

Abwassertechnik

Von Dipl.-Ing. Wolfgang Bischof
Professor a. D. der Fachhochschule Kiel
Fachbereich Bauwesen in Eckernförde

11., neubearbeitete und erweiterte Auflage
Mit 561 Bildern, 202 Tafeln
und zahlreichen Beispielen



B.G. Teubner Stuttgart · Leipzig 1998

Inhalt

1	Arten und Mengen des Abwassers	1
1.1	Arten und Begriffe	1
1.2	Menge des Schmutzwassers	2
1.2.1	Haushaltungen	2
1.2.2	Gewerbe, Industrie, öffentliche Einrichtungen und Fremdwasser	4
1.3	Menge des Regenwassers	10
1.3.1	Regenspende	10
1.3.2	Zeitbeiwert	12
1.3.3	Berechnungsregen, Bemessungshäufigkeiten	15
1.3.4	Abflußbeiwert, Abflußbildung	17
1.4	Abflußmenge in der Leitung	23
1.4.1	Flutlinien	23
1.4.2	Summenlinienverfahren mit festem Berechnungsregen und geschätzter Fließzeit	25
1.4.3	Summenlinienverfahren	27
1.4.4	Allgemeine Mängel der Verfahren	29
1.4.5	Summenlinienverfahren mit Berücksichtigung der Speicherwirkung	30
1.4.6	Zeitbeiwertverfahren	34
1.4.7	Berechnungsverfahren mit dem Zeitabflußfaktor	37
1.4.8	Vergleich und Anwendung der hydrologischen Berechnungsverfahren	41
1.4.9	Berechnungsverfahren mit Datenverarbeitung (hydrodynamische Verfahren)	42
1.5	Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser	49
1.6	Hydraulische Grundlagen (nach ATV-A 138)	53
2	Grundlagen des Entwässerungsentwurfs	55
2.1	Vorerhebungen	55
2.2	Grundstücksentwässerung	55
2.2.1	Arten der Grundstücksentwässerung	55
2.2.2	Anschlußkanal	57
2.2.3	Grundleitungen	60
2.2.4	Kontrollschächte	60
2.2.5	Falleleitungen	61
2.2.6	Rohrweiten der Grundstücksentwässerungsleitungen	61
2.2.7	Sonstige Einrichtungen der Grundstücksentwässerung	68
2.3	Entwässerungsverfahren	76
2.3.1	Mischverfahren	76
2.3.2	Trennverfahren	76
2.3.3	Vor- und Nachteile beider Verfahren	77
2.4	Querschnittsformen der Leitungen	81
2.4.1	Kreisprofil	81
2.4.2	Eiprofil	81

	Inhalt	V
2.4.3	Maulprofil	81
2.5	Hydraulische Berechnung der Leitungen	81
2.5.1	Kontinuitätsgleichung	81
2.5.2	Empirische Geschwindigkeitsformeln	83
2.5.3	Geschwindigkeitsformel nach Prandtl-Colebrook	86
2.5.4	Teilfüllung	92
2.5.5	Berechnungsbeispiele	98
2.5.6	Offene Kanäle (Gerinne)	99
2.6	Entwurf einer Ortsentwässerung	101
2.6.1	Begrenzung des Entwässerungsgebietes	101
2.6.2	Beschaffenheit des Entwässerungsgebietes	101
2.6.3	Vorüberlegung zu den Hauptteilen einer Ortsentwässerung	101
	2.6.3.1 Kläranlage und Abwasserpumpwerke – 2.6.3.2 Leitungsnetz – 2.6.3.3 Lage der Leitungen im Straßenkörper – 2.6.3.4 Tiefenlage der Leitungen – 2.6.3.5 Gefälle	
2.7	Bearbeiten eines Entwässerungsentwurfs	112
2.7.1	Planbeschaffung	112
2.7.2	Geländebegehung, generelle örtliche Erkundung	113
2.7.3	Vermessungsarbeiten	113
2.7.4	Generelle Lösung der Entwurfsaufgabe	113
2.7.5	Eintragen der Kanalachsen im Lageplan	113
2.7.6	Aufteilen des Entwässerungsgebietes	114
2.7.7	Vorkotierung der Kanäle im Lageplan	114
2.7.8	Zeichnen der Längsschnitte	119
2.7.9	Hydraulische Berechnung	119
2.7.10	Ergänzung und Korrektur der Längsschnitte und des Lageplans	121
2.7.11	Massenermittlung	128
2.7.12	Leistungsbeschreibungen und Kostenvoranschlag	128
2.7.13	Erläuterungsbericht	129
2.7.14	Bestandspläne	130
2.8	Statische Berechnung von Entwässerungsleitungen	131
2.8.1	Baugrubenbreite	131
2.8.2	Rohrbelastung	133
2.8.3	Lagerungsfälle	140
2.8.4	Sicherheitsbeiwerte	142
2.8.5	Tragfähigkeitsnachweis	143
2.8.6	Berechnungsbeispiel	144
2.8.7	Spannungsnachweis	146
2.8.8	Berechnungsbeispiel	148
2.8.9	Verformungsnachweis	151
2.8.10	Berechnungsbeispiel	153
3	Bauliche Gestaltung von Entwässerungsanlagen	155
3.1	Baustoffe der Entwässerungsleitungen	155
3.1.1	Steinzeug	155
3.1.2	Beton	164
3.1.3	Rohrverbindungen für Steinzeugrohre nach DIN 1230 und Betonrohre nach DIN 4032 3.1.3.1 Rohrverbindungen für Muffenrohre – 3.1.3.2 Rohrverbindungen für Falzrohre	170
3.1.4	Stahlbetonrohre und Stahlbetondruckrohre (DIN 4035)	172
3.1.5	Mauerwerk	174
3.1.6	Faserzementrohre (FZ)	175

VI Inhalt

3.1.7	Kunststoffrohre	176
3.1.7.1	Kunststoffrohre mit Profilwand – 3.1.7.2 Glasfaserverstärkte Kunststoffrohre (GFK-Rohre)	
3.1.8	Stahlrohre	179
3.1.9	Gußeiserne Rohre (GGG)	179
3.1.10	Rohre aus Verbundwerkstoffen	182
3.1.10.1	Beton-Keramik-Rohr (BK-Rohr) – 3.1.10.2 Beton-Kunststoff-Rohr	
3.1.11	Bauvolumen und Abschreibungssätze	182
3.2	Leitungsbau	184
3.2.1	Offene Bauweisen	184
3.2.1.1	Vermessungsarbeiten – 3.2.1.2 Bodenaushub – 3.2.1.3 Einsteifen der Baugrube – 3.2.1.4 Rohrlagerung – 3.2.1.5 Verlegen von Leitungen und Einrichten der Rohre	
3.2.2	Geschlossene Bauweisen, Grabenloses Bauen	196
3.2.2.1	Horizontal-Bohrgerät zum Unterbohren kurzer Strecken – 3.2.2.2 Geschlossene Bauweise im Messervortrieb, Kölner Verbau und Rohrvortriebsverfahren – 3.2.2.3 Vortriebsverfahren	
3.2.3	Steilstrecken und Absturzbauwerke	204
3.2.4	Wasserhaltung	210
3.2.4.1	Offene Wasserhaltung – 3.2.4.2 Grundwasserabsenkung durch Brunnen – 3.2.4.3 Grundwasserabsenkung durch das Vakuumverfahren – 3.2.4.4 Grundwasserabsenkung durch Elektro-Osmose-Verfahren – 3.2.4.5 Stabilisierung nicht stehender Böden unter gleichzeitiger Grundwasserhaltung durch das Gefrierverfahren oder durch chemische Verfestigung	
3.3	Bauwerke der Ortsentwässerung	213
3.3.1	Straßenabläufe	213
3.3.2	Schachtbauwerke	216
3.3.2.1	Einsteigschächte – 3.3.2.2 Einlaufbauwerke – 3.3.2.3 Umleitungs- und Verbindungsbauwerke – 3.3.2.4 Absturzbauwerke im Rahmen eines Kanalzuges – 3.3.2.5 Konstruktionsanleitung für Schachtbauwerke – 3.3.2.6 Fertigteilschächte (Systemschächte)	
3.3.3	Regenentlastungsbauwerke in Mischwasserkanälen	229
3.3.3.1	Planungsgrundlagen, Abflüsse nach ATV-A 128 – 3.3.3.2 Berechnungsbeispiele zur Ermittlung der Bemessungsdaten – 3.3.3.3 Regenüberlaufbauwerke (RÜ) – 3.3.3.4 Regenwasserbecken – 3.3.3.5 Bemessung von Regenwasserbecken	
3.3.4	Kreuzungsbauwerke	263
3.3.4.1	Düker – 3.3.4.2 Heber – 3.3.4.3 Rohrbrücken – 3.3.4.4 Bahnkreuzungen	
3.3.5	Abwasserhebung	270
3.3.5.1	Pumpen und Antriebsmaschinen – 3.3.5.2 Pumpwerksarten – 3.3.5.3 Bau von Abwasserpumpwerken – 3.3.5.4 Berechnung von Abwasserpumpwerken – 3.3.5.5 Berechnungsbeispiel – 3.3.5.6 Abwasserdruckrohrleitungen – 3.3.5.7 Ausführungsbeispiele größerer Abwasserpumpwerke – 3.3.5.8 Pneumatische Abwasserförderung – 3.3.5.9 Entwässerungssysteme im Druck-, Vakuumverfahren, durch Stufenentwässerung oder durch Gefälledruckentwässerung	
3.3.6	Unterhaltung, Betrieb und Sanierung der Entwässerungsanlagen	311
3.3.6.1	Unterhaltung und Betrieb – 3.3.6.2 Sanierung	
4	Abwasserreinigung	319
4.1	Grundlagen der Abwasserreinigung	319
4.1.1	Wirkung von Abwassereinleitungen auf die Gewässer	319
4.1.2	Zusammensetzung des Abwassers	323
4.1.3	Parameter der Abwasserverschmutzung	325
4.1.4	Abwasserabgabegesetz (AbwAG)	333

4.2	Anforderungen an die Abwasserbehandlung	334
4.2.1	Grenzwerte für Abwassereinleitungen	334
4.2.1.1	Mindestanforderungen – 4.2.1.2 Wasserrechtlicher Bescheid – 4.2.1.3 Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	
4.2.2	Belastung des Vorfluters	338
4.2.3	Selbstreinigung des Vorfluters	339
4.2.4	Berechnungsbeispiele	341
4.2.5	Einleiten von Abwasser in Seen und Küstengewässer	345
4.2.6	Reinigungswirkung von Kläranlagen	346
4.2.7	Abwasserreinigungsverfahren	348
4.3	Bestandteile einer Kläranlage und Kosten der Abwasserentsorgung	349
4.3.1	Bestandteile einer Kläranlage	349
4.3.2	Kosten der Abwasserentsorgung	356
4.3.2.1	Baukosten – 4.3.2.2 Betriebskosten – 4.3.2.3 Möglichkeiten zur Kostensenkung – 4.3.2.4 Die Abwassergebühr – 4.3.2.5 Jährlicher Kostenaufwand	
4.4	Mechanische Abwasserreinigung	365
4.4.1	Absetzen und Flotation	365
4.4.1.1	Absetzen von körnigen Stoffen – 4.4.1.2 Absetzen von Flocken	
4.4.2	Siebe und Rechen	367
4.4.2.1	Siebe – 4.4.2.2 Stabrechen – 4.4.2.3 Maschinell bediente Rechen – 4.4.2.4 Berechnung von Stabrechen	
4.4.3	Sandfänge	376
4.4.3.1	Langsandfang – 4.4.3.2 Tiefsandfang – 4.4.3.3 Rundsandfang – 4.4.3.4 Hydrozyklon	
4.4.4	Absetzbecken	391
4.4.4.1	Flachbecken – 4.4.4.2 Trichterbecken – 4.4.4.3 Rundbecken mit zentral angetriebenem Rührer – 4.4.4.4 Zweistöckige und kombinierte Absetzanlagen	
4.4.5	Flotationsbecken	408
4.4.6	Berechnung von Absetzbecken	412
4.4.6.1	Durchflußzeiten – 4.4.6.2 Flächenbeschickung – 4.4.6.3 Beckentiefe – 4.4.6.4 Parallelplattenabscheider (Lamellenseparator) – 4.4.6.5 Berechnungsbeispiele	
4.5	Biologische Abwasserreinigung	423
4.5.1	Festbettkörperv Verfahren (Biofilmverfahren)	424
4.5.1.1	Berechnung von Tropfkörpern nach ATV-A 135 – 4.5.1.2 Bau und Betrieb der Tropfkörper – 4.5.1.3 Berechnungsbeispiele – 4.5.1.4 Weitere Überlegungen zur Bemessung und Ausbildung von Tropfkörpern – 4.5.1.5 Kunststofftropfkörper (KTK) – 4.5.1.6 Tropfkörper bei zwei biologischen Reinigungsstufen – 4.5.1.7 Getauchte Festbettkörper	
4.5.2	Belebungsverfahren	448
4.5.2.1	Berechnung von Belebungsbecken – 4.5.2.2 Berechnungsbeispiel – 4.5.2.3 Bau und Betrieb der Belebungsbecken – 4.5.2.4 Kombinierte Belebungsbecken – 4.5.2.5 Mehrstufige Belebungsanlagen – 4.5.2.6 Das CAST-Verfahren – 4.5.2.7 Anaerobe Abwasserbehandlung	
4.5.3	Natürlich-biologische Verfahren und Abwasserteiche	494
4.5.3.1	Rieselverfahren – 4.5.3.2 Bodenfilter – 4.5.3.3 Pflanzenanlagen – 4.5.3.4 Beregnungsverfahren – 4.5.3.5 Abwasserteiche	
4.5.4	Weitergehende Abwasserreinigung	507
4.5.4.1	Phosphor – 4.5.4.2 Biologische Phosphorelimination – 4.5.4.3 Stickstoff – 4.5.4.4 Berechnungsbeispiel für eine vorgeschaltete Denitrifikation nach [39c] – 4.5.4.5 Bemessungsansätze für einstufige Belebungsanlagen ab 5000 EW nach ATV-A 131 [1] – 4.5.4.6 Berechnungsbeispiel für weitergehende Abwasserreinigung unter	

	Berücksichtigung des Arbeitsblattes ATV-A 131 [1] – 4.5.4.7 Bemessungsansätze für mehrstufige Kläranlagen zur Stickstoffelimination – 4.5.4.8 Verfahrensbeispiele für zweistufige Kläranlagen mit weitergehenden Reinigungsleistungen – 4.5.4.9 Simulation des Klärprozesses	
4.5.5	Filtrationsverfahren	557
	4.5.5.1 Schnellfilter mit abwärtsgerichteter Strömung – 4.5.5.2 Trockenfiltration – 4.5.5.3 Der aufwärts durchströmte Schnellfilter – 4.5.5.4 Kontinuierlich betriebene Filter – 4.5.5.5 Filtertrommelsystem – 4.5.5.6 Tuchfilter – 4.5.5.7 Flockungsfiltration – 4.5.5.8 Membran-Trennverfahren	
4.5.6	Hilfsstoffe bei der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung	573
	4.5.6.1 Polymere – 4.5.6.2 Chitin und Chitosan – 4.5.6.3 Biologische Zusatzstoffe – Bakterien, Enzyme, Vitamine, Algen	
4.6	Behandlung des Abwasserschlammes	575
4.6.1	Grundlagen	575
4.6.2	Aerobe Schlammstabilisation	578
	4.6.2.1 Simultane aerobe Schlammstabilisation – 4.6.2.2 Getrennte aerobe Schlammstabilisierung bei Normaltemperatur – 4.6.2.3 Aerob-thermophile Schlammstabilisation	
4.6.3	Schlammfäulung	580
	4.6.3.1 Bau der Faulräume – 4.6.3.2 Betrieb der Faulräume – 4.6.3.3 Bemessen der Faulräume	
4.6.4	Duale biologische Schlammstabilisierung	597
4.6.5	Schlammmentwässerung	600
	4.6.5.1 Eindicken – 4.6.5.2 Natürliche Schlammmentwässerung auf Schlammplätzen – 4.6.5.3 Künstliche Schlammmentwässerung	
4.6.6	Schlammabeseitigung	615
	4.6.6.1 Landwirtschaftliche Schlammverwertung und Schlammabeseitigung – 4.6.6.2 Schlammkompostierung – 4.6.6.3 Schlammverbrennung (-veraschung) – 4.6.6.4 Gasgewinnung	
4.6.7	Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Kleinkläranlagen (Fäkalschlamm)	623
	4.6.7.1 Rechtsgrundlagen – 4.6.7.2 Menge und Beschaffenheit – 4.6.7.3 Kosten – 4.6.7.4 Behandlung von Fäkalschlämmen und Schlamm aus Kleinkläranlagen in zentralen Kläranlagen – 4.6.7.5 Behandlung von Fäkalschlämmen in Abwasserteichen, durch maschinelle Systeme, Kalkzugabe und in Bodenfiltern	
4.7	Kleine Kläranlagen	632
4.7.1	Belebungsanlagen in Schachtbauweise	636
4.7.2	Oxidationsgraben – Belebungsgraben	636
4.7.3	Die Schreiber-Tropfkörper-Kläranlage	640
4.7.4	Becken mit Kreislaufbelüftung	641
4.7.5	Das Gegenstrom-Rundbecken	641
4.7.6	Kläranlagen mit Scheiben- oder Walzentauchkörpern	644
4.7.7	Anlagen mit Aufstaubetrieb (<i>SBR</i> -Verfahren)	646
4.7.8	Teichkläranlagen	649
	4.7.8.1 Unbelüftete Teiche – 4.7.8.2 Belüftete Teiche – 4.7.8.3 Teiche mit chemischer Fällung – 4.7.8.4 Belüftete Teiche mit Schlammrückführung – 4.7.8.5 Teiche in Kombination mit Tropfkörpern, Tauchkörpern oder Belebungsanlagen – 4.7.8.6 Teiche mit Einrichtungen zur Nitrifikation und zur Denitrifikation – 4.7.8.7 Ablaufbehandlung im Schönungsteich	
4.7.9	Bemessung von Kläranlagen für kleine Gemeinden	656
4.7.10	Kleine Kläranlagen für besondere Reinigungsleistungen	667
	4.7.10.1 Kläranlagen mit Direktfällung – 4.7.10.2 Mehrstufige kleine Kläranlagen unter erschwerten Wasserversorgungs- und Vorflutverhältnissen	

4.8	Gewerbliches und industrielles Abwasser	669
4.8.1	Hochofenwerke	682
4.8.2	Papierfabriken	683
4.8.3	Steinkohlenbergbau	684
4.8.4	Metallindustrie	685
4.8.5	PVC-Abwasserreinigung mit Rohstoff-Recycling	688
4.8.6	Textilindustrie	689
4.8.7	Lebensmittelindustrie	690
Literaturverzeichnis		700
Normen zur Abwassertechnik		708
Sachverzeichnis		715