	Abflussmessungen mit hydrometrischen Flügeln	83
2.4.2.3	Abflussmessungen mit Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)-Geräten	86
2.4.2.4	Abflussmessungen mit Tracerverfahren	87
2.4.2.5	Bestimmung der Wasserstand-Abfluss-Beziehungen (Abflusskurven)	89
2.4.2.6	Abflussmessungen mit Ultraschallgeräten	90
2.4.2.7	Abflussmessungen mit Messwehren und Messgerinnen	91

2.4.2.8	Bestimmung der Abflüsse mit Hilfe mathematischer Modelle	91
2.4.2.9	Bestimmung der Abflüsse mit Hilfe hydraulischer Modellierungen	91
2.4.3	Wassertemperatur	92
2.4.3.1	Temperaturmessung in fließenden Gewässern	92
2.4.3.2	Temperaturmessung in stehenden Gewässern	92
2.4.3.3	Schließen von Datenlücken	93
2.4.3.4	Genauigkeit der Temperaturmessung	93
2.4.4	Eis – Vereisung der Gewässer	93
2.4.4.1	Gletschereis	93
2.4.4.2	Eis in stehenden Gewässern	93
2.4.4.3	Eisbildung in fließenden Gewässern	94
2.4.5	Ergänzende Kennwerte	94
2.5	Datenerfassung und -auswertung	94
2.5.1	Datenerfassung und -übertragung	94
2.5.2	Datenauswertung	96
2.5.2.1	Hauptwerte	97
2.5.2.2	Dauerlinie	97
2.5.2.3	Korrelation, Regression	98
2.6	Literatur	104
3	Gewässerökologie	107
	<i>Leopold Füreder</i>	
3.1	Einleitung	107
3.1.1	Biozönotische Grundprinzipien	110
3.1.2	Ökologische Nische	110
3.1.3	Habitat	111
3.1.4	Choriotop	111
3.2	Gewässerbioräume und Lebensgemeinschaften	112
3.2.1	Grundwasser	112
3.2.2	Standgewässer	116
3.2.3	Fließgewässer	121
3.3	Beispiele wirbelloser Tiere in Fließgewässerökosystemen	128
3.4	Ökologisch relevante physikalische Faktoren der Gewässer	134
3.4.1	Dichte, Dichteanomalie, Oberflächenspannung	134
3.4.2	Abfluss, Strömung und hydraulische Verhältnisse	135
3.4.3	Fließgewässerdynamik	141
3.5	Moderne Konzepte in der Gewässerökologie	144
3.5.1	RCC – Das River Continuum Concept	144
3.5.2	NSC – Das Nutrient Spiralling Concept	147

3.5.3	SDC – Das Serial Discontinuity Concept	148
3.5.4	FPC – Das Flood Pulse Concept	150
3.6	Gewässermanagement und Gewässerschutz	151
3.6.1	Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	153
3.6.2	Ökologische Bewertung von Oberflächengewässern	153
3.7	Bewertungskategorien und Bewertungskriterien	155
3.7.1	Einzugsgebiet, Hydrographie, Gewässermorphologie, physikalisch-chemische Eigenschaften	155
3.7.2	Mikroorganismen, pflanzlichen und tierische Indikatoren	158
3.7.3	Biozönotische Bewertungskriterien	166
3.7.4	Beispiele komplexer biozönotischer Bewertungsverfahren	171
3.7.5	Neue Wege der ökologischen Fließgewässerbewertung am Beispiel Makrozoobenthos und Fische	183
3.8	Literatur	195
4	Hydraulik	201
	<i>Ulrich C. E. Zanke</i>	
4.1	Hydrostatik	201
4.1.1	Druck	201
4.1.2	Ausrichtung der Oberfläche	202
4.1.3	Druckkraft	203
4.1.4	Lage des Kraftangriffs	204
4.1.5	Schräge ebene Wände	205
4.1.6	Teilflächen unter der Oberfläche	205
4.1.7	Gekrümmte Wände	206
4.1.8	Überdruck, Unterdruck, Atmosphärendruck	206
4.1.9	Druckhöhe	207
4.2	Strömende Flüssigkeiten (Hydrodynamik)	207
4.2.1	Allgemeines	207
4.2.2	Definitionen	208
4.2.2.1	Querschnitt, Geschwindigkeit, mittlere Querschnittsgeschwindigkeit	208
4.2.2.2	Rohrströmung – Offenes Gerinne	209
4.2.2.3	Gleichförmige/ungleichförmige Strömung	210
4.2.2.4	Stationäre/instationäre Strömung	210
4.3	Berechnungsgrundlagen	210
4.3.1	Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung)	210
4.3.2	Energieerhaltung (Bernoulli-Gleichung)	211
4.3.3	Impulstrom, Kräftebilanz	213
4.3.4	Druckhöhenlinie und Energiehöhenlinie	215
4.4	Energieverluste in Rohren und Gerinnen	217
4.4.1	Verlusthöhen, Widerstands- und Verlustbeiwerte	217

4.4.2	Strömungszustand	217
4.4.3	Grenzschicht	218
4.4.4	Reibungs-Verluste	218
4.4.4.1	Laminare Strömung	218
4.4.4.2	Turbulente Strömung	219
4.4.4.3	Hydraulisch glatt	219
4.4.4.4	Übergangsbereich glatt – rau	220
4.4.4.5	Voll rau	220
4.4.4.6	Berechnungsgleichungen	220
4.4.4.7	Äquivalente Sandrauheit k_s	221
4.4.5	Örtliche Verluste	223
4.5	Strömungen in Rohren	223
4.5.1	Allgemeines	223
4.5.1.1	Festigkeit	223
4.5.1.2	Lagerung	223
4.5.1.3	Wirtschaftlichkeit	224
4.5.2	Berechnungsgrundlagen	225
4.5.3	Örtliche Verluste	227
4.5.3.1	Querschnittsänderungen	227
4.5.3.2	Einlauf	228
4.5.3.3	Krümmer	229
4.5.3.4	Segmentkrümmer	230
4.5.3.5	Kniestücke	230
4.5.3.6	Rohrvereinigungen und Abzweige	231
4.5.3.7	Verschlussorgane	232
4.5.3.8	Einbauten	233
4.5.4	Geschwindigkeits- und Durchsatzmessung	233
4.6	Strömungen in offenen Gerinnen	234
4.6.1	Allgemeines	234
4.6.2	Strömen-Schießen-Wechselsprung	235
4.6.2.1	Grenzzustand	238
4.6.2.2	Übergang Strömen – Schießen	239
4.6.2.3	Übergang Schießen – Strömen	239
4.6.2.4	hgr und vgr bei anderen Querschnittsformen	240
4.6.3	Normalabfluss	242
4.6.3.1	Fließformeln für Normalabfluss	242
4.6.3.2	Hydraulischer Radius	243
4.6.3.3	Widerstandsbeiwerte λ	244
4.6.3.4	Empirische Fließformeln	244
4.6.3.5	Genauigkeitsrahmen und Rückrechnung der Rauheit ...	246

4.6.4	Örtliche Verluste (Querschnittsänderungen, Einbauten, Richtungsänderungen)	247
4.6.4.1	Verluste an Einläufen	247
4.6.4.2	Pfeiler	247
4.6.4.3	Rechen	249
4.6.5	Gerinnequerschnitte	250
4.6.5.1	Hydraulisch günstige Querschnittsformen	250
4.6.5.2	Natürliche Querschnittsformen und Ersatzquerschnitte ..	250
4.6.6	Gegliederte Querschnitte	251
4.6.7	Gerinne mit Bewuchs	252
4.6.8	Steilgerinne	253
4.6.9	Teilgefüllte Rohrleitungen	254
4.6.10	Ausfluss und Überfall	256
4.6.10.1	Ausfluss	256
4.6.10.2	Abfluss über Wehre	257
4.6.10.3	Ausfluss unter Schützen	261
4.6.10.4	Abstürze	263
4.6.10.5	Tosbecken	264
4.7	Ungleichförmige Strömung	266
4.7.1	Iterative Wasserspiegelberechnung	266
4.7.2	Überschlägige Berechnung der Stauweite	268
4.8	Instationäre Strömung	268
4.8.1	Allgemeines	268
4.8.2	Schwall und Sunk	269
4.8.3	Druckstoß in Rohrleitungen	271
4.9	Sedimenttransport	271
4.9.1	Relevanz	271
4.9.2	Quantitativer Transport	272
4.9.2.1	Definitionen und Materialkennwerte	272
4.9.2.2	Geschiebetransport	274
4.9.2.3	Transport in Suspension	276
4.9.2.4	Gesamttransport	277
4.9.3	Transportmengen-Dauerlinie	278
4.9.4	Modelle mit Sedimenttransport	279
4.10	Wasserbauliches Versuchswesen	279
4.10.1	Allgemeines	279
4.10.2	Modellgesetze	280
4.10.2.1	Strömungen mit freier Oberfläche	280
4.10.2.2	Strömungen in vollgefüllten Rohren	281
4.11	Literatur	282

5 Boden	285
<i>Oliver Bens, Julia Krümmelbein und Reinhart F. Hüttl</i>	
5.1 Boden – ein integrales Landschaftselement	285
5.1.1 Bodenbildung und Bodenentwicklung	286
5.1.2 Bodensystematik	287
5.2 Bodeneigenschaften	290
5.2.1 Physikochemische Bodeneigenschaften	290
5.2.2 Biologische Bodeneigenschaften	293
5.2.3 Physikalische Bodeneigenschaften	295
5.2.3.1 Bodengefüge	295
5.2.3.2 Porenvolumen von Böden	297
5.2.3.3 Porengrößenverteilungen	297
5.3 Bodenwasserhaushalt	298
5.3.1 Wechselwirkungen zwischen Wasser und Boden	298
5.3.1.1 Wasseradsorption und Kapillarität	298
5.3.1.2 Potenziale des Bodenwassers	300
5.3.1.3 Quellung, Schrumpfung und Rissbildung	301
5.3.2 Wasserbewegung im Boden	301
5.3.2.1 Mechanismen der Wasserbewegung	301
5.3.2.2 Wasserleitfähigkeit	302
5.3.2.3 Ungesättigter Fluss	303
5.3.2.4 Dampfförmiger Wassertransport	303
5.3.3 Wasserhaushalt im Boden	304
5.3.3.1 Sicker-, Stau- und Grundwasser	305
5.3.3.2 Kennwerte des Wasserhaushalts	305
5.4 Bodenbelastungen und Bodendegradation	306
5.4.1 Strukturelle und physikalische Einwirkungen	307
5.4.1.1 Bodenversiegelung	307
5.4.1.2 Bodenverdichtung und Bodendeformation	310
5.4.1.3 Bodenerosion	312
5.4.2 Stoffliche Einwirkungen	313
5.4.2.1 Staub	313
5.4.2.2 Schwefeldioxid (SO_2) und Stickoxide (NO_x)	314
5.4.2.3 Düngemittel	315
5.4.2.4 Klärschlamm	317
5.4.2.5 Kompost	318
5.5 Bodenschutz	319
5.5.1 Bodenfunktionen und Schutzbedürftigkeit	319
5.5.2 Bodenschutz und seine Bedeutung für den Gewässerschutz	323
5.5.3 Sanierung, Rekultivierung und Renaturierung	324
5.6 Literatur	325

6	Grundwasser	329
<i>Helmut Kobus, Bernhard Keim und Hans-Peter Koschitzky</i>		
6.1	Einführung	329
6.1.1	Bedeutung des Grundwassers	329
6.1.2	Aufgabenstellungen in der Grundwasserhydraulik	329
6.2	Hydrogeologische Grundlagen	330
6.2.1	Definitionen	330
6.2.2	Grundwasserleitersysteme	330
6.2.3	Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter	331
6.2.4	Grundwasserneubildung	332
6.2.4.1	Direkte Erfassung der Grundwasserneubildungsrate mit Lysimetern	333
6.2.4.2	Bestimmung der Grundwasserneubildung über Sickerwasserberechnungen	333
6.2.4.3	Bestimmung der Grundwasserneubildung aus dem Abfluss in Vorflutern	333
6.3	Grundwasserströmung	334
6.3.1	Strömungsvorgänge in porösen Medien	334
6.3.1.1	Lineares Fließgesetz nach Darcy	334
6.3.1.2	Durchlässigkeit, Transmissivität und Permeabilität	335
6.3.1.3	Hohlräumanteile und Speicherkoefizient	336
6.3.2	Strömungsvorgänge in Festgesteingrundwasserleitern	337
6.3.2.1	Fließgesetze bei der Spalt- und Rohrströmung	337
6.3.2.2	Äquivalente Darcy-Durchlässigkeiten	338
6.3.2.3	Hohlräumanteile	339
6.3.3	Berechnung von Fließvorgängen	340
6.3.3.1	Filter-, Abstands- und Bahngeschwindigkeit	340
6.3.3.2	Orts- und Richtungsabhängigkeit der Untergrundparameter	341
6.3.3.3	Allgemeine Bewegungsgleichung	341
6.3.3.4	Vereinfachungen	342
6.3.3.5	Lösungsverfahren	342
6.3.3.6	Ausgewählte Beispiele für analytische Lösungen	343
6.4	Wärme- und Stofftransport im Untergrund	349
6.4.1	Stoffeintrag ins Grundwasser	349
6.4.2	Stofftransport im Grundwasserleiter	350
6.4.2.1	Stoffeigenschaften	350
6.4.2.2	Transportmechanismen	351
6.4.2.3	Transportgleichung	351
6.4.2.4	Lösungsverfahren	354
6.4.2.5	Ausgewählte Beispiele für analytische Lösungen	354

6.4.3	Grundlagen der Wärmeausbreitung im Grundwasser	357
6.4.3.1	Bedeutung	357
6.4.3.2	Mechanismen der Wärmeausbreitung im Grundwasser .	357
6.5	Numerische Strömungs- und Transportmodelle	359
6.5.1	Einsatzmöglichkeiten von numerischen Modellen	359
6.5.2	Numerische Verfahren	360
6.5.3	Vorgehen bei der numerischen Modellierung	361
6.6	Grundwassererkundung	362
6.6.1	Erkundung des Untergrundaufbaus	362
6.6.1.1	Aufschlussbohrungen	362
6.6.1.2	Geophysikalische Untersuchungen	362
6.6.2	Konstruktion von Grundwassergleichenplänen	363
6.6.3	Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften	364
6.6.3.1	Hydraulische Feldtests	364
6.6.3.2	Laborversuche	365
	6.6.3.3 Bestimmung von Fließwegen und Transporteigenschaften	365
6.6.4	Beurteilung der Grundwasserqualität	366
6.7	Grundwasserkontaminationen	366
6.7.1	Entstehung von Grundwasserkontaminationen	366
6.7.2	Erkundung von Grundwasserschäden	367
6.7.3	Schadstoffquelle und Schadstofffahne im Grundwasser	368
6.7.4	Sanierungsstrategien	369
6.8	Grundwassersanierungs- und -sicherungsverfahren	371
6.8.1	Hydraulische und pneumatische Verfahren	371
6.8.2	In-situ-Sanierungsverfahren	372
6.8.2.1	Physikalische Verfahren	372
6.8.2.2	Chemische Verfahren	373
6.8.2.3	Biologischen Verfahren	374
6.8.3	Permeable Reaktive Wände	375
6.8.4	Verfahrenswahl	377
6.9	Grundwasserschutzkonzepte	377
6.9.1	Grundwasser – ein schützenswerter Naturschatz	377
6.9.2	Gesetzliche Rahmenbedingungen und vorbeugende Schutzmaßnahmen	378
6.9.3	Grundwasserüberwachung	378
6.9.4	Grundwassermanagement	379
6.10	Literatur	379

7	Ingenieurhydrologie	383
<i>Günter Blöschl und Dieter Guknecht</i>		
7.1	Analyse von Prozessen	383
7.1.1	Datenerhebung, -prüfung und -ergänzung	384
7.1.1.1	Datenerhebung	384
7.1.1.2	Daten-Prüfung und Daten-Ergänzung	384
7.1.1.3	Datenbanken	385
7.1.2	Analyse von Beobachtungsdaten	385
7.1.2.1	Statistische Auswertung, Häufigkeitsanalyse, Korrelationsanalyse	385
7.1.2.2	Auswertung bezüglich des Verhaltens in Zeit und Raum	386
7.1.3	Einsatz von Modellen	389
7.1.3.1	Modell und Modellfunktion	389
7.1.3.2	Modellbildung und Modelltypen	390
7.1.3.3	Modellentwicklung und Modellanwendung	392
7.1.3.4	Erfassung der Unsicherheit von Modellen	393
7.1.3.5	Computer- und Softwareeinsatz	393
7.2	Modellierung von Prozessen	394
7.2.1	Niederschlag-Abfluss-Prozess	394
7.2.1.1	Der Abflussvorgang	394
7.2.1.2	Modellierungsansätze und Modellwahl	397
7.2.1.3	Ereignisbezogene Modelle	400
7.2.1.4	Integrierte Bodenfeuchtemodelle	408
7.2.1.5	Flächendetaillierte Modelle	410
7.2.1.6	Wasserhaushaltsmodelle	411
7.2.2	Abflussvorgang in Flussstrecken	412
7.2.2.1	Phänomen Wellenablauf	412
7.2.2.2	Hydraulische Grundlagen	413
7.2.2.3	Hydrodynamisch-numerische Berechnungsverfahren ...	415
7.2.2.4	Hydrologische Verfahren	419
7.3	Bemessungsabflüsse	421
7.3.1	Allgemeines	421
7.3.2	Bemessungshochwasser	424
7.3.2.1	Definition des Bemessungshochwassers und Risiko	424
7.3.2.2	Grundsätzliches Vorgehen nach DWA-M 552	426
7.3.2.3	Hochwasserdaten	428
7.3.2.4	Wahrscheinlichkeitsanalyse	429
7.3.2.5	Zeitliche Informationserweiterung	431
7.3.2.6	Kausale Information – Berechnung aus Niederschlägen ..	431

7.3.2.7	Räumliche Information – Berechnung aus regionalisierten Beziehungen	436
7.3.2.8	Kombination der Informationen und Bewertung der Aussagekraft	440
7.3.3	Niedrigwasser	440
7.3.3.1	Niedrigwasserkenngrößen	441
7.3.3.2	Statistische Analyse	442
7.3.3.3	Regionale Betrachtung	443
7.4	Simulation	443
7.4.1	Maßgebende Daten	444
7.4.2	Simulation unter Verwendung von Zeitreihenmodellen	445
7.4.2.1	Zeitreihenmodelle	445
7.4.2.2	Künstliche Generierung von Zeitreihen	446
7.4.3	Simulation unter Verwendung von Abflussmodellen für Szenarien	447
7.4.4	Sensitivitätsanalysen	448
7.5	Analyse von Veränderungen	448
7.5.1	Aufgabenstellungen und generelle Vorgangsweise	448
7.5.2	Analyse von Hoch- und Niedrigwassersituationen	449
7.5.3	Analyse von Klimaänderungen	450
7.5.4	Analyse von Landnutzungsänderungen	452
7.6	Vorhersage	453
7.7	Literatur	455
8	Wasserrecht und Abfallrecht	459
	<i>Stefan Kopp-Assenmacher</i>	<i>459</i>
8.1	Allgemeines zum Wasserrecht	459
8.1.1	Begriff des Wasserrechts	459
8.1.1.1	Oberirdische Gewässer	460
8.1.1.2	Küstengewässer	460
8.1.1.3	Meeresgewässer	460
8.1.1.4	Grundwasser	460
8.1.2	Rechtsgrundlagen	460
8.1.2.1	Nationales Recht	460
8.1.2.2	Europarecht	462
8.2	Bewirtschaftung von Gewässern	463
8.2.1	Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung	463
8.2.2	Ziele der Bewirtschaftung oberirdischer Gewässer	464
8.2.2.1	Bewirtschaftungsziele §§ 27–31 WHG	464
8.2.2.2	Hochwasserschutz	465
8.2.2.3	Die Bewirtschaftung von Oberflächengewässern	465
8.2.2.4	Bewirtschaftung von Küstengewässern	467

8.2.2.5	Bewirtschaftung des Grundwassers	467
8.2.2.6	Bewirtschaftung von Meeresgewässern	467
8.2.2.7	Bewirtschaftung nach Flussgebietseinheiten	468
8.2.3	Verwirklichung der Bewirtschaftungsziele durch wasserwirtschaftliche Planung	468
8.2.3.1	Maßnahmenprogramme	468
8.2.3.2	Bewirtschaftungspläne	469
8.3	Rechtliche Grundlagen der Benutzung von Gewässern	469
8.3.1	Grundsatz	469
8.3.2	Begriff der Benutzungen	469
8.3.3	Genehmigungsfreie Benutzungen	470
8.3.4	Wasserrechtliche Genehmigung	471
8.3.4.1	Erlaubnis und Bewilligung einer Gewässerbenutzung ..	471
8.3.4.2	Genehmigungsverfahren	472
8.3.5	Materiell-rechtliche Voraussetzungen für Erlaubnis und Bewilligung	472
8.3.5.1	Allgemeine Versagungsgründe des § 12 Abs. 1 WHG ..	472
8.3.5.2	Spezielle Versagungsgründe	473
8.3.5.3	Inhalts- und Nebenbestimmungen	473
8.3.6	Bewirtschaftungsermessens	473
8.4	Abwasserbeseitigung	474
8.4.1	Abwasserbegriff und Abwasserbeseitigung	474
8.4.2	Grundsätze der Abwasserbeseitigung	475
8.4.3	Einleiten von Abwasser in Gewässer	475
8.4.3.1	Genehmigungsvoraussetzungen	475
8.4.3.2	Konkretisierungen der Mindestanforderungen in der Abwasserverordnung	477
8.4.4	Einleitung von Abwasser in öffentliche und private Abwasseranlagen	477
8.5	Anlagenbezogene Regelungen	478
8.5.1	Abwasseranlagen	478
8.5.2	Selbstüberwachung bei Abwassereinleitung und Abwasseranlagen	478
8.6	Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	478
8.6.1	Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	478
8.6.2	Begriff der wassergefährdenden Stoffe	479
8.6.3	Besondere Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	479
8.7	Öffentliche Wasserversorgung	480
8.8	Wasserschutzgebiete	480
8.9	Gewässerunterhaltung und -ausbau	481
8.10	Haftung für Gewässerveränderungen	481

8.11	Gewässeraufsicht	482
8.12	Gewässerstrafrecht und Ordnungswidrigkeiten	482
8.12.1	Strafrechtliche Vorschriften	482
8.12.2	Ordnungswidrigkeiten	483
8.13	Allgemeines zum Abfallrecht	483
8.14	Anwendungsbereich des KrWG	484
8.14.1	Allgemeines	484
8.14.2	Schnittstellen zum Wasserrecht	485
8.15	Abfallbegriff	486
8.15.1	Weiter Abfallbegriff	486
8.15.2	Entledigungstatbestand	486
8.15.3	Abfälle zur Verwertung und Abfälle zur Beseitigung	486
8.16	Nebenprodukte	487
8.17	Ende der Abfalleigenschaft	487
8.18	Grundsätze und Grundpflichten der Abfallbewirtschaftung	488
8.18.1	Abfallhierarchie	488
8.18.2	Grundpflichten der Abfallbewirtschaftung	488
8.18.2.1	Abfallvermeidung	488
8.18.2.2	Abfallverwertung	489
8.18.2.3	Abfallbeseitigung	489
8.18.3	Weitere Maßnahmen der Abfallbewirtschaftung	489
8.19	Anzeige- und Erlaubnispflicht	490
8.20	Literatur	490
9	Gewässerregelung	493
<i>Rolf Anselm, Herbert Grubinger und Kurt Lecher</i>		
9.1	Regelungsgrundlagen	493
9.1.1	Naturnahe Gewässergestaltung	493
9.1.2	Entwicklungsziele	493
9.1.3	Laufentwicklung	494
9.1.4	Profilgestaltung	495
9.2	Sicherung der Gewässer	497
9.2.1	Verfahren	497
9.2.1.1	Verlängerung des Fließweges	497
9.2.1.2	Profilauweitung	498
9.2.1.3	Entlastung über Nebenarme – Öffnen von Altarmen	498
9.2.1.4	Geschiebezugabe	498
9.2.1.5	Bauweisen – Totbau und Lebendbau	498
9.3	Profilsicherung durch ingenieurbiologische Bauweisen	500
9.3.1	Wirkung	500
9.3.2	Maßnahmen im aquatischen Bereich	501

9.3.3	Lebendbau in der Röhrichtzone	503
9.3.3.1	Einbau von Röhricht	504
9.3.4	Lebendbau in der Überwasserzone	507
9.3.4.1	Böschungsrasen	507
9.3.4.2	Gehölze	508
9.4	Profisicherung durch bautechnische Maßnahmen	514
9.4.1	Materialeinsatz	514
9.5	Kombination Lebendbau – Totbau	518
9.6	Bauwerke	521
9.6.1	Allgemeines	521
9.6.2	Kreuzungsbauwerke	521
9.6.2.1	Durchlässe	521
9.6.2.2	Brücken	524
9.6.2.3	Düker	525
9.6.2.4	Gewässerverrohrungen	526
9.6.3	Sohlenbauwerke	526
9.6.3.1	Stützschwellen	526
9.6.3.2	Sohlenstufen	527
9.6.3.3	Sohlengleiten	527
9.6.4	Fischaufstiege	529
9.6.5	Sandfänge	532
9.6.6	Stauanlagen, Wehre, Wasserkraftwerke	534
9.7	Gebirgswasserbau	534
9.7.1	Vom Wildbach zum Talfluss	534
9.7.1.1	Gebirgslandschaften und Berggebiete	534
9.7.1.2	Sozioökonomische Betrachtung	536
9.7.1.3	Folgerungen	537
9.7.2	Aus der Wildbachkunde	537
9.7.2.1	Allgemeine Merkmale	537
9.7.2.2	Hydrologisch-geologische und human-induzierte Besonderheiten	538
9.7.2.3	Zur Gliederung eines Wildbachgebietes	539
9.7.2.4	Schadensformen	540
9.7.3	Umfassende (integrale) Regelungsprojekte	541
9.7.3.1	Folgerungen	541
9.7.3.2	Aufgaben der Wildbachverbauung	542
9.7.3.3	Grundsätze	542
9.7.4	Flächenschutz	543
9.7.4.1	Konsolidierung vernässter Hänge	543
9.7.4.2	Ingenieurbiologische Maßnahmen	544
9.7.4.3	Landnutzung	545

9.7.5	Gerinnesicherung	545
9.7.5.1	Überströmbarer Querwerke	545
9.7.5.2	Längswerke	547
9.7.5.3	Steuerung des Geschiebetransportes	548
9.7.6	Schutzkonzept Gefahrenzonenplan	550
9.8	Gewässerunterhaltung	550
9.8.1	Umfang der Unterhaltung	551
9.8.2	Unterhaltungsplan	551
9.8.3	Unterhaltungsarbeiten	552
9.8.4	Häufigkeit und Zeitpunkte der Unterhaltungsarbeiten	554
9.9	Hochwasserschutz	555
9.9.1	Integrierter Hochwasserschutz	555
9.9.2	Flussdeiche	557
9.9.3	Hochwasserrückhaltebecken	559
9.10	Literatur	561
10	Be- und Entwässerung	563
<i>Bernd Lennartz und Peter Widmoser</i>		
10.1	Allgemeine Anmerkungen zu Be- und Entwässerung	563
10.2	Bewässerung in der Landwirtschaft	563
10.2.1	Bewässerung als landwirtschaftlicher Produktionsfaktor	563
10.2.2	Verbreitung und Geschichte der Bewässerung	565
10.3	Wasserspeicherung im Boden	567
10.3.1	Sättigung und Teilsättigung	567
10.3.2	Feldkapazität (<i>FK</i>), permanenter Welkepunkt (<i>PWP</i>) und nutzbare Feldkapazität (<i>nFK</i>)	569
10.4	Verdunstung und Wasserverbrauch	571
10.4.1	Verdunstung von freien Wasserflächen	571
10.4.2	Evapotranspiration und Wasserverbrauch von Pflanzenbeständen	572
10.4.3	Bewässerungswassergaben und -intervalle	573
10.4.4	Bewässerungswirkungsgrad	576
10.5	Wasserbeschaffung für Bewässerung	576
10.5.1	Wasserbauliche Einrichtungen zur Wasserbeschaffung	577
10.5.1.1	Flächenabfluss	577
10.5.1.2	Quellen	578
10.5.1.3	Oberflächengewässer	578
10.5.1.4	Grundwasser	580
10.5.2	Wasserverteilung im Bewässerungsperimeter	583
10.5.3	Bauwerke zur Wasserverteilung und -messung	585
10.5.4	Wasserbeschaffenheit	587
10.5.5	Versalzung unter Bewässerung	589

10.6 Bewässerungsverfahren	590
10.6.1 Schwerkraftbewässerung	592
10.6.1.1 Stauverfahren	593
10.6.1.2 Rieselverfahren	594
10.6.2 Beregnung	598
10.6.3 Mikrobewässerung	601
10.6.4 Tropfbewässerung	602
10.6.5 Unterflurbewässerung	604
10.7 Entwässerung in der Landwirtschaft	605
10.7.1 Entwässerung als landwirtschaftlicher Produktionsfaktor	605
10.7.2 Verbreitung und Geschichte der Entwässerung	606
10.7.3 Vernässungsursachen und ihre Erkennung	607
10.8 Entwässerungsmaßnahmen	609
10.8.1 Maßnahmen bei Grundwasservernässung	609
10.8.2 Maßnahmen bei Stau- und/oder Haftnässe	612
10.8.3 Maßnahmen bei Haftnässe	614
10.8.4 Maßnahmen bei Grundwasseranstieg und Versalzung	615
10.8.5 Bauausführung von Meliorationen	617
10.8.6 Bemessungsgrundlagen zur Entwässerung grundwasservernässter Böden (Dräntheorie)	619
10.8.6.1 Bemessung für den stationären Fall	620
10.8.6.2 Bemessung für den instationären Fall	621
10.8.6.3 Landwirtschaftliche Stauwehre	623
10.8.6.4 Bemessungsabfluss	623
10.9 Planung und Betrieb von Be- und Entwässerungsprojekten	624
10.9.1 Planung	624
10.9.2 Betrieb und Unterhalt	627
10.10 Auswirkungen von Be- und Entwässerungsmaßnahmen auf die Umwelt	629
10.10.1 Bewässerung	629
10.10.2 Entwässerung	630
10.10.3 Nährstoffausträge aus Dränflächen	630
10.10.4 Rückbau von Entwässerungssystemen	631
10.10.5 Dränmanagement	632
10.11 Literatur	634
 11 Stau- und Wasserkraftanlagen	637
11.1 Stauanlagen	637
<i>Mathias Döring</i>	
11.1.1 Zweck und Anforderungen	637
11.1.2 Wehre	638
11.1.2.1 Zweck und Anforderungen	638
11.1.2.2 Feste Wehre	641

11.1.2.3	Heberwehre	642
11.1.2.4	Bewegliche Wehre	643
11.1.2.5	Revisionsverschlüsse an Wehren	650
11.1.2.6	Vernetzung der Gewässer	650
11.1.3	Talsperren	651
11.1.3.1	Übersicht	651
11.1.3.2	Staumauern	655
11.1.3.3	Staudämme	666
11.1.3.4	Standsicherheit	675
11.1.3.5	Vor- und Nachsperranlagen	675
11.1.3.6	Hochwasser-Entlastungsanlagen	676
11.1.3.7	Betriebseinrichtungen	682
11.1.3.8	Überwachung von Talsperren	683
11.1.3.9	Ertüchtigung und Vergrößerung von Talsperren	688
11.1.4	Hochwasserrückhaltebecken	689
11.1.4.1	Übersicht und Bemessung	689
11.1.4.2	Bauweisen	692
11.1.5	Pumpspeicherbecken	692
11.2	Wasserkraftanlagen	693
<i>Siegfried Radler</i>		
11.2.1	Allgemeines zur Wasserkraftnutzung	693
11.2.1.1	Entwicklung	693
11.2.1.2	Bedeutung der Wasserkraft	694
11.2.1.3	Energiewirtschaftliche Begriffe	694
11.2.2	Anlagetypen	697
11.2.2.1	Staustufen	697
11.2.2.2	Talsperrenkraftwerke	699
11.2.2.3	Stau- und Umleitungskraftwerke	701
11.2.2.4	Pumpspeicherwerke	702
11.2.2.5	Gezeitenkraftwerke	703
11.2.3	Triebwasserweg	703
11.2.3.1	Triebwasserfassung	704
11.2.3.2	Triebwasserleitung	705
11.2.3.3	Wasserschloss und Kraftabstieg	706
11.2.3.4	Wasserschloss	708
11.2.3.5	Kraftabstieg	709
11.2.4	Wasserkraftmaschinen	711
11.2.4.1	Turbinenarten	711
11.2.4.2	Kaplan- und Rohrturbinen	711
11.2.4.3	Francis-Turbinen	712
11.2.4.4	Freistrahlturbinen	712
11.2.4.5	Turbinen für kleine Wasserkraftwerke	713

11.2.4.6 Spezifische Drehzahl	715
11.2.4.7 Generator	715
11.2.4.8 Kavitation	715
11.2.5 Kraftstationen	715
11.2.5.1 Krafthäuser	716
11.2.5.2 Kraftwerkskavernen	716
11.2.6 Triebwasserentlastungen	716
11.2.6.1 Mittel- und Hochdruckumleitungen	717
11.2.6.2 Niederdruckumleitungen	717
11.2.7 Sonderbauweisen bei kleinen Wasserkraftwerken	717
11.2.7.1 Stauhaltungen	718
11.2.7.2 Triebwassergräben	718
11.2.7.3 Druckrohrleitung	718
11.2.7.4 Kraftwerksgebäude	719
11.2.8 Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftwerken	719
11.3 Literatur	720
12 Küstingenieurwesen	723
<i>Hocine Oumeraci</i>	723
12.1 Einführung	723
12.1.1 Bedeutung der Küste und Bedrohungspotenzial	723
12.1.2 Aufgaben des Küstingenieurs	726
12.2 Gezeiten an Küsten und in Tideflüssen	727
12.2.1 Entstehung und Vorhersage der Gezeiten an offenen Küsten	727
12.2.2 Gezeiten in Tideflüssen	729
12.2.2.1 Tideentwicklung in Flussläufen	729
12.2.2.2 Veränderung der Tideverhältnisse durch bauliche Eingriffe	731
12.2.2.3 Tidedynamik in der Brackwasserzone	734
12.3 Sturmfluten und Wasserstände	736
12.3.1 Entstehung und Entwicklung von Sturmfluten	736
12.3.1.1 Typische sturmfluterzeugende Wetterlagen an der deutschen Nordseeküste	737
12.3.1.2 Typische Sturmflut erzeugende Wetterlagen an der deutschen Ostseeküste	737
12.3.2 Einflussfaktoren auf die Entwicklung von Sturmfluten	738
12.3.3 Klassifizierung von Sturmfluten und Verweilzeiten	741
12.3.4 Bemessungswasserstände	742
12.3.5 Grenzen statistischer Analysen und Prognosen von Extremsturmfluten	744

12.4 Wellen und Seegang	745
12.4.1 Entstehung und Klassifikation von Meereswellen	745
12.4.2 Wellentheorien	746
12.4.3 Wellentransformation	747
12.4.3.1 Refraktion und Shoaling	750
12.4.3.2 Wellenbrechen	752
12.4.3.3 Diffraktion	754
12.4.3.4 Reflexion	755
12.4.4 Natürlicher Seegang	759
12.4.4.1 Parametrisierung des unregelmäßigen Seegangs	759
12.4.4.2 Seegangsvorhersage und Bemessungsseegang	763
12.5 Küstennahe Strömungen	765
12.5.1 Klassifizierung	765
12.5.2 Seegangsinduzierte Strömungen	766
12.5.3 Nicht seegangsinduzierte Strömungen	768
12.6 Küstennaher Sedimenttransport und morphologische Veränderungen	770
12.6.1 Allgemeiner Überblick	770
12.6.2 Küstenlängstransport und Küstenquertransport	771
12.6.2.1 Hinweise zur Berechnung der tatsächlichen Suspensionsfracht	771
12.6.2.2 Berechnung des Küstenlängstransports	772
12.6.2.3 Berechnung des Küstenquertransports	774
12.6.3 Anmerkungen zu weiteren Aspekten des Sedimenttransports unter Seegang	775
12.6.3.1 Transportrichtung und Strandprofil	775
12.6.3.2 Bewegungsbeginn und Transportarten	775
12.6.3.3 Auswirkung von Bauwerken auf Sedimenttransport und Morphologie	777
12.7 Schutz gegen Seegang und Hochwasser	777
12.7.1 Hafenschutzwerke.....	777
12.7.1.1 Aufgaben und Einsatzbereiche	777
12.7.1.2 Funktionsweise	778
12.7.1.3 Wellenbrecher-Typen	780
12.7.2 Küstenschutzwerke	786
12.7.2.1 Wesen des Küstenschutzes	786
12.7.2.2 Küstenschutzkonzepte	789
12.7.2.3 Grundsätzliches Vorgehen bei Küstenschutzmaßnahmen	796
12.7.3 Hochwasserschutzwerke im Küstenraum	798
12.7.3.1 Deiche	799
12.7.3.2 Dünen und Dünenverstärkungen	803
12.7.3.3 Hochwasserschutzwände	803

12.7.3.4 Sturmflutsperrwerke	803
12.7.3.5 Siele und Schöpfwerke	804
12.8 Schlussbetrachtungen: Neue Herausforderungen und integriertes Küstenmanagement	806
12.9 Literatur	808
13 Binnenverkehrswasserbau	811
<i>Rudolf Kuhn und Bernard Soehngen mit verschiedenen Autoren aus der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)</i>	
13.1 Aufgabenstellung	811
13.2 Schiff und Fahrwasser	812
13.2.1 Schiff und Schiffsverband	812
13.2.2 Das fahrende Schiff	815
13.2.3 Fahrwasser und Fahrrinne	821
13.3 Binnenwasserstraßen	822
13.3.1 Flüsse mit Niedrigwasserregelung	822
13.3.2 Flüsse mit Stauregelung	824
13.3.3 Kanäle	826
13.3.4 Deckwerke	827
13.4 Bauwerke an Binnenwasserstraßen	830
13.5 Binnenhäfen	835
13.5.1 Gesamtanlage	836
13.5.2 UferanlageÍ	838
13.5.3 Umstrukturierung vorhandener Hafenanlagen	839
13.6 Schleusen	839
13.6.1 Hydraulisches System	839
13.6.2 Bauwerk	841
13.6.3 Verschlüsse	842
13.6.4 Ausrüstung	845
13.6.5 Sonderformen der Schleuse	846
13.7 Schiffshebewerke	847
13.8 Literatur	852
14 Wasserversorgung	853
<i>Wilhelm Urban und Martin Zimmermann</i>	
14.1 Einleitung	853
14.2 Trinkwassergüte	855
14.2.1 Wasser für den menschlichen Gebrauch	855
14.2.2 Anforderungen an Trinkwasser	855
14.2.3 Wassergüteparameter	856
14.2.3.1 Mikrobiologische Parameter	857

14.2.3.2 Chemische Parameter	857
14.2.3.3 Indikatorparameter	860
14.2.4 Maßnahmen des zuständigen Gesundheitsamtes	862
14.2.5 Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren	862
14.2.6 Anzeige- und Untersuchungspflichten	863
14.2.7 Überwachung und Information	864
14.3 Planung von Wasserversorgungsanlagen	864
14.3.1 Wasserverbrauch und Wasserbedarf	864
14.3.2 Wasserbereitstellung für unterschiedliche Bedarfsträger	865
14.3.3 Ermittlung des Wasserbedarfs zur Bemessung von Anlagenteilen	865
14.3.4 Wasserbedarf der Haushalte und des Kleingewerbes	866
14.3.4.1 Jährlicher Wasserverbrauch	866
14.3.4.2 Mittlerer Tagesbedarf	867
14.3.4.3 Mittlerer Stundenbedarf	867
14.3.4.4 Tagesspitzenfaktor	867
14.3.4.5 Stundenspitzenfaktor	867
14.3.4.6 Spitzentagesbedarf	867
14.3.4.7 Spitzenbedarf	868
14.3.4.8 Stundenprozentwert	868
14.3.5 Bedarfsermittlung für weitere Verbrauchergruppen und Zwecke	869
14.3.5.1 Öffentlicher und gewerblicher Bedarf	869
14.3.5.2 Besondere Verbrauchergruppen	869
14.3.5.3 Wasserbedarf des Bergbaus, des verarbeitenden Gewerbes und der Wärmekraftwerke	869
14.3.5.4 Löschwasserbedarf	869
14.3.5.5 Eigenverbrauch des Wasserversorgers	871
14.3.5.6 Wasserverluste	871
14.4 Wassergewinnung	871
14.4.1 Wassergewinnung und Bezug in Deutschland	871
14.4.2 Wasserdargebot und Wasserfassungen	873
14.4.2.1 Echtes Grundwasser	873
14.4.2.2 Angereichertes Grundwasser und Uferfiltrat	874
14.4.2.3 Brunnen	875
14.4.2.4 Oberflächenwasser und entsprechende Fassungen	880
14.4.2.5 Quellwasser und -fassungen	882
14.4.3 Wasserschutzgebiete	882
14.4.3.1 Schutzgebiete für Grundwasser	883
14.4.3.2 Schutzgebiete für Talsperren	884

14.5 Wasseraufbereitung	885
14.5.1 Gasaustausch	885
14.5.2 Flockung	887
14.5.3 Filtration	890
14.5.3.1 Schnellfiltration	892
14.5.3.2 Langsamfiltration	893
14.5.3.3 Membranfiltration	894
14.5.4 Adsorption	896
14.5.5 Oxidation und Desinfektion	896
14.5.5.1 Sauerstoff	897
14.5.5.2 Kaliumpermanganat	898
14.5.5.3 Wasserstoffperoxid	898
14.5.5.4 Ozon	898
14.5.5.5 Chlor und Hypochlorite	900
14.5.5.6 Chlordioxid	901
14.5.5.7 UV-Strahlung	901
14.5.6 Entsäuerung und Aufhärtung	902
14.5.7 Enthärtung, Entcarbonisierung und Entsalzung	904
14.5.8 Enteisenung und Entmanganung	905
14.5.9 Entfernung von Stickstoffverbindungen	907
14.6 Wasserspeicherung	908
14.6.1 Aufgaben der Wasserspeicherung	909
14.6.2 Arten von Speicherbehältern	910
14.6.2.1 Hochbehälter	910
14.6.2.2 Wasserturm	911
14.6.2.3 Tiefbehälter	911
14.6.3 Lage zum Versorgungsgebiet	911
14.6.3.1 Durchlaufbehälter	912
14.6.3.2 Gegenbehälter	912
14.6.4 Speicherbemessung	913
14.6.4.1 Richtwerte für den Nutzinhalt sowie den Löschwasservorrat	913
14.6.4.2 Berechnung des fluktuierenden Wasservolumens	915
14.6.4.3 Ermittlung der Sicherheitsreserve	916
14.6.5 Funktionelle Anforderungen an die Wasserqualität	916
14.6.5.1 Allgemeines	916
14.6.5.2 Baustoffe	917
14.6.5.3 Wasserzirkulation	917
14.6.5.4 Lüftung	917
14.6.5.5 Vermeidung von Verunreinigungen	917
14.6.5.6 Temperatureinflüsse	918
14.6.5.7 Erhalt der Wassergüte	918

14.6.6 Bauliche Anforderungen an Trinkwasserbehälter	918
14.6.6.1 Standardausrüstung	918
14.6.6.2 Überlauf	919
14.6.6.3 Betriebswasserstand	919
14.6.6.4 Wassertiefe	920
14.6.6.5 Werkstoffe	920
14.6.6.6 Bauverfahren	920
14.6.6.7 Bedienungshaus	921
14.7 Wasserförderung	921
14.7.1 Anwendungen und Arten von Pumpen	921
14.7.2 Hydraulische Grundlagen	922
14.7.2.1 Förderstrom und Förderhöhe	922
14.7.2.2 Kavitation und Haltedruckhöhe (NPSH)	925
14.7.3 Pumpenbetrieb	927
14.7.3.1 Förderleistung, Leistungsbedarf und Wirkungsgrad	927
14.7.3.2 Pumpen- und Anlagenkennlinie sowie Betriebspunkt ...	928
14.7.3.3 Regelung von Pumpensystemen	929
14.8 Wasserverteilung	932
14.8.1 Rohrleitungsklassen und Rohrnetzformen	933
14.8.2 Planung von Wasserverteilungsnetzen	935
14.8.2.1 Fließgeschwindigkeiten	936
14.8.2.2 Kontinuitätsgleichung	937
14.8.2.3 Drücke	937
14.8.2.4 Druckhöhenverluste	940
14.8.3 Berechnung von Wasserverteilungsnetzen	942
14.8.3.1 Wasserbedarfsgrößen	943
14.8.3.2 Betriebszustände	943
14.8.3.3 Metermengenwert	944
14.8.3.4 Berechnung von Verästelungsnetzen	944
14.8.3.5 Berechnung vermaschter Verteilnetze	944
14.8.3.6 Hardy-Cross-Verfahren	945
14.8.3.7 Knotenverfahren	946
14.8.4 Anforderungen an Rohrleitungsteile	949
14.8.5 Rohrleitungen	950
14.8.5.1 Gussrohre	951
14.8.5.2 Stahlrohre	951
14.8.5.3 Rohre aus zementgebundenen Werkstoffen	951
14.8.5.4 Kunststoffrohre	952
14.8.6 Armaturen	953
14.8.6.1 Absperreinrichtungen	953
14.8.6.2 Hydranten	953

14.8.6.3	Armaturen zur Entleerung und Spülauflässe	954
14.8.6.4	Armaturen zur Be- und Entlüftung	954
14.8.6.5	Anbohrarmaturen	954
14.8.6.6	Rückflussverhinderer	954
14.9	Literatur	955
15	Abwassertechnik	961
	<i>Matthias Barjenbruch</i>	
15.1	Einführung in die Abwassertechnik	961
15.1.1	Ziele der Siedlungsentwässerung	961
15.1.2	Gesetzliche Vorgaben	963
15.1.3	Gewässergütekriterien	966
15.1.4	Qualitätsanforderungen und Emissionsbetrachtungen	968
15.1.5	Immissionsbetrachtungen	969
15.2	Abwasseranfall und Beschaffenheit	971
15.2.1	Abwasseranfall	971
15.2.1.1	Kommunales Schmutzwasser	972
15.2.1.2	Gewerbliches und industrielles Schmutzwasser	974
15.2.1.3	Niederschlagswasser	975
15.2.2	Abwasserbeschaffenheit	978
15.2.2.1	Abwasserparameter	979
15.2.2.2	Schmutzwasser	981
15.2.2.3	Niederschlagswasser	984
15.2.2.4	Mischwasser	985
15.3	Abwasserableitung	986
15.3.1	Haus- und Grundstücksentwässerung	986
15.3.2	Siedlungsentwässerung	990
15.3.2.1	Grundsätze	990
15.3.2.2	Entwässerungsverfahren	992
15.3.2.3	Planung und Entwurf der Kanalisation	999
15.3.2.4	Technische Gestaltung der Kanalisation	1005
15.3.2.5	Abwasserpumpwerke	1011
15.3.2.6	Regenwasserbewirtschaftung	1014
15.3.2.7	Regenwasserbehandlung	1016
15.3.2.8	Mischwasserbehandlung	1022
15.3.2.9	Betrieb der Kanalisation	1024
15.3.2.10	Kanalsanierung	1025
15.3.2.11	Maßnahmen gegen Geruch und Korrosion	1026
15.4	Abwasserreinigung	1026
15.4.1	Entwicklung der kommunalen Klärtechnik	1026
15.4.2	Verfahren der kommunalen Abwasserreinigung	1028
15.4.2.1	Übersicht der Behandlungsverfahren	1028

15.4.2.2	(Vor-)Behandlung des Industrie- und Gewerbeabwassers	1029
15.4.2.3	Mechanische Abwasserreinigung	1030
15.4.2.4	Biologische Abwasserreinigung	1042
15.4.2.5	Chemische Prozesse bei der Abwasserreinigung	1068
15.4.2.6	Energetische Optimierung	1072
15.4.2.7	Weitergehende Abwasserreinigung	1074
15.4.2.8	Kleinkläranlagen	1079
15.5	Schlammbehandlung	1082
15.5.1	Ziele der Schlammbehandlung	1082
15.5.2	Schlammmanfall	1083
15.5.3	Schlammbeschaffenheit	1085
15.5.4	Verfahren der Schlammbehandlung	1085
15.5.4.1	Abtrennung von Schlammwasser	1085
15.5.4.2	Hygienisierung	1093
15.5.4.3	Schlammstabilisierung	1094
15.5.5	Schlammverwertung und -entsorgung	1100
15.5.5.1	Schlammverwertungs- und -entsorgungsweg	1100
15.5.5.2	Schlammstapelung bzw. Speicherung	1102
15.5.5.3	Landwirtschaftliche und landbauliche Schlammverwertung	1102
15.5.5.4	Thermische Klärschlammverwertung (Schlammverbrennung)	1104
15.6	Literatur	1107
16	Abfallwirtschaft heute – der Weg zur nachsorgefreien Deponie	1113
	<i>Peter Lechner und Marion Huber-Humer</i>	
16.1	Einführung	1113
16.2	Gesetzliche Situation	1114
16.3	Kommunale Abfälle – Mengen, Zusammensetzung und Prognose	1115
	<i>(Peter Beigl)</i>	1115
16.3.1	Abfallaufkommen im europäischen Vergleich	1115
16.3.2	Abfallmengenprognose als Planungsinstrument	1116
16.4	Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling (stoffliche Verwertung)	1117
	<i>(Felicitas Schneider)</i>	1117
16.4.1	Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung	1117
16.4.2	Abfallsammlung	1117
16.4.3	Stoffliche Verwertung von Abfällen	1118
16.5	Herstellerverantwortung, Schadstoffentfrachtung	1120
	<i>(Stefan Salhofer)</i>	1120
16.5.1	Regelungen in Europa	1121
16.5.2	Umsetzung	1122
16.5.3	Kritik	1122

16.6	Kompostierung	1123
	<i>(Erwin Binner)</i>	1123
16.6.1	Kompostqualität	1123
16.6.2	Der Rotteprozess	1124
16.6.3	Rottetechnik	1126
16.7	Energetische Verwertung (Verbrennung, Biogasgewinnung)	1127
	<i>(Peter Mostbauer)</i>	1127
16.7.1	Verbrennung, Thermische Behandlung	1127
16.7.2	Abgasreinigung	1129
16.7.3	Biogas: Gewinnung, Aufbereitung, Energieumwandlung	1130
16.8	Behandlung und Ablagerung von kommunalen Abfällen und Reststoffen	1131
	16.8.1 Behandlung vor der Ablagerung – Systembestandteile	1133
	16.8.2 Ablagerung von MBA-Material	1134
16.9	Ablagerung von MVA-Schlacke	1135
16.10	Standortanforderungen und Basisdichtung gemäß EU-Richtlinie (1999/31/EG)	1136
16.11	Grundwasserabstand und freie Sickerwasservorflut	1136
16.12	Reaktordeponie, Langzeitverhalten	1137
16.13	Altablagerungen – Untersuchung, Monitoring, Sanierung und Nachnutzung	1138
	16.13.1 Untersuchung und Monitoring von Abfällen und Altablagerungen	1138
	<i>(Ena Smidt)</i>	1138
	16.13.2 In-situ-Stabilisierung von Altablagerungen	1140
	<i>(Oliver Gamperling)</i>	1140
	16.13.3 Nachnutzung von Deponieflächen	1141
	<i>(Johannes Tintner)</i>	1141
16.14	Ausblick	1142
16.15	Literatur	1143
17	Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	1145
	<i>Hans-Peter Lühr</i>	
17.1	Einführung	1146
17.2	Vorsorgepolitik zum Schutz des Grundwassers	1147
17.3	Grundlagen des anlagenbezogenen Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen	1148
17.4	Stoffspezifisches Gefährdungspotenzial	1154
	17.4.1 Stoffgemische/Zubereitungen	1157
	17.4.2 Überprüfung der Selbsteinstufung	1158

17.5	Technische und organisatorische Anforderungen an eine Anlage	1159
17.5.1	Allgemeines	1159
17.5.2	Technische Anforderungen an Anlagen	1162
17.5.3	Anwendungsbereich	1163
17.5.4	Begriffsbestimmungen	1164
17.5.5	Allgemeine Anforderungen an Anlagen	1166
17.5.6	Grundsatzanforderungen	1169
17.5.7	Anforderungen an die Rückhaltung	1170
17.5.8	Nutzung von Abwasseranlagen als Auffangvorrichtung	1173
17.5.9	Besondere Anforderungen an die Rückhaltung bei bestimmten Anlagen	1174
17.5.10	Gefährdungspotenzial und Gefährdungsstufen	1175
17.5.11	Bestehende Anlagen	1177
17.6	Organisatorische Anforderungen	1178
17.6.1	Betreiberpflichten	1178
17.6.2	Fachbetriebspflichtige Tätigkeiten	1179
17.6.3	Überwachung und Prüfung von Anlagen	1180
17.7	Fachbetriebe	1181
17.8	Sachverständige	1183
17.9	Behördliche Vorkontrollen	1183
17.10	Praktische Beispiele ausgeführter Anlagenkonfigurationen	1188
17.10.1	Lageranlagen	1189
17.10.2	Tankstellen	1192
17.10.3	Unterschiedliche HBV-Anlagen	1194
17.10.4	Komplex-Anlage in der Chemischen Industrie	1195
17.11	Literatur	1204
18	Wasserwirtschaftliche Planungen	1205
<i>Uwe Grünwald</i>		
18.1	Wasserwirtschaft, Wasserbewirtschaftung und wasserwirtschaftliche Planung	1205
18.1.1	Veränderte Europäische (wasserbezogene) Richtlinien führen zu veränderten wasserwirtschaftlichen Plänen	1214
18.1.2	Ableitung von Bewirtschaftungsplänen für Talsperren als methodische Grundlage für die Entwicklung von flussgebietsbezogenen wasserwirtschaftlichen Planungen	1223
18.1.2.1	Begriffe der Speicherplanung und -bewirtschaftung	1224
18.1.2.2	Speicherwirtschaftliche Hauptfragestellungen und speicherwirtschaftliche Sicherheitsbegriffe	1226
18.1.2.3	Empirische und experimentelle Verfahren der Speicherwirtschaft	1228

18.2	Instrumente der wasserwirtschaftlichen Planung	1234
18.2.1	Datengrundlagen und die stochastische Simulation des Wasserdargebotes	1234
18.2.2	Wasserbedarf und wasserwirtschaftlich relevante Ziele	1241
18.2.3	Von wasserwirtschaftlichen Bilanzen unterschiedlicher Detailliertheit zu interaktiven Simulationsmodellen für die Planung und Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten	1242
18.2.4	Nutzung von Geografischen Informationssystemen in der wasserwirtschaftlichen Planung	1250
18.3	Anwendungsbeispiel für die Einbindung detaillierter wasser- wirtschaftlicher Bilanzierungen in wasserwirtschaftliche Planungen	1251
18.3.1	Planungsraum und Ziele	1251
18.3.2	Ableitung von Planungsaussagen auf der Grundlage wasserwirtschaftlicher Bilanzen unterschiedlicher Detailliertheit	1254
18.4	Literatur	1258
Anhang: Begriffe, Formelzeichen und Einheiten sowie Umrechnungstabellen		1263
<i>Hans Bretschneider</i>		
Sachwortverzeichnis		1271