

Abwasserableitung

**Bemessungsgrundlagen, Regenwasserbewirtschaftung,
Fremdwasser, Netzsanierung, Grundstücksentwässerung**

Inhaltsverzeichnis

Autorenverzeichnis	I
Vorwort	III
1 Hydraulische Grundlagen	1
1.1 Einführung	1
1.1.1 Einordnung und Bedeutung der Hydraulik in der Abwasserableitung	1
1.1.2 Wichtige Grundbegriffe	1
1.1.2.1 Bewegungsformen in der Hydrodynamik	1
1.1.2.2 Eindimensionale Bewegung, Stromfadentheorie, Kontinuität	1
1.1.2.3 Strömungsbegriffe	2
1.1.3 Bewegungsgleichungen für den stationären Zustand	3
1.1.3.1 Eulersche Bewegungsgleichungen	4
1.1.3.2 Bernoulli-Gleichung	5
1.1.3.3 Impulssatz	7
1.1.3.4 Unterschiedliche Anwendungsbereiche von Bernoulli-Gleichung und Impulssatz ..	9
1.2 Grundlagen der Rohrhydraulik	9
1.2.1 Allgemeines zur Rohrhydraulik	9
1.2.1.1 Anwendung in der Abwasserableitung	9
1.2.1.2 Besonderheiten der stationären Rohrströmung	9
1.2.2 Widerstandsverhalten des geraden Kreisrohres/Reibungsverluste	10
1.2.2.1 Voraussetzungen und Annahmen	10
1.2.2.2 Wandschubspannung und Energieliniengefälle	10
1.2.2.3 Einführung und Definition des Reibungsbeiwertes	12
1.2.2.4 Unterschiede zwischen laminarer und turbulenter Strömung	12
1.2.2.5 Laminare Strömung	13
1.2.2.6 Turbulente Strömung	13
1.2.2.7 Beispiel – Berechnung des Reibungsbeiwertes für die turbulente Rohrströmung ..	18
1.2.3 Sonstige, örtliche Verluste	18
1.2.3.1 Berechnungsansatz	18
1.2.3.2 Ein- und Auslaufverluste	19
1.2.3.3 Querschnittswechsel	20
1.2.3.4 Richtungsänderungen	20
1.2.3.5 Absperr- und Regelorgane	21
1.2.4 Darstellung im Energieplan und Beispiele zur Rohrhydraulik	22
1.2.4.1 Ergänzungen zum Zeichnen des Energieplans	22
1.2.4.2 Beispiel – Hydraulische Drossel	22
1.3 Einsatz von Pumpen in der Abwasserableitung	23
1.3.1 Aufgaben und Pumpenarten	23
1.3.1.1 Anwendungsbereiche	23
1.3.1.2 Schneckenpumpen	24
1.3.1.3 Kreiselpumpen	24
1.3.2 Pumpengleichung und Pumpenkennlinie	25
1.3.2.1 Erstellung der Pumpengleichung	25
1.3.2.2 Ermittlung der Pumpenkennlinie	25
1.3.3 Berechnung der Anlagenkennlinie	26
1.3.4 Ermittlung des Betriebspunktes	27
1.3.5 Auslegung und Betrieb von Pumpwerken	27
1.3.5.1 Einstellen von Betriebsbereichen	27
1.3.5.2 Weitere Hinweise zur Dimensionierung von Pumpwerken	30
1.3.5.3 Beispiel – Dimensionierung einer Pumpenanlage	30

1.4	Grundlagen der stationären Gerinnehydraulik	30
1.4.1	Kennzeichen, Besonderheiten, Querschnittsarten	30
1.4.2	Fließzustand und Grenzverhältnisse	31
1.4.2.1	Die Bernoulli-Gleichung der Gerinneströmung	31
1.4.2.2	Berechnung der Grenzverhältnisse	32
1.4.2.3	Einführung der Froude-Zahl	33
1.4.3	Stationär-gleichförmige Bewegung	34
1.4.3.1	Allgemeine Betrachtung längs eines Gerinnes	34
1.4.3.2	Betrachtung am Gerinneabschnitt – Herleitung der DGL (Differenzialgleichung) der Spiegellinie	34
1.4.3.3	Ableitung einer Geschwindigkeitsformel	35
1.4.3.4	Gebrauchsformeln	36
1.4.3.5	Berechnung der Normalwassertiefe in Gerinnen	36
1.4.3.6	Teilfüllung im Kreisrohr	37
1.4.3.7	Andere Querschnittsformen	40
1.4.3.8	Beispiel – Fließtiefen im Kreisrohr	41
1.4.4	Ungleichförmige Bewegung	42
1.4.4.1	Herleitung der DGL (Differenzialgleichung) der ungleichförmigen Bewegung	42
1.4.4.2	Zusammenhang zwischen Fließtiefe und Energieliniengefälle nach de Chézy	43
1.4.4.3	Zusammenhang zwischen Fließtiefen- und Energiehöhenänderung nach Bernoulli	43
1.4.4.4	Beispiel – Ungleichförmiger Abfluss ohne Fließwechsel	44
1.4.4.5	Wasserspiegellagen	45
1.4.4.6	Fließwechsel vom Strömen zum Schießen – Durchlaufen der Grenzverhältnisse	46
1.4.4.7	Fließwechsel vom Schießen zum Strömen – Wechselsprung	46
1.4.4.8	Einfluss von Querschnittsänderungen auf den Abflussvorgang	48
1.4.4.9	Abschnittsweise Berechnung der Wasserspiegellage (Böß-Verfahren)	49
1.4.5	Ausbreitung von Störungen bei schießendem Abfluss	50
1.4.5.1	Störungswellen	50
1.4.5.2	Stau- und Sunkwellen	51
1.4.5.3	Ermittlung des Fließzustandes	51
1.4.6	Zusammenfassung Stationäre Gerinneströmung	52
1.4.6.1	Vorgehensweise bei der Ermittlung des Wasserspiegel- und Energielinienverlaufs	52
1.4.6.2	Beispiel – Ungleichförmiger Abfluss mit Fließwechsel	53
1.4.7	Diskontinuierliche Strömung	54
1.5	Sonderfälle im Abflussgeschehen	57
1.5.1	Instabilitäten beim Übergang zwischen Freispiegel- und Druckabfluss in überdeckten Gerinnen	57
1.5.2	Instationäre Gerinneströmung	57
1.5.2.1	Allgemeines	57
1.5.2.2	Saint-Venantsche Gleichungen für den instationären Gerinneabfluss	58
1.5.2.3	Abfluss von Hochwasserwellen	59
1.5.2.4	Sprunghafte Veränderungen des Durchflusses (Schwall und Sunk)	59
1.5.3	Mehrphasenströmungen	61
1.5.3.1	Luftaufnahme in Steilstrecken	61
1.5.3.2	Flachstrecken und Ablagerungen	62
1.6	Bauwerke in der Abwasserableitung	63
1.6.1	Entlastungsbauwerke	63
1.6.2	Abfluss unter Planschützen und Planschiebern	64
1.6.2.1	Freier Abfluss	64
1.6.2.2	Rückgestauter Abfluss	65
1.6.2.3	Beispiel – Freier Ausfluss unter einer Planschütze	65
1.6.3	Kontrollschächte	66
1.6.4	Bauwerke zur Überwindung von Höhenunterschieden und Energieumwandlung	68
1.6.4.1	Allgemeines	68
1.6.4.2	Absturz	68
1.6.4.3	Fallschacht	69
1.6.4.4	Wirbelfallschacht	70
1.6.5	Düker	70

1.7	Durchflussmessung	71
1.7.1	Zweck von Durchflussmessungen	71
1.7.2	Überblick über unterschiedliche Messprinzipien	71
1.7.2.1	Volumetrische Bestimmung	71
1.7.2.2	Ermittlung aus der Kontinuität	71
1.7.2.3	Einengungs- und Überfallbauwerke	71
1.7.3	Induktive Geschwindigkeits- bzw. Durchflussmessung	72
1.7.4	Messwehre	72
1.7.5	Venturi-Kanäle	72
1.7.5.1	Wirkungsprinzip	72
1.7.5.2	Dimensionierung	73
1.7.5.3	Kurz- oder Khafagi-Venturi	74
1.8	Berechnungsverfahren nach DWA	74
1.8.1	Geltende Vorschriften	74
1.8.2	Berechnungsbeispiel	75
2	Kanalnetzrechnung, Simulationsmodelle	77
2.1	Kanalsysteme der Stadt- und Siedlungsentwässerung	77
2.1.1	Grundsätze der Siedlungsentwässerung	77
2.1.2	Elemente von Systemen der Siedlungsentwässerung	78
2.1.3	Sonderbauwerke in Entwässerungssystemen	78
2.1.4	Regenentlastungsbauwerke in der Mischkanalisation	80
2.1.4.1	Funktion und Anwendung	80
2.1.4.2	Zielsetzung	81
2.1.4.3	Bemessung von Regenentlastungsbauwerken	81
2.2	Regenwasserbehandlung und Regenwasserrückhaltung	81
2.2.1	Regenwasserbehandlung	81
2.2.1.1	Begriffsdefinition	81
2.2.1.2	Notwendigkeit und Maßnahmen der Behandlung von Niederschlagswasser	82
2.2.2	Regenwasserrückhaltung	83
2.2.2.1	Funktion und Notwendigkeit von Regenrückhalteräumen	83
2.2.2.2	Bemessungs- und Nachweisverfahren	85
2.2.2.3	Regenwasserrückhaltung und Regenwasserbewirtschaftung	87
2.3	Grundsätze der Abflussberechnung	88
2.3.1	Schmutzwasser	88
2.3.1.1	Häusliches Schmutzwasser	88
2.3.1.2	Betriebliches Schmutzwasser	89
2.3.1.3	Summe des Schmutzwasserabflusses	90
2.3.2	Fremdwasser	90
2.3.3	Berechnung des Trockenwetterabflusses	91
2.3.4	Niederschlagsabfluss	91
2.3.4.1	Begriffe	91
2.3.4.2	Konventionelle Berechnung des Niederschlagsabflusses	91
2.4	Kanalnetzrechnung	93
2.4.1	Aufgabenstellung	93
2.4.2	Bearbeitungsschritte der Kanalnetzrechnung	94
2.4.2.1	Neuplanung	94
2.4.2.2	Sanierungsplanung für bestehende Kanalnetze	94
2.4.3	Wahl der Niederschlagsbelastung	94
2.4.3.1	Regenspendenlinie und Blockregen	94
2.4.3.2	Modellregen	95
2.4.3.3	Regenserien	96
2.4.4	Bemessungs- und Nachweiskriterien	96
2.4.4.1	Regenhäufigkeit	96
2.4.4.2	Überflutungshäufigkeit	97
2.4.4.3	Überstauhäufigkeit	97
2.4.5	Methoden der Kanalnetzrechnung	98
2.4.5.1	Begriffsbestimmungen	98
2.4.5.2	Fließzeitverfahren	98
2.4.5.3	Zeitbeiwertverfahren und einfache Listenrechnung	99
2.4.5.4	Abflussmodelle	99

2.5	Abflussmodelle zur Kanalnetzrechnung	100
2.5.1	Phasen des Niederschlagsabflussvorganges	100
2.5.2	Modellansätze zur Abflussbildung	101
2.5.3	Berechnung der Abflusskonzentration	102
2.5.3.1	Methodik der hydrologischen Abflussberechnung	102
2.5.3.2	Berechnung des Oberflächenabflusses	102
2.5.4	Modellierung des Kanalabflusses	103
2.5.4.1	Theoretische Grundlagen	103
2.5.4.2	Vereinfachte Kanalabflussberechnung	104
2.5.4.3	Besonderheiten	105
2.5.4.4	Einbeziehung der Sonderbauwerke	105
2.5.5	Hinweise zur Anwendung	105
2.5.5.1	Aussagefähigkeit und Gültigkeitsbereiche	105
2.5.5.2	Anmerkung zum Rechenaufwand	106
2.5.5.3	Datenaufwand	107
2.5.6	Prüfung der Berechnungsergebnisse	107
2.5.6.1	Belastungsdaten und Berechnungsparameter	107
2.5.6.2	Auswertung und Prüfung	108
2.6	Schmutzfrachtmodelle zur Kanalnetzrechnung	108
2.6.1	Veranlassung, Anwendung und Bedeutung	108
2.6.1.1	Aufgabenstellung	109
2.6.1.2	Schmutzfrachtberechnung als Nachweisverfahren nach ATV-Arbeitsblatt A 128	110
2.6.2	Phänomenbeschreibung Niederschlagsabflussverschmutzung	110
2.6.2.1	Teilprozesse in niederschlagsfreien Zeiten	112
2.6.2.2	Teilprozesse beim Niederschlagsabflussereignis	112
2.6.3	Modellierung der Abflussverschmutzung	112
2.6.3.1	Abflussverschmutzung – Allgemeines	112
2.6.3.2	Verschmutzung des Trockenwetterabflusses	112
2.6.3.3	Verschmutzung des Niederschlagsabflusses	112
2.6.3.4	Schmutzstofftransport im Kanalnetz	114
2.6.4	Einbeziehung der Sonderbauwerke	115
2.6.4.1	Allgemeines	115
2.6.4.2	Modelltechnische Behandlung	115
2.6.5	Anwendung der Schmutzfrachtberechnung	115
2.6.5.1	Anwendung als Nachweisverfahren	115
2.6.5.2	Berechnung des niederschlagsbedingten Schmutzfrachtaustrages aus der Kanalisation	116
2.6.6	Aussagefähigkeit und Ergebnisdarstellung	116
2.A	Anhang	117
2.A.1	Ergebnisdarstellung – Abflussmodelle	117
2.A.2	Ergebnisdarstellung – Schmutzfrachtmodelle	122
3	Regenwasserbewirtschaftung	127
3.1	Wohin mit dem Regenwasser? – Regenwasserbewirtschaftung im Rahmen der Entwässerungsplanung	127
3.2	Grundlagen der Planung und Bemessung	131
3.2.1	Hydrologische und siedlungsstrukturelle Bedingungen	131
3.2.1.1	Inhaltsstoffe von Niederschlagsabflüssen	131
3.2.1.2	Qualitative Anforderungen für die Versickerung von Niederschlagswasser	133
3.2.1.3	Einfluss örtlicher Randbedingungen	136
3.2.1.4	Generelle Empfehlungen	138
3.2.2	Bemessungsrelevante Eingangsgrößen	139
3.2.2.1	Niederschlags- und Verdunstungsdaten	139
3.2.2.2	Wahl der Häufigkeit des Bemessungsregens	140
3.2.2.3	Ermittlung der Abflüsse/Zuflüsse	140
3.2.2.4	Hydrogeologie	142
3.2.2.5	Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens	143

3.3	Planung von Bauwerken zur Regenwasserentlastung und Regenwasser- rückhaltung – Konventionelle Verfahren	144
3.3.1	Aufgaben, Ziele und Anforderungen	145
3.3.2	Grundsätze der Planung	146
3.3.2.1	Reduzierung des Regenwasseranfalls	146
3.3.2.2	Reduzierung des Schmutzwasseranfalls	147
3.3.2.3	Reduzierung des Fremdwasseranfalls	147
3.3.2.4	Bauwerke zur Regenwasserentlastung im Mischsystem	147
3.3.2.5	Konzeption von Entwässerungssystemen und Anordnung von Entlastungs- bauwerken	149
3.3.2.6	Entwicklungen und Alternativen	150
3.3.3	Grundlagendaten nach ATV-A 128	150
3.3.3.1	Planungshorizont	150
3.3.3.2	Planungsgebiet	151
3.3.3.3	Niederschlag	151
3.3.3.4	Undurchlässige Fläche	151
3.3.3.5	Fließzeit im Gebiet	151
3.3.3.6	Mittlere Geländeneigung	151
3.3.3.7	Mischwasserabfluss zur Kläranlage	151
3.3.3.8	Trockenwetterabfluss im 24h-Tagesmittel	152
3.3.3.9	Tagesspitze des Trockenwetterabfluss	152
3.3.3.10	Regenabfluss aus Trenngebieten	152
3.3.3.11	CSB-Konzentration im Trockenwetterabfluss	153
3.3.3.12	Fremdwasser	153
3.3.4	Bemessung von Regenwasserbehandlungsanlagen nach ATV-A 128	153
3.3.4.1	Abstimmung der Abwasser- und der Regenwasserbehandlung	154
3.3.4.2	Bemessungsschritte nach ATV-A 128	158
3.4	Einsatzbereiche, Bemessung und Gestaltung von Elementen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung	164
3.4.1	Vorbemerkungen	164
3.4.2	Versickerung	165
3.4.2.1	Einsatzbereiche verschiedener Anlagen	165
3.4.2.2	Flächenversickerung	166
3.4.2.3	Durchlässige Flächenversickerung	167
3.4.2.4	Muldenversickerung	167
3.4.2.5	Rohr- und Rigolenversickerung	168
3.4.2.6	Schachtversickerung	169
3.4.2.7	Beckenversickerung	170
3.4.3	Rückhaltung	171
3.4.3.1	Rückhalteräume	171
3.4.3.2	Einstau- und Gründächer	172
3.4.4	Einleitung in Oberflächengewässer	172
3.4.5	Vorbehandlung	173
3.4.5.1	Wahl der Vorbehandlung	173
3.4.5.2	Verschiedene Verfahren der Vorbehandlung	174
3.4.6	Regenwassernutzung	176
3.4.7	Kombinationslösungen	179
3.5	Konzepterstellung und Planung	179
3.5.1	Definition von Zielgrößen	179
3.5.2	Beschreibung des Ist-Zustandes	181
3.5.3	Festlegung des Handlungsbedarfs	181
3.5.4	Datenbedarf und -verarbeitung	181
3.5.5	Festlegung des konkreten Maßnahmenkatalogs zur Erfüllung der Zielgrößen	183
3.5.6	Festlegung des Maßnahmenkatalogs	184
3.5.7	Einbindung der Entwässerung in die städtebauliche Planung	184
3.5.8	Konkretisierung der Entwässerungsplanung und Einbindung in die Bebauungsplanung	186

3.6	Bauliche Umsetzung und Betrieb von Anlagen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung	187
3.6.1	Technische Aspekte der baulichen Umsetzung	187
3.6.1.1	Sicherstellung der Sickerfähigkeit des Untergrundes	188
3.6.1.2	Materialwahl im Hinblick auf den Boden- und Grundwasserschutz	188
3.6.1.3	Materialwahl in Abhängigkeit von Nutzungs- und Gestaltungsansprüchen	188
3.6.1.4	Topographie	189
3.6.2	Zeitliche Aspekte und Qualitätssicherung	189
3.6.2.1	Eingliederung in den Bauablauf	189
3.6.2.2	Zeitpunkt der Inbetriebnahme – Vegetation	189
3.6.2.3	Zeitpunkt der Inbetriebnahme – Gesamte Erschließungsmaßnahme	190
3.6.3	Kontrolle und Pflege	190
3.6.3.1	Wartung und Kontrolle	190
3.6.3.2	Instandhaltung und Wiederherstellung	191
3.6.3.3	Betriebliche Gesichtspunkte des Boden- und Grundwasserschutzes	192
3.7	Ökonomische Aspekte	192
3.7.1	Allgemeine Bewertung	192
3.7.2	Kostenangaben für Regenwasserversickerungsanlagen	194
3.7.3	Kostenangaben für Regenwassernutzungsanlagen	197
3.7.4	Abgaben	198
3.7.5	Fördermaßnahmen	198
3.8	Rechtliche Aspekte	199
3.8.1	EU-Recht	199
3.8.2	Bundesrecht	199
3.8.3	Landesrecht	200
3.8.3.1	Erlaubnispflicht und Erlaubnisfreiheit	201
3.8.3.2	Baurechtliche Genehmigung von Versickerungsanlagen	202
3.8.3.3	Baurechtliche Genehmigung von Regenwassernutzungsanlagen	202
3.8.4	Kommunalrecht	202
3.8.4.1	Kommunale Entwässerungssatzungen	202
3.8.4.2	Kommunales Gebührenrecht	203
3.A	Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen und Symbole	204
4	Sanierung	205
4.1	Anforderungen an die Sanierung	205
4.1.1	Allgemeines	205
4.1.2	Schäden, Schadensursachen, Schadensfolgen	205
4.1.2.1	Abnutzungsvorrat und Qualitätsverlauf	205
4.1.2.2	Ursachen und Folgen baulicher Schäden	207
4.1.2.3	Schadensbeispiel Wurzeleinwuchs	212
4.1.3	Generelle Anforderungen	213
4.1.3.1	Betriebliche Anforderungen	213
4.1.3.2	Hydraulische Anforderungen	213
4.1.3.3	Umweltrelevante Anforderungen	214
4.1.3.4	Bauliche Anforderungen	214
4.1.3.5	Flussgebiets-Management	214
4.1.3.6	Normung, Richtlinien und Zulassungen	216
4.1.4	Praxisbeispiel – IKT-Warentest	218
4.2	Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung	219
4.2.1	Zustandserfassung	220
4.2.2	Praktische Umsetzung der Zustandserfassung	221
4.2.2.1	Vorbereitende Maßnahmen	221
4.2.2.2	Durchführung	221
4.2.2.3	Ausrüstung	222
4.2.3	Dokumentation und Beschreibung	223
4.2.3.1	Dokumentation des Zustandes der Kanalisation	223
4.2.3.2	Beschreibung	223
4.2.3.3	Inspektion und Dokumentation des Zustandes von Anschlusskanälen und Schächten	224
4.2.4	Zustandsklassifizierung und -bewertung	224
4.2.5	Grenzen der optischen Inspektion	225
4.2.6	Praxisbeispiel Schachtinspektion	226

4.3	Planung der Sanierung	228
4.3.1	Vorplanung	230
4.3.2	Feststellung und Beurteilung des Istzustandes	230
4.3.2.1	Erfassung und Beurteilung der vorhandenen Informationen	230
4.3.2.2	Aktualisierung des Kanalkatasters	230
4.3.3	Erarbeitung der Lösungen	232
4.3.3.1	Erarbeitung ganzheitlicher Lösungen	232
4.3.3.2	Beurteilung der Lösungen	232
4.3.3.3	Erstellung des Sanierungsplans	232
4.3.4	Praxisbeispiele: Sanierung privater und öffentlicher Netze	232
4.4	Sanierungsstrategien	235
4.4.1	Substanzwertstrategie	235
4.4.2	Gebietsbezogene Strategie	236
4.4.3	Zustandsstrategie	236
4.4.4	Mehrspartenstrategie	236
4.4.5	Feuerwehrstrategie	236
4.5	Technische Sanierungsansätze	236
4.5.1	Erarbeitung ganzheitlicher Lösungen	236
4.5.2	Hydraulische Sanierung	236
4.5.3	Umweltrelevante Sanierung	237
4.5.4	Bauliche Sanierung	237
4.6	Reparatur	238
4.6.1	Einteilung der Verfahren	238
4.6.2	Innenmanschetten in nicht begehbaren Kanälen	239
4.6.2.1	Verfahrensmöglichkeiten	239
4.6.2.2	Örtlich erhärtende, reaktionsharzgetränkte Gewebemanschetten	239
4.6.3	Injektionsverfahren – Allgemeines	240
4.6.3.1	Injektionsmittel	240
4.6.3.2	Wirkung der Injektionsmittel auf das Grundwasser	241
4.6.4	Injektion von Außen	241
4.6.5	Injektion von Innen	242
4.6.5.1	Boden- und/oder Hohlrauminjektion	242
4.6.5.2	Rissinjektion	243
4.6.5.3	Injektion von Rohrverbindungen	243
4.6.6	Verfahren zur Abdichtung von Kanalabschnitten	244
4.6.7	Praxisbeispiel Sanierung von Anschlussstutzen	245
4.6.7.1	Schäden	245
4.6.7.2	Reparatur	245
4.7	Renovierung	247
4.7.1	Beschichtungsverfahren	247
4.7.1.1	Mörtelbeschichtung	247
4.7.1.2	Polyurethanbeschichtung	249
4.7.1.3	Verfahrenstechniken	250
4.7.2	Auskleidung von Kanälen – Verfahren und Anforderungen	251
4.7.2.1	Einteilung der Auskleidungsverfahren – Begriffsdefinition	251
4.7.2.2	Anforderungen	253
4.7.2.3	Auskleidung mit montierten Einzelelementen	253
4.7.2.4	Auskleidung mit Rohren	255
4.7.3	Rohrrelining – Auskleidung mit vorgefertigten Rohren	255
4.7.3.1	Konventionelle Rohrstrangverfahren	256
4.7.3.2	Weiterentwickelte Rohrstrangverfahren	257
4.7.3.3	Einzelrohr-Lining	260
4.7.4	Wickelrohrverfahren – Auskleidung mit örtlich hergestellten Rohren	261
4.7.5	Schlauchverfahren – Auskleidung mit örtlich hergestellten und erhärtenden Rohren	262
4.8	Erneuerung	265
4.8.1	Notwendigkeit und Umsetzung der Erneuerung	265
4.8.2	Erneuerung in geschlossener Bauweise	265
4.8.2.1	Überfahren	266
4.8.2.2	Berstverfahren	266
4.8.2.3	Praxisbeispiel Berstlining	267

4.9	Auswahlkriterien für Verfahren zur baulichen Sanierung	268
4.9.1	Entscheidungsprozess zur Verfahrensauswahl	268
4.9.2	Reparatur – Renovierung – Erneuerung	269
4.9.3	Auswahlkriterien Wirtschaftlichkeit und Lebenszyklus	270
5	Druck-, Unterdruck- und Absetzentwässerung	273
5.1	Abwasserableitung in dünn besiedelten Gebieten	273
5.1.1	Verfahren	273
5.1.2	Ökonomische Aspekte der Abwasserableitung in ländlichen Gebieten	273
5.1.3	Regeln der Technik – Arbeitsblatt DWA A 116	273
5.2	Unterdruckentwässerung	274
5.2.1	Anwendungsbereich	274
5.2.2	Normative Verweisungen	274
5.2.3	Definitionen	274
5.2.4	Systembeschreibung	274
5.2.4.1	Allgemeines	274
5.2.4.2	Hausanschlusschächte	275
5.2.4.3	Verlegung der Unterdruckleitungen	276
5.2.4.4	Unterdruckstation	276
5.2.5	Anforderungen	276
5.2.5.1	Satzungsfragen	276
5.2.5.2	Allgemeine Anforderungen	276
5.2.5.3	Besondere Anforderungen an Komponenten	276
5.2.5.4	Anforderungen an die Planung	277
5.2.6	Leitungsverlegung	281
5.2.7	Prüfungen	281
5.2.8	Inbetriebnahme – Abnahme – Wartung	281
5.2.9	Kosten	281
5.2.10	Betriebserfahrungen	281
5.3	Druckentwässerung	282
5.3.1	Systembeschreibung	282
5.3.1.1	Hausanschluss und Druckluftspülstation	282
5.3.1.2	Sammeldruckrohrleitungen	283
5.3.2	Anforderungen	284
5.3.3	Hydraulische Berechnung	284
5.3.3.1	Bemessungsparameter	284
5.3.3.2	Bemessung des Rohrnetzes und der Pumpen	285
5.3.3.3	Bemessung der Druckluftspülstation	285
5.3.4	Ausführung und Betrieb	286
5.3.4.1	Eingesetzte Werkstoffe und Betrieb/Wartung	286
5.3.4.2	Kosten	286
5.3.4.3	Betriebserfahrungen	286
5.3.4.4	Neuere Entwicklungen	286
5.3.5	Entwässerungssatzung	286
5.4	Druckluftgespülte Abwassertransportleitungen	287
5.4.1	Allgemeines	287
5.4.2	Hydraulische Förderanlagen mit Druckluftspülung	287
5.4.2.1	Verfahrensbeschreibung	287
5.4.2.2	Ausführung und Betrieb	288
5.4.3	Pneumatische Förderanlagen	288
5.4.3.1	Verfahrensbeschreibung	288
5.4.3.2	Betrieb und Einsatz	288
5.4.4	Gefälledruckleitungen mit Druckluftspülung	289
5.4.4.1	Verfahrensbeschreibung	289
5.4.4.2	Ausführung und Betrieb	289
5.4.5	Dükerleitungen mit Druckluftspülung	289
5.5	Europäische Normung – Druck- und Unterdruckentwässerung	290
5.5.1	CEN/TC 165/WG 23 „Druck- und Unterdruck-Entwässerungssysteme“	290
5.5.2	Europäische Norm Unterdruckentwässerung	290
5.5.2.1	Entwicklung und Anwendungsbereiche der europäischen Norm DIN EN 1091	290
5.5.2.2	Gliederung der europäischen Norm DIN EN 1091	291
5.5.2.3	Inhalt der europäischen Norm DIN EN 1091	291
5.5.2.4	Wertung – Vergleich mit Arbeitsblatt A 116 alt	292

5.5.3	Europäische Norm Druckentwässerung	292
5.5.3.1	Entwicklung der europäischen Norm EN 1671	292
5.5.3.2	Inhalt der europäischen Norm EN 1671 – Bezug zur ATV-A 116	292
5.5.3.3	Wertung – Vergleich der europäischen Norm mit Arbeitsblatt A 116 alt	293
5.6	Absetzentwässerung – Weiterentwicklung für die Entwässerung dünn besiedelter Gebiete	293
5.6.1	Entwicklung des Verfahrens	293
5.6.1.1	Einleitung	293
5.6.1.2	Ursachen für Modifikationen der herkömmlichen Kanalisationstechnik	293
5.6.1.3	Entwicklung und Begriffsbestimmungen	294
5.6.2	Systembeschreibung	294
5.6.2.1	Hausanschlüsse und Absetzgruben	295
5.6.2.2	Kanalisation	296
5.6.3	Entwurfskriterien	296
5.6.3.1	Gefälle und Mindestüberdeckung	296
5.6.3.2	Hydraulische Berechnung	296
5.6.3.3	Reinigungsöffnungen und Schächte	297
5.6.3.4	Anlagen zur Abwasserreinigung	297
5.6.3.5	Vergleich der Entwurfskriterien für die konventionelle Entwässerung und die Absetzentwässerung	297
5.6.4	Betrieb und Betriebserfahrungen	298
5.6.4.1	Absetzgruben und Kanalspülung	298
5.6.4.2	Geruchs- und Korrosionsprobleme	298
5.6.4.3	Das Beispiel Aurich	298
5.7	Zusammenfassung	298
6	Fremdwasser	299
6.1	Begriffsdefinitionen	299
6.1.1	Fremdwasser – Einordnung in die Abwassertechnik	299
6.1.1.1	Das Fremdwasser in rechtlicher Hinsicht	299
6.1.1.2	Der Begriff Fremdwasser in technischer Hinsicht	299
6.1.2	Herkunft des Fremdwassers, Fremdwasserarten	300
6.2	Fremdwasseranfall	300
6.2.1	Richtwerte für die rechnerische Ermittlung des Fremdwasseranfalls	300
6.2.1.1	Fremdwasser bei der Bemessung von Schmutz- und Mischwasserkanälen	301
6.2.1.2	Fremdwasseranfall für die Bemessung von Mischwasserentlastungsanlagen beim Mischverfahren	301
6.2.1.3	Fremdwasseranfall bei der Bemessung von Abwasserreinigungsanlagen	302
6.2.2	Die Messung des Fremdwasseranfalles	302
6.2.2.1	Ermittlung des Fremdwassers bei Trockenwetter mittels Messungen des Nachtabflusses	302
6.2.2.2	Ermittlung des Fremdwassers bei Trockenwetter mit der Jahresschmutzwasser- methode	303
6.2.2.3	Ermittlung des Fremdwassers bei Trockenwetter mit der Dreiecksmethode	303
6.2.2.4	Ermittlung des Fremdwassers bei Trockenwetter mit der Methode des gleitenden Minimums	304
6.2.2.5	Ermittlung des Fremdwassers bei Trockenwetter mit der chemischen Methode ...	304
6.2.2.6	Ermittlung des Niederschlags-Fremdwassers in Schmutzwasserkanälen von Trennkanalisationen	305
6.2.3	Der Fremdwasseranfall in der Praxis	305
6.3	Wirkungen des Fremdwassers in der Kanalisation	305
6.3.1	Negative Auswirkungen des Fremdwassers im Mischwasserkanal	306
6.3.1.1	Niederschlags-Fremdwasser	306
6.3.1.2	Grundwasser-Fremdwasser	307
6.3.2	Negative Auswirkungen des Fremdwassers im Schmutzwasserkanal	307
6.4	Wirkungen des Fremdwassers bei der Abwasserreinigung	308
6.4.1	Auswirkungen auf die hydraulische Situation	308
6.4.2	Auswirkungen auf die Abwasserbeschaffenheit	308
6.4.2.1	Einfluss der Fremdwassertemperatur	308
6.4.2.2	Auswirkungen von Inhaltsstoffen des Fremdwassers	309
6.4.2.3	Einfluss auf die Säurekapazität und den pH-Wert	310
6.4.3	Einfluss des Fremdwassers auf die biologische und die chemische Reinigung ...	310
6.4.4	Abgabenrechtliche Auswirkungen	311

6.5	Maßnahmen gegen Fremdwasser	311
6.5.1	Präventive Maßnahmen gegen Fremdwasser	311
6.5.1.1	Maßnahmen gegen Niederschlags-Fremdwasser	311
6.5.1.2	Maßnahmen gegen Grundwasser-Fremdwasser	312
6.5.2	Nachträgliche Sanierung bei Fremdwasserzuflüssen	312
6.5.2.1	Niederschlags-Fremdwasser auf Grund von Fehlanschlüssen	312
6.5.2.2	Zufluss von Niederschlags-Fremdwasser über die Schachtdeckel	313
6.5.2.3	Grundwasser-Fremdwasser	313
7	Gebäude- und Grundstücksentwässerung	315
7.1	Grundlagen	315
7.1.1	Begriffsbestimmungen	315
7.1.2	Rechtliche Grundlagen	315
7.1.3	Normen für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung	315
7.1.3.1	DIN EN 12056 Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden	316
7.1.3.2	DIN EN 752 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden	316
7.1.3.3	DIN 1986 Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke	316
7.1.4	Geltungsbereiche der Normen	317
7.1.5	Anlagegrundsätze	317
7.1.5.1	Energie- und Wasserverbrauch	317
7.1.5.2	Schwerkraftentwässerung	317
7.1.5.3	Trenn- und Mischsystem	317
7.1.5.4	Allgemeine Anforderungen	318
7.1.5.5	Schutzziele	318
7.1.5.6	Brandschutz	318
7.1.5.7	Schallschutz	318
7.1.5.8	Frostschutz	318
7.1.5.9	Dichtheit	318
7.1.6	Leitungsbezeichnungen	319
7.1.7	Leitungswerkstoffe nach DIN 1986-4	320
7.2	Lüftungssysteme und Belüftungsventile	322
7.2.1	Zweck und Funktion der Lüftung bei Entwässerungsanlagen	322
7.2.2	Grundsätze zur Lüftung von Entwässerungsanlagen	323
7.2.3	Lüftungssysteme	323
7.2.3.1	Hauptlüftung	323
7.2.3.2	Sammel-Hauptlüftung	323
7.2.3.3	Nebenlüftung	323
7.2.3.4	Umlüftung	323
7.2.4	Belüftungsventile	324
7.2.5	Bemessung von Lüftungsleitungen	324
7.2.5.1	Bemessung von Hauptlüftungsleitungen	324
7.2.5.2	Bemessung von Sammelhauptlüftungsleitungen	324
7.2.5.3	Bemessung von Neben- und Umlüftungsleitungen	325
7.3	Verlegeregeln für Abwasserleitungen	326
7.3.1	Allgemeine Verlegerichtlinien	326
7.3.2	Gefälle der Leitungen	326
7.3.2.1	Gefälleberechnung	326
7.3.2.2	Gefälle, Füllungsgrad und Fließgeschwindigkeit von Abwasserleitungen nach DIN 1986-100	327
7.3.3	Geruchverschlüsse	327
7.3.4	Schutz gegen Überflutung	328
7.3.4.1	Balkonentwässerungen	328
7.3.5	Regenwasserableitung kleiner Flächen	328
7.3.6	Grundsätze für die Verlegung liegender Leitungen	328
7.3.7	Reinigungsrohre / Reinigungsverschlüsse	329
7.3.8	Verlegeregeln gegen Rückspülungen usw.	329
7.3.9	Physikalische Grundlagen zur Verlegung und Bemessung von Schmutzwasser- Falleitungen	330
7.3.9.1	Verlegeregeln für Falleitungen	331
7.3.9.2	Verhinderung von Ein- und Überspülungen	332
7.3.9.3	Verziehungen und Umlenkungen von Falleitungen	333

7.4	Schutz gegen Rückstau	336
7.4.1	Allgemeine Richtlinien nach DIN EN 12056 und DIN 1986	336
7.4.1.1	Was ist Rückstau?	336
7.4.1.2	Welche Teile einer Entwässerungsanlage sind rückstaugefährdet?	336
7.4.1.3	Was ist die Rückstauenebene und wo liegt sie ?	336
7.4.2	Rückstauverschlüsse, Funktion und Typen	336
7.4.2.1	Typ 0 bis Typ 3	336
7.4.2.2	Typ 4 und 5	337
7.4.2.3	Rückstauverschlüsse, Verwendungsbereiche in Deutschland	337
7.4.2.4	Besondere Rückstauverschlüsse	337
7.4.3	Hebeanlagen – Allgemeine Grundlagen	338
7.4.3.1	Was ist eine Abwasserhebeanlage?	338
7.4.3.2	Aufstellräume für Abwasserhebeanlagen	338
7.4.3.3	Doppelanlagen	338
7.4.3.4	Leistungsanschlüsse	338
7.4.3.5	Leistungsbemessung	339
7.4.3.6	Lüftung	339
7.4.4	Hebeanlagen zur begrenzten Verwendung	340
7.4.5	Bemessung von Hebeanlagen nach DIN EN 12056-4	341
7.4.5.1	Druckverluste in Armaturen und Formstücken $H_{V,A}$	342
7.4.5.2	Rohrreibungsverluste $H_{V,R}$	343
7.4.5.3	Bemessung des Nutzvolumens	344
7.5	Abscheideranlagen – Rückhalten schädlicher Stoffe	344
7.5.1	Grundsätze	344
7.5.1.1	Allgemeine Vorschriften	344
7.5.1.2	Normen für Abscheideranlagen	344
7.5.2	Leichtflüssigkeitsabscheider	345
7.5.2.1	Abscheideranlage	345
7.5.2.2	Abscheiderklassen	345
7.5.2.3	Einsatzzweck der Abscheideranlage	345
7.5.2.4	Anschluss und Einbau	345
7.5.2.5	Komponenten einer Abscheideranlage	345
7.5.2.6	Funktionsbeschreibung und Bauarten	346
7.5.3	Bemessung von Leichtflüssigkeitsabscheidern	347
7.5.3.1	Nenngrößen (NS)	347
7.5.3.2	Erschwernisfaktor f_x	347
7.5.3.3	Dichtefaktor f_d	347
7.5.3.4	Schmutzwasserzufluss	347
7.5.3.5	Regenwasserzufluss (Q_r)	348
7.5.4	Heizölsperren	348
7.5.5	Fettabscheider	348
7.5.5.1	Anschluss und Einbau	349
7.5.5.2	Lüftung	349
7.5.5.3	Funktionsbeschreibung	349
7.5.5.4	Bauarten	349
7.5.6	Bemessung von Fettabscheidern	350
7.5.6.1	Nenngrößen (NS)	350
7.5.6.2	Maximaler Schmutzwasserabfluss	350
7.5.6.3	Schmutzwasserabfluss auf der Grundlage der Kücheneinrichtung	350
7.5.6.4	Schmutzwasserabfluss auf der Grundlage der Art des Betriebes	351
7.5.6.5	Stoßbelastungsfaktor F	351
7.5.6.6	Temperaturfaktor f_t	352
7.5.6.7	Dichtefaktor f_d	352
7.5.6.8	Erschwernisfaktor f_r	352
7.5.7	Bemessungsbeispiel	352
7.6	Bemessung von Schmutzwasserleitungen	353
7.6.1	Bemessungsgrundsätze für Schmutzwasserleitungen	353
7.6.2	Begriffe für die Bemessung nach DIN EN 12056-2	353
7.6.3	Bemessung des Schmutzwasserabflusses	353
7.6.4	Typische Abflusskennzahlen (K)	354
7.6.5	Gesamtschmutzwasserabfluss (Q_{tot})	354
7.6.6	Ermittlung des Schmutzwasserabflusses	354
7.6.7	Bemessung von unbelüfteten Anschlussleitungen	354

7.6.8	Bemessung von belüfteten Anschlussleitungen	355
7.6.9	Anwendungsbereiche der Nennweite 80 / 90	356
7.6.10	Bemessung von Schmutzwasser-Falleitungen	356
7.6.10.1	Gesonderte Küchen-Falleitungen	356
7.6.10.2	Bemessung von Schmutzwasser-Falleitungen (Abzweigtypen)	356
7.6.11	Bemessung von Grund- und Sammelleitungen	357
7.6.11.1	Begriffe – Grundleitung/Sammelleitung	357
7.6.11.2	Bemessungsgrundlagen für Grund- und Sammelleitungen	357
7.6.11.3	Hinweise zur Bemessung von Grund- und Sammelleitungen	357
7.6.11.4	Bemessungstabellen für Grund- und Sammelleitungen	358
7.6.12	Leitungsbemessung nach einem Hebeanlagenanschluss	360
7.6.12.1	Anschluss mehrerer Hebeanlagen	360
7.6.12.2	Bemessungsregenspende bei Hebeanlagen für Regenwasser	360
7.6.13	Bemessungsbeispiel Schmutzwasserleitungen	361
7.6.13.1	Anschlussleitungen eines Komfortbades in einem Einfamilienhaus	361
7.6.13.2	Beispiele zur Bemessung von Falleitungen	362
7.6.13.3	Beispiel der Bemessung einer Sammelleitung eines Bürogebäudes	362
7.7	Bemessung von Regenwasserleitungen	363
7.7.1	Bemessungsgrundsätze für Regenwasserleitungen	363
7.7.1.1	Allgemeines	363
7.7.1.2	Regenwasserabfluss	363
7.7.1.3	Berechnungsregenspende	363
7.7.2	Abflussbeiwerte C zur Ermittlung des Regenwasserabflusses	364
7.7.3	Beispiele für Regenereignisse in Deutschland	365
7.7.4	Erforderliche Stauhöhe am Dachablauf	365
7.7.5	Abflussvermögen von Regenfalleitungen	365
7.7.6	Bemessungsbeispiel Regenwasserleitungen	366
7.8	Bemessung von Mischwasserleitungen	367
7.8.1	Bemessungsregeln	367
7.8.2	Bemessungsbeispiel	367
Literaturverzeichnis		369
Glossar		387
Stichwortverzeichnis		405