

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	1
<b>1.1</b>	<b>Klassifizierung der Abwässer</b>	1
<b>1.2</b>	<b>Die Beschaffenheit der Abwässer</b>	3
<b>1.3</b>	<b>Schädlichkeit des Abwassers bei Einleitung in ein Gewässer</b>	6
<b>1.4</b>	<b>Wassergefährdende Stoffe</b>	11
1.4.1	Allgemeines	11
1.4.2	Rechtliche Grundlagen	11
1.4.2.1	Gewerberechtliche Anforderungen	17
1.4.2.2	Baurechtliche Anforderungen	19
1.4.3	Transport wassergefährdender Stoffe	20
1.4.4	Muster-Anlagenverordnung (Muster-VAWS)	21
1.4.5	Muster-Anlagenverordnung 1990	22
<b>2</b>	<b>Abwasserarten und Abwassermengen</b>	25
<b>2.1</b>	<b>Häusliche Schmutzwässer</b>	25
2.1.1	Entstehung und Arten der häuslichen Schmutzwässer	25
2.1.2	Menge und Zusammensetzung des Schmutzwassers privater Haushalte	26
2.1.2.1	Menge des häuslichen Schmutzwassers	26
2.1.2.2	Zusammensetzung des häuslichen Schmutzwassers	29
2.1.3	Menge und Zusammensetzung des Schmutzwassers öffentlicher Gebäude	31
2.1.4	Menge und Zusammensetzung des Schmutzwassers von Touristenanlagen	33
2.1.4.1	Gasthäuser	33
2.1.4.2	Hotels	34
2.1.4.3	Campinganlagen	34
2.1.4.4	Organisierte Strände	34
<b>2.2</b>	<b>Kommunales Schmutzwasser</b>	35
2.2.1	Menge des kommunalen Schmutzwassers	35
2.2.2	Schwankungen des Schmutzwasseranfalls	41
2.2.3	Schmutzmenge je Einwohner	42
2.2.4	Schmutzkonzentration	53
2.2.5	Schwankungen der Schmutzkonzentration und der Schmutzfracht	55

## VIII

<b>2.3</b>	<b>Fremdwasser</b>	56
2.3.1	Fremdwasserarten	56
2.3.2	Entstehung und Menge der Fremdwasserarten	56
<b>2.4</b>	<b>Gewerbliche und industrielle Abwässer</b>	58
2.4.1	Anorganisches industrielles Abwasser	74
2.4.1.1	Abwasser aus dem Bereich der Industriegruppe Steine und Erden	75
2.4.1.2	Abwässer der metallverarbeitenden Industrie	77
2.4.1.2.1	Abwässer der Eisenhütten	78
2.4.1.2.2	Abwässer von Stahl- und Walzwerken	79
2.4.1.2.3	Abwässer von Maschinenfabriken und mechanischen Werkstätten	80
2.4.1.2.4	Abwässer von Metallbeizereien	80
2.4.1.2.5	Abwässer von Elokalbetrieben	84
2.4.1.2.6	Abwässer galvanotechnischer Betriebe	85
2.4.1.3	Abwässer aus Bergwerken und Erzaufbereitungsanlagen	87
2.4.1.3.1	Grubenwässer	88
2.4.1.3.2	Waschkauenabwässer	89
2.4.1.3.3	Abwässer der Kohlewäschen und Kohleaufbereitung	90
2.4.1.3.4	Abwässer aus Steinkohlekokereien	90
2.4.1.3.5	Kokslöschwässer	92
2.4.1.3.6	Abwässer der Holzkohleherstellung	92
2.4.1.4	Abwässer der chemischen Industrie	92
2.4.1.4.1	Abwässer von Mineralsäurefabriken	93
2.4.1.4.2	Abwässer der Kaliindustrie	94
2.4.1.4.3	Abwässer von Sodafabriken	95
2.4.1.4.4	Abwässer von Düngemittelfabriken	96
2.4.1.4.5	Abwässer von Goldschwefelfabriken	99
2.4.2.	Organisches industrielles Abwasser	99
2.4.2.1	Abwässer der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie	100
2.4.2.1.1	Abwässer der pharmazeutischen Industrie	100
2.4.2.1.2	Abwässer der Kosmetik-Industrie	101
2.4.2.2	Abwässer von Fabriken zur Herstellung von Farbstoffen	101
2.4.2.2.1	Anorganische Farbstoffabwässer	101
2.4.2.2.2	Organische Farbstoffabwässer	103
2.4.2.3	Abwässer aus der Herstellung von Seifen und synthetischen Waschmitteln	104
2.4.2.3.1	Abwässer aus der Herstellung der Seifen aus Fettsäure	105
2.4.2.3.2	Abwässer aus der Herstellung von synthetischen Waschmitteln	107
2.4.2.4	Abwässer der Kunststoffindustrien	111
2.4.2.4.1	Abwässer der Kunststoffindustrie auf Cellulosebasis	112
2.4.2.4.2	Abwässer der Kunststoffindustrie (Kondensationsprodukte)	113
2.4.2.4.3	Abwässer der Kunststoffindustrie (Polymerisationsprodukte)	115
2.4.2.5	Abwässer aus Gerbereien und Lederfabriken	117
2.4.2.5.1	Abwässer aus Gerbereien	117
2.4.2.5.2	Abwässer von Lederfabriken	122
2.4.2.6	Abwässer der Textilindustrie	123
2.4.2.6.1	Abwässer von Spinnfabriken	124

2.4.2.6.1.3	Abwässer der Kunstseide- und Zellwollefabriken	129
2.4.2.6.2	Abwässer der Baumwollbleichereien	134
2.4.2.6.3	Abwässer der Wollwäschereien	134
2.4.2.6.4	Abwässer von Tuchfabriken	136
2.4.2.7	Abwässer der Holzverarbeitungs-, Zellstoff-, Papier- und Pappefabriken	139
2.4.2.7.1	Abwässer von Holzverarbeitungs-, Holzstofffabriken, Holzsleifereien	139
2.4.2.7.2	Abwässer von Zellstofffabriken	142
2.4.2.7.2.1	Abwässer von Sulfitzellstofffabriken	142
2.4.2.7.2.2	Abwässer von Sulfatzellstofffabriken	144
2.4.2.7.3	Abwässer von Strohzellstofffabriken	144
2.4.2.7.4	Abwässer von Papierfabriken	145
2.4.2.7.5	Abwässer von Strohpappfabriken	147
2.4.2.7.6	Abwässer aus der Herstellung von Holzfaserplatten mittels Naßverfahren	148
2.4.2.8	Abwässer der erdölverarbeitenden Industrie	150
2.4.2.8.1	Abwässer der Bohrfelder	150
2.4.2.8.2	Abwässer der Erdölraffinerien	151
2.4.2.8.3	Abwässer petrochemischer Anlagen	155
2.4.2.8.4	Mineralölhaltige Abwässer von Öllagerstellen, Tankstellen und Werkstätten	156
2.4.2.9	Abwässer aus der Lebensmittelindustrie	157
2.4.2.9.1	Abwässer der Zuckerfabriken	167
2.4.2.9.1.1	Rübenzucker	167
2.4.2.9.1.2	Zucker aus Zuckerrohr	170
2.4.2.9.2	Abwässer von Milchverarbeitungsbetrieben	172
2.4.2.9.3	Abwässer aus der Herstellung nichtalkoholischer Getränke	177
2.4.2.9.4	Abwässer der Brauereien	180
2.4.2.9.5	Abwässer von Margarine-, Speisefett- und Ölfabriken	184
2.4.2.9.6	Abwässer von Schlachthöfen und Fleischwarenfabriken	186
2.4.2.9.7	Abwässer aus Fischkonservenfabriken	189
2.4.2.9.8	Abwässer aus der Obst- und Gemüsekonservenfabrikation	192
2.4.2.9.9	Abwässer der Stärkeherstellung und Kartoffelverarbeitung	195
2.4.2.9.9.1	Abwässer der Kartoffelstärkeindustrie	195
2.4.2.9.9.2	Abwässer der Weizenstärkefabriken	198
2.4.2.9.9.3	Abwässer der Maisstärkefabriken	200
2.4.2.9.9.4	Abwässer der Reisstärkefabriken	202
2.4.2.9.9.5	Abwässer der Stärkezucker- und -sirupfabriken	202
2.4.2.9.9.6	Abwässer der Kartoffeltrocknungserzeugnisse	202
2.4.2.9.9.7	Abwässer von Kartoffelchips herstellenden Betrieben	203
2.4.2.9.10	Abwässer von Betrieben der Weinbereitung	203
2.4.2.10	Abwässer von Pflanzen- und Tierabfälle verarbeitenden Betrieben	206
2.4.2.10.1	Landwirtschaftliche Abwässer	207
2.4.2.10.1.1	Abwässer von Pektinfabriken	209
2.4.2.10.1.2	Abwässer von Darmsaiten- und Darmzubereitungsanlagen	211

2.4.2.10.1.3	Verwertung tierischer Exkreme	213
2.4.2.10.2	Abwässer von Tierkörperbeseitigungsanlagen (TKB-Anlagen)	213
2.4.2.10.3	Abwässer von Fischmehlfabriken	216
<b>2.5</b>	<b>Niederschlagswasser</b>	217
2.5.1	Niederschlagsarten	218
2.5.2	Verschmutzung des Niederschlagswassers	219
2.5.2.1	Atmosphärische Verunreinigungen	220
2.5.2.2	Bodenoberflächenverunreinigungen	221
2.5.3	Verschmutzung des Regenwetterabflusses in der Kanalisation	224
2.5.3.1	Verschmutzung des Abflusses in Mischkanalisation	225
2.5.3.2	Verschmutzung des Abflusses in Trennkanalisationen	225
<b>3</b>	<b>Prinzipien der Industriewasserwirtschaft</b>	227
3.1	Maximen für eine zukunftsorientierte Industriewasserwirtschaft	227
3.2.	Vermeiden und Vermindern von Abwässern	228
<b>3.3.</b>	<b>Wiederverwendung von Wasser</b>	231
3.3.1	Mehrfachnutzung und Rückführung von Abwässern in der Industrie	234
3.3.1.1	Rücknahme von Abwässern im eigenen Betrieb	235
3.3.2	Verwendung von Abwasser in anderen Bereichen	240
3.3.2.1	Wiederverwendung von Abwasser für Trink- und Badezwecke	241
3.3.2.2	Verwendung in anderen Industriebetrieben	241
3.3.2.3	Verwendung von Abwasser in doppelten (dualen) Wasserversorgungsanlagen für häusliche Brauchwasserzwecke	242
3.3.2.4	Abwassernutzung für die Grundwasseranreicherung	242
3.3.2.5	Verwendung von Abwässern in Erholungsgebieten	243
3.3.2.6	Nutzung von Abwässern für landwirtschaftliche Zwecke	244
<b>3.4</b>	<b>Rückgewinnung von Energie</b>	247
3.4.1	Energiegewinnung durch Wärmeaustausch	247
3.4.2	Energiegewinnung durch Verbrennung hochorganischer Abwässer und Schlämme	247
3.4.3	Energiegewinnung durch Biogasproduktion	248
3.4.4	Energiegewinnung durch anaerobe Behandlung flüssiger Stallabgänge	249
<b>3.5</b>	<b>Rückgewinnung von wertvollen Stoffen aus Industrieabwässern</b>	252

<b>4</b>	<b>Sammeln und Ableiten des Abwassers</b>	259
<b>4.1</b>	<b>Definitionen</b>	260
4.1.1	Abwasserbeseitigungsverfahren	260
4.1.2	Teile der Kanalisation	261
4.1.3	Abwasserbeseitigungsschema	263
<b>4.2</b>	<b>Arten von Entwässerungssystemen und Entwässerungsverfahren</b>	266
4.2.1	Entwässerungs- oder Abwasserbeseitigungssysteme	266
4.2.2	Entwässerungsverfahren	267
4.2.2.1	Misch- und Trennkanalisation	267
4.2.2.2	Druckkanalisation und Vakuumkanalisation	270
4.2.2.2.1	Druckkanalisation	271
4.2.2.2.2	Vakuumkanalisation	272
4.2.2.3	Andere Verfahren	274
<b>4.3</b>	<b>Planung von Entwässerungssystemen</b>	275
4.3.1	Inhalt des Entwurfes	275
4.3.2	Kriterien für den Entwurf einer Abwasserbeseitigungsanlage	277
4.3.2.1	Wahl des Kanalisationssystems	277
4.3.2.2	Wahl des Kanalisationsverfahrens	280
4.3.2.3	Planung des städtischen Entwässerungsnetzes	281
4.3.2.4	Entfernung der Rückstände aus dem Abwassernetz	283
4.3.2.5	Wahl des Vorfluters	284
4.3.2.6	Wahl des Kanalisationsnetzsystems	285
4.3.2.7	Einteilung und Abgrenzung der Einzugsgebiete der jeweiligen Sammler	288
4.3.3	Ermittlung der Abwassermengen	290
4.3.3.1	Berechnung der häuslichen Abwässer	290
4.3.3.2	Berechnung des Fremdwassers	292
4.3.3.3	Berechnung des gewerblichen und industriellen Schmutzwassers	292
4.3.3.4	Berechnung des Trockenwetterabflusses	293
4.3.3.5	Berechnung des Niederschlagswassers	294
4.3.3.6	Berechnung des Abflusses von Oberflächengewässern	301
4.3.3.7	Durchführung der Berechnungen	301
4.3.4	Hydraulische Berechnung des Kanalisationssystems	303
4.3.4.1	Allgemeine Kennwerte	303
4.3.4.2	Theoretische Grundlagen	306
4.3.4.3	Berechnung der Leitungen	308
4.3.4.3.1	Berechnung der Rohre und Kanäle	309
4.3.4.3.1.1	Feststellung der Reibungsverluste	309
4.3.4.3.1.2	Feststellung des Gesamtabflusses	326
4.3.4.3.1.3	Ermittlung der geschlossenen Kanalquerschnitte mit natürlichem Wassergefälle	326
4.3.4.3.1.4	Ermittlung der offenen Kanalquerschnitte	332
4.3.4.3.1.5	Ermittlung der Querschnitte für Druckrohrleitungen	334

<b>4.3.4.3.1.6</b>	<b>Berechnung der Überläufe</b>	336
<b>4.3.4.3.1.7</b>	<b>Der hydraulische Druckstoß</b>	345
<b>4.3.5</b>	<b>Statische Berechnungen der Abwasserleitungen</b>	347
<b>4.3.6</b>	<b>Linienführung der Kanäle, Gefälle und Tiefenlage</b>	348
<b>4.3.6.1</b>	<b>Trassenführung</b>	348
<b>4.3.6.2</b>	<b>Gefälle</b>	351
<b>4.3.6.3</b>	<b>Hydraulische Bedingungen</b>	354
<b>4.3.6.4</b>	<b>Zeichnerische Darstellung</b>	357
<b>4.4</b>	<b>Bauteile von Entwässerungssystemen</b>	363
<b>4.4.1</b>	<b>Leitungen</b>	365
<b>4.4.1.1</b>	<b>Offene Kanäle</b>	365
<b>4.4.1.2</b>	<b>Geschlossene Kanäle</b>	366
<b>4.4.1.2.1</b>	<b>Beton- und Stahlbetonrohre</b>	366
<b>4.4.1.2.2</b>	<b>Steinzeugrohre</b>	369
<b>4.4.1.2.3</b>	<b>Kanäle in Ortbeton und Sonderausführung</b>	369
<b>4.4.1.2.5</b>	<b>Kunststoffrohre und Rohre mit Kunststoffbeschichtungen</b>	370
<b>4.4.1.2.5</b>	<b>Gufreiserne Rohre</b>	372
<b>4.4.1.2.6</b>	<b>Stahlrohre</b>	372
<b>4.4.2</b>	<b>Bauwerke</b>	372
<b>4.4.2.1</b>	<b>Hausanschlüsse</b>	373
<b>4.4.2.2</b>	<b>Straßenabläufe</b>	374
<b>4.4.2.3</b>	<b>Einlaufbauwerke</b>	376
<b>4.4.2.4</b>	<b>Schächte</b>	377
<b>4.4.2.5</b>	<b>Verbindungsbauwerke</b>	379
<b>4.4.2.6</b>	<b>Absturzbauwerke</b>	382
<b>4.4.2.7</b>	<b>Spülkammer</b>	382
<b>4.4.2.8</b>	<b>Regenentlastungen</b>	383
<b>4.4.2.8.1</b>	<b>Regenüberläufe (RÜ)</b>	383
<b>4.4.2.8.2</b>	<b>Regenüberlaufbecken (RÜB)</b>	384
<b>4.4.2.8.3</b>	<b>Fangbecken (FB)</b>	385
<b>4.4.2.9</b>	<b>Pumpstationen</b>	387
<b>4.4.2.10</b>	<b>Kreuzungsbauwerke</b>	395
<b>4.5</b>	<b>Verlegung der Rohrleitungen</b>	395
<b>4.5.1</b>	<b>Beginn der Bauarbeiten - Trassenführung</b>	396
<b>4.5.2</b>	<b>Erdaushub</b>	399
<b>4.5.3</b>	<b>Baugrubenverkleidung</b>	401
<b>4.5.3.1</b>	<b>Waagerechter Grabenverbau</b>	402
<b>4.5.3.1.1</b>	<b>Grundlagen der Erddrucktheorie</b>	403
<b>4.5.3.2</b>	<b>Senkrechter Grabenverbau</b>	411
<b>4.5.3.2.1</b>	<b>Bemessungsbeispiel für den senkrechten Grabenverbau</b>	415
<b>4.5.3.3</b>	<b>Geschlossene Bauweise</b>	423
<b>4.5.4</b>	<b>Rohrlagerung</b>	426
<b>4.5.4.1</b>	<b>Fertigteil-Rohre</b>	426
<b>4.5.5</b>	<b>Besondere Bauwerke</b>	437
<b>4.5.5.1</b>	<b>Kanalausmündungen</b>	437

4.5.5.2	<b>Verbau großer Gruben</b>	437
4.5.5.3	<b>Wehre</b>	438
4.5.5.4	<b>Spezielle Schalungen</b>	440
<b>4.6</b>	<b>Betrieb und Wartung von Kanalnetzen</b>	440
4.6.1	<b>Abnahme der Kanalisation</b>	441
4.6.2	<b>Betrieb und Unterhaltung der Kanäle und der dazugehörigen Einrichtungen</b>	444
4.6.2.1	<b>Betrieb</b>	444
4.6.2.2	<b>Sicherheitsmaßnahmen im Kanalnetz</b>	446
4.6.3	<b>Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Kanalnetzen</b>	447
<b>5</b>	<b>Beseitigungsbedingungen für industrielle und kommunale Abwässer und deren Schlämme</b>	449
5.1	<b>Allgemeine Anforderungen für die Industrieabwasserableitung in öffentlichen Abwasseranlagen (Indirekteinleiter)</b>	449
5.1.1	<b>Allgemeine Anforderungen und Vorschriften für die Kanalisation</b>	451
5.1.2	<b>Allgemeine Anforderungen und Vorschriften für die öffentliche Abwasseranlage</b>	454
5.2	<b>Allgemeine Anforderungen und Vorschriften für die Industrieabwassereinleitung in öffentliche Gewässer (Direkteinleiter)</b>	459
5.2.1	<b>Immissions-Grenzwerte</b>	460
5.2.2	<b>Gewässergüteklassen</b>	461
5.2.3	<b>Immissionswerte (EG-Normen)</b>	462
5.2.4	<b>Emissions-Grenzwerte</b>	482
5.2.4.1	<b>Mindestanforderungen (Emissionswerte)</b>	483
5.3	<b>Kontrolle der einzuhaltenden Parameter</b>	504
5.3.1	<b>Kontrolle der Emissionswerte im Zulauf zur Abwasseranlage</b>	504
5.3.2	<b>Kontrolle der Emissionswerte im Auslauf der Kläranlage</b>	506
5.3.3	<b>Kontrolle der Immissionswerte</b>	506
5.4	<b>Verordnung für das Aufbringen von Klärschlamm in der Landwirtschaft</b>	508
<b>6</b>	<b>Behandlung des Abwassers</b>	513
6.1.	<b>Verfahren der Abwasserreinigung</b>	513
6.2.	<b>Mechanische Reinigung</b>	520
6.2.1	<b>Grobstoffabscheidung</b>	522

6.2.1.1	Rechen	522
6.2.1.2	Siebe	527
6.2.1.3	Filter	531
6.2.1.3.1	Filter mit Grobsand- oder Feinkiesfüllung	532
6.2.1.3.2	Trommelfilter	535
6.2.1.3.3	Saugfilter	537
6.2.1.3.4	Scheibenfilter	537
6.2.1.3.5	Druckfilter	538
6.2.2	Schwerkraftabscheidung	538
6.2.2.1	Flotationsanlagen	541
6.2.2.1.1	Fett- und Ölabscheider	546
6.2.2.1.2	Mineralölabscheider	549
6.2.2.1.3	Benzinabscheider	553
6.2.2.2	Sedimentationsanlagen	554
6.2.2.2.1	Sandfänge	558
6.2.2.2.2	Absetzbecken	566
6.2.2.2.2.1	Rechteckbecken	570
6.2.2.2.2.2	Rundbecken	575
6.2.2.2.2.3	Zweistöckige Absetzbecken	578
6.2.2.2.2.4	Lamellenabsetzbecken	582
6.2.2.2.2.5	Vertikal durchflossene Absetzbecken	583
6.2.2.2.2.6	Andere Typen von Absetzbecken	585
6.2.3	Ausgleichsbecken	585
<b>6.3</b>	<b>Chemische Verfahren der Abwasserbehandlung</b>	<b>588</b>
6.3.1	Behandlungsmethoden	589
6.3.1.1	Neutralisation	589
6.3.1.2	Flockung	591
6.3.1.2.1	Allgemeiner Flockungsvorgang	591
6.3.1.2.2	Flockungsfällung als einzige Stufe der Abwasserbehandlung, Vorfällung	598
6.3.1.2.3	Nachfällung	599
6.3.1.2.4	Simultanfällung	601
6.3.1.3	Adsorption	603
6.3.1.4	Extraktion mit Lösungsmitteln	606
6.3.1.5	Membranseparation (Ultrafiltration, umgekehrte Osmose)	607
6.3.1.6	Destillation	609
6.3.1.7	Oxidation	609
6.3.1.8	Reduktion	611
6.3.1.9	Ionenaustauschverfahren	611
6.3.1.10	Andere physikalisch-chemische Behandlungsverfahren	613
6.3.1.10.1	Ausdämpfen (Strippen)	613
6.3.1.10.2	Belüftung	614
6.3.1.10.3	Begasung mit Kohlensäure oder Rauchgasen	614
6.3.1.10.4	Eindampfen	614
6.3.1.10.5	Gefrierverfahren	615
6.3.1.10.6	Kristallisation	615

6.3.1.10.7	<b>Elektrolyse</b>	615
6.3.1.10.8	<b>Dialyse</b>	615
6.3.2	<b>Verwendung von Chemikalien bei der Abwasserbehandlung</b>	616
6.3.2.1	<b>Handelsübliche Aluminium- und Eisensalze</b>	617
6.3.2.2	<b>Sonstige Eisen- und Aluminiumsalze</b>	620
6.3.2.3	<b>Handelsübliche polymere Flockungsmittel</b>	621
6.3.2.4	<b>Kalkhydrat</b>	622
<b>6.4.</b>	<b>Biologische Verfahren in der Abwasserreinigung</b>	623
6.4.1	<b>Allgemeine Grundkenntnisse</b>	624
6.4.1.1	<b>Beschaffenheit der Mikroorganismen</b>	624
6.4.1.2	<b>Stoffwechselvorgänge</b>	630
6.4.1.2.1	<b>Einflußfaktoren auf die biologischen Vorgänge bei Behandlung gewerblicher Abwässer</b>	631
6.4.2	<b>Abbauvorgänge</b>	633
6.4.2.1	<b>Aerober Abbau organischer Kohlenstoffverbindungen</b>	633
6.4.2.2	<b>Nitrifikation</b>	633
6.4.2.3	<b>Denitrifikation</b>	637
6.4.2.4	<b>Desulfurifikation</b>	642
6.4.2.5	<b>Gärungen</b>	643
6.4.2.6	<b>Sonstige an den Reinigungsprozessen beteiligte Mikroorganismen</b>	644
6.4.3	<b>Voraussetzung für die Anwendung biologischer Verfahren</b>	645
6.4.3.1	<b>Verhältnis BSB<sub>5</sub> zu CSB</b>	645
6.4.3.2	<b>pH-Wert</b>	646
6.4.3.3	<b>Temperatur</b>	648
6.4.3.4	<b>Notwendige Mineralstoffe</b>	650
6.4.3.5	<b>Hemm- und Giftstoffe</b>	651
6.4.3.5.1.	<b>Festlegung von Grenzwerten für Stoffe</b>	652
6.4.3.5.2	<b>Störungen der Methangärung von Klärschlamm in städtischen Klärwerken</b>	654
6.4.3.5.3	<b>Störungen des aeroben Abbaus in der Belebungsanlage eines städtischen Klärwerks durch Chromat</b>	655
6.4.3.5.4	<b>Störungen in den biologischen Reinigungsprozessen</b>	656
6.4.4	<b>Biologische Abwasserbehandlungsverfahren</b>	657
6.4.4.1	<b>Anlagen für biologische Abwasserreinigung</b>	657
6.4.4.2	<b>Abwasserteiche</b>	658
6.4.4.2.1	<b>Absetzteiche</b>	662
6.4.4.2.2	<b>Unbelüftete Abwasserteiche</b>	663
6.4.4.2.3	<b>Belüftete Abwasserteiche</b>	664
6.4.4.2.4	<b>Schönungsteiche</b>	666
6.4.4.2.5	<b>Sicherheitsteiche</b>	666
6.4.4.2.6	<b>Abwasserfischteiche</b>	667
6.4.4.3	<b>Tropfkörperverfahren</b>	667
6.4.4.3.1	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	667
6.4.4.3.2	<b>Tropfkörperbestandteile</b>	674
6.4.4.3.3	<b>Bemessung der Tropfkörper</b>	678

<b>6.4.4.3.4</b>	<b>Turmtropfkörper</b>	<b>686</b>
<b>6.4.4.4</b>	<b>Tauchtropfkörper</b>	<b>687</b>
<b>6.4.4.5</b>	<b>Belebungsanlagen</b>	<b>693</b>
<b>6.4.4.5.1</b>	<b>Allgemeine Grundkenntnisse</b>	<b>693</b>
<b>6.4.4.5.2</b>	<b>Belebter Schlamm</b>	<b>695</b>
<b>6.4.4.5.3</b>	<b>Sauerstoff</b>	<b>698</b>
<b>6.4.4.5.3.1</b>	<b>Belüftung mit atmosphärischer Luft</b>	<b>701</b>
<b>6.4.4.5.3.2</b>	<b>Verfahrensarten</b>	<b>702</b>
<b>6.4.4.5.3.3</b>	<b>Belüftung mit reinem Sauerstoff (Sauerstoffbegasung)</b>	<b>706</b>
<b>6.4.4.5.4</b>	<b>Belüftungseinrichtungen</b>	<b>710</b>
<b>6.4.4.5.4.1</b>	<b>Druckbelüftung</b>	<b>711</b>
<b>6.4.4.5.4.2</b>	<b>Oberflächenbelüftung</b>	<b>714</b>
<b>6.4.4.5.4.3</b>	<b>Kombinierte und sonstige Belüfter</b>	<b>718</b>
<b>6.4.4.5.5</b>	<b>Bemessung von Belebungsanlagen</b>	<b>719</b>
<b>6.4.4.5.5.1</b>	<b>Bemessung von Belebungsanlagen zur Nitrifikation und Denitrifikation</b>	<b>728</b>
<b>6.4.4.5.6</b>	<b>Zweistufige Kläranlagen</b>	<b>738</b>
<b>6.4.4.5.6.1</b>	<b>Zweistufige Tropfkörperanlagen</b>	<b>738</b>
<b>6.4.4.5.6.2</b>	<b>Zweistufige Belebungsanlagen</b>	<b>739</b>
<b>6.4.4.5.6.3</b>	<b>Tropfkörper-Belebungsverfahren</b>	<b>740</b>
<b>6.4.4.5.6.4</b>	<b>Belebungs-Tropfkörperverfahren</b>	<b>742</b>
<b>6.4.4.5.6.5</b>	<b>Nachsitzung von Schönungsteichen</b>	<b>744</b>
<b>6.4.4.6</b>	<b>Anaerobe Abwasserbehandlung</b>	<b>746</b>
<b>6.4.4.7</b>	<b>Nachklärung</b>	<b>749</b>
<b>6.4.4.7.1</b>	<b>Nachklärbecken nach Tropfkörperanlagen</b>	<b>749</b>
<b>6.4.4.7.2</b>	<b>Nachklärbecken von Belebungsanlagen</b>	<b>752</b>
<b>6.4.4.7.2.1</b>	<b>Horizontal durchströmte Nachklärbecken</b>	<b>755</b>
<b>6.4.4.7.2.2.</b>	<b>Vertikal durchströmte Nachklärbecken</b>	<b>761</b>
<b>6.4.4.7.3</b>	<b>Hinweise für die konstruktive Ausbildung der Nachklärbecken</b>	<b>763</b>
<b>6.5</b>	<b>Verfahren der physikalischen und physikalisch-chemischen Abwasserbehandlung</b>	<b>765</b>
<b>6.5.1</b>	<b>Suspensaentnahme</b>	<b>767</b>
<b>6.5.1.1</b>	<b>Einbauten im Absetzraum</b>	<b>767</b>
<b>6.5.1.2</b>	<b>Mikrosiebung</b>	<b>770</b>
<b>6.5.1.3</b>	<b>Filtration</b>	<b>771</b>
<b>6.5.1.3.1</b>	<b>Sandfilter</b>	<b>774</b>
<b>6.5.1.3.2</b>	<b>Bodenfiltration</b>	<b>776</b>
<b>6.5.1.3.3</b>	<b>Ultrafiltration - Hyperfiltration</b>	<b>777</b>
<b>6.5.2</b>	<b>Elimination gelöster organischer Substanzen</b>	<b>779</b>
<b>6.5.2.1</b>	<b>Aktivkohleadsorption</b>	<b>780</b>
<b>6.5.2.2</b>	<b>Oxidation mit Ozon</b>	<b>785</b>
<b>6.5.2.3</b>	<b>Desorption flüchtiger Stoffe</b>	<b>786</b>
<b>6.5.2.4</b>	<b>Umgekehrte Osmose (Hyperfiltration)</b>	<b>786</b>
<b>6.5.3</b>	<b>Nährstoffelimination</b>	<b>788</b>
<b>6.5.3.1</b>	<b>Elimination des Stickstoffs</b>	<b>789</b>
<b>6.5.3.1.1</b>	<b>Stickstoffelimination durch mikrobiologische Prozesse</b>	<b>790</b>

6.5.3.1.1.1	Stickstoffelimination in Belebungsanlagen	790
6.5.3.1.1.2	Stickstoffelimination in Festbettreaktoren	790
6.5.3.1.1.3	Stickstoffelimination in Oxidationsteichen	791
6.5.3.1.2	Stickstoffelimination durch physikalisch-chemische Verfahren	791
6.5.3.1.2.1	Ammoniak-Desorption (Stripping)	791
6.5.3.1.2.2	Selektiver Ionenaustausch	792
6.5.3.1.2.3	Knickpunktchlorung	793
6.5.3.2	Elimination des Phosphors	794
6.5.3.2.1	Elimination des Phosphors durch biologische Behandlungsverfahren	794
6.5.3.2.1.1	Konventionelle Belebungsverfahren	795
6.5.3.2.1.2	Teichbehandlung	796
6.5.3.2.1.3	Algen-Phosphat-Elimination	797
6.5.3.2.2	Elimination des Phosphors durch physikalisch-chemische Verfahren	797
6.5.3.2.2.1	Eisen-Phosphat-Fällung	798
6.5.3.2.2.2	Aluminium-Phosphat-Fällung	798
6.5.3.2.2.3	Kalk-Phosphat-Fällung	799
6.5.3.2.2.4	Behandlungsverfahren	799
6.5.4	Elimination gelöster anorganischer Substanzen	800
6.5.4.1	Ionenaustauschverfahren	801
6.5.4.2	Elektrodialyse	801
6.5.4.3	Hyperfiltration	802
<b>6.6</b>	<b>Gewerbliche und industrielle Abwasserbehandlung</b>	803
6.6.1.	Anorganisch-industrielles Abwasser	804
6.6.1.1	Abwässer von Mörtel-, Kalksandstein-, Zement- und Porzellanwerken	804
6.6.1.2	Abwässer der metallverarbeitenden Industrie	806
6.6.1.2.1	Abwässer der Eisenhütten	806
6.6.1.2.2	Abwässer von Stahl- und Walzwerken	809
6.6.1.2.3	Abwässer von Maschinenfabriken und mechanischen Werkstätten	810
6.6.1.2.4	Abwässer von Metallbeizereien	811
6.6.1.2.5	Abwässer aus Eloxalbetrieben	813
6.6.1.2.6	Sonstige Abwässer der metallverarbeitenden Industrie	813
6.6.1.2.6.1	Chromatentgiftung	815
6.6.1.2.6.2	Cyanidentgiftung	818
6.6.1.2.6.3	Neutralisation	825
6.6.1.3	Abwässer aus Bergwerken und Erzaufbereitungsanlagen	829
6.6.1.3.1	Grubenwässer	829
6.6.1.3.2	Waschkauenwässer	829
6.6.1.3.3	Abwässer der Kohlenwäsche	830
6.6.1.3.4	Abwässer von Steinkohlekokereien	830
6.6.1.3.5	Abwässer aus Steinkohle-Schwelereien	832
6.6.1.3.6	Abwässer der Holzkohleherstellung	833
6.6.1.4	Abwässer der chemischen Industrie	833

6.6.1.4.1	Abwässer von Mineralsäurefabriken	833
6.6.1.4.2	Abwässer der Kaliindustrie	834
6.6.1.4.3	Abwässer von Sodafabriken	835
6.6.1.4.4	Abwässer von Düngemittelfabriken	835
6.6.1.4.5	Abwässer der Goldschwefelfabriken	836
6.6.2	Organisches industrielles Abwasser	836
6.6.2.1	Abwässer der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie	838
6.6.2.1.1	Abwässer der Kosmetik-Industrie	838
6.6.2.2	Abwässer von Fabriken zur Herstellung von Farbstoff	839
6.6.2.2.1	Anorganische Farbstoffabwässer	839
6.6.2.2.2	Organische Farbstoffe	840
6.6.2.3	Abwässer aus der Herstellung von Seifen und synthetischen Waschmitteln	842
6.6.2.3.1	Abwässer von Seifenfabriken	842
6.6.2.3.2	Abwässer von Fabriken zur Herstellung synthetischer Waschmittel	843
6.6.2.4	Abwässer der Kunststoffindustrie	844
6.6.2.4.1	Abwässer der Kunststoffindustrie auf Cellulosebasis	844
6.6.2.4.2	Abwässer der Kunststoffindustrie (Kondensationsprodukte)	844
6.6.2.4.3	Abwässer der Kunststoffindustrie (Polymerisationsprodukte)	845
6.6.2.5	Abwässer aus Gerbereien und Lederfabriken	846
6.6.2.5.1	Abwässer von Gerbereien	846
6.6.2.5.2	Abwässer von Lederfabriken	847
6.6.2.6	Abwässer der Textilindustrie	847
6.6.2.6.1	Abwässer von Spinnstofffabriken	848
6.6.2.6.1.1	Abwässer der Flachs- und Hanfrößtfabriken	848
6.6.2.6.1.2	Abwässer der Seidenkochereien	849
6.6.2.6.1.3	Abwässer der Kunstseide- und Zellwollefabriken	850
6.6.2.6.2	Abwässer der Baumwollbleichereien	851
6.6.2.6.3	Abwässer der Wollwäschereien	851
6.6.2.6.4	Abwässer von Tuchfabriken	852
6.6.2.7	Abwässer der Zellstoff-, Papier- und Pappefabriken	852
6.6.2.7.1	Abwässer von Holzschleifereien	852
6.6.2.7.2	Abwässer von Zellstofffabriken	853
6.6.2.7.2.1	Abwässer der Sulfitzellstofffabriken	854
6.6.2.7.2.2	Abwässer der Sulfatzellstofffabriken	855
6.6.2.7.2.3	Abwässer der Strohzellstofffabriken	856
6.6.2.7.2.4	Abwässer von Papierfabriken	856
6.6.2.7.2.5	Abwässer von Strohpappfabriken	858
6.6.2.7.2.6	Abwässer aus der Herstellung von Holzfaserplatten mittels Naßverfahren	859
6.6.2.8	Abwässer der erdölverarbeitenden Industrie	860
6.6.2.8.1	Abwässer der Erdölförderung auf Bohrfeldern	860
6.6.2.8.2	Abwässer aus Mineralölraffinerien	860
6.6.2.8.3	Abwässer petrochemischer Anlagen	862
6.6.2.8.4	Abwässer von Tankstellen	862
6.6.2.9	Abwässer aus der Lebensmittelindustrie	862

6.6.2.9.1	Abwässer der Zuckerindustrie	863
6.6.2.9.2	Abwässer aus Milchverarbeitungsbetrieben	864
6.6.2.9.3	Abwässer aus der Herstellung nichtalkoholischer Getränke	865
6.6.2.9.4	Abwässer von Brauereien	866
6.6.2.9.5	Abwässer von Margarine-, Speisefett- und Ölfabriken	867
6.6.2.9.6	Abwässer von Schlachthöfen und Fleischwarenfabriken	868
6.6.2.9.7	Abwässer bei der Herstellung von Fischkonserven	868
6.6.2.9.8	Abwässer aus Obst- und Gemüsekonservenfabriken	869
6.6.2.9.9	Abwässer der Stärkeherstellung und Kartoffelchipsverarbeitung	870
6.6.2.9.10	Abwässer von Betrieben der Weinbereitung und Sektherstellung	871
6.6.2.10	Abwässer von Tierkörperbeseitigungsanlagen	872
6.6.2.11	Abwässer von Fischmehlfabriken	873
<b>6.7</b>	<b>Die Behandlung von Rückständen der Abwasserreinigung</b>	<b>874</b>
6.7.1	Rechengut	874
6.7.2	Sandfanggut	876
6.7.3	Öl- und Fettfanggut	877
6.7.4	Schlammbehandlung	879
6.7.4.1	Menge und Beschaffenheit der Schlämme	880
6.7.4.1.1	Menge der Schlämme	881
6.7.4.1.2.	Beschaffenheit der Schlämme	886
6.7.4.2	Stabilisierung von Frischschlamm	893
6.7.4.2.1	Anaerobe Stabilisierung (Faulung)	897
6.7.4.2.1.1	Unbeheizte Faulräume	898
6.7.4.2.1.2	Beheizte Faulräume	900
6.7.4.2.2	Die aerobe Stabilisierung	913
6.7.4.3	Schlammtennwässerung	919
6.7.4.3.1	Eindickung	923
6.7.4.3.2	Natürliche Entwässerung	927
6.7.4.3.3	Schlammkonditionierung	931
6.7.4.3.4	Künstliche Entwässerung	935
6.7.4.3.4.1	Entwässerung in Zentrifugen	936
6.7.4.3.4.2	Entwässerung mit Bandfiltern	937
6.7.4.3.4.3	Entwässerung mit Filterpressen	939
6.7.4.3.4.4	Entwässerung durch Unterdruckfiltration (Vakuumfiltration)	942
6.7.4.4	Verwertung und Beseitigung des Schlammes	943
6.7.4.4.1	Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft	943
6.7.4.4.1.1	Pasteurisierung	944
6.7.4.4.1.2	Aerob-thermophile Schlammbehandlung	945
6.7.4.4.1.3	Schlammverfestigung mit Branntkalk	946
6.7.4.4.1.4	Mietenkompostierung	946
6.7.4.4.1.5	Kompostierung in Bioreaktoren	946
6.7.4.4.1.6	Schwermetallproblematik	947
6.7.4.4.1.7	Organisch-persistente Schadstoffe	949
6.7.4.4.2	Klärschlammablagerung auf Deponien	950
6.7.4.4.3	Kompostierung von Klärschlamm	951
6.7.4.4.4	Schlammtröcknung und Schlammverbrennung (thermische Verwertung)	951

<b>7</b>	<b>Probenahme, Untersuchung und Beurteilung von Abwässern und Abwasserschlamm</b>	955
<b>7.1</b>	<b>Probenahme von Abwasser und Schlamm</b>	955
7.1.1	Ortsbesichtigung	958
7.1.2	Arten der Probenahme für Abwässer	959
7.1.2.1	Allgemeine Hinweise	959
7.1.2.2	Ausgewählte Hinweise auf die Praxis der Probenahme von Abwasser	963
7.1.2.2.1	Stichproben	963
7.1.2.2.2	Zeitabhängige Probenahme	963
7.1.2.2.3	Mengenabhängige Probenahme	965
7.1.2.2.4	Abwassermengen-Messung	966
7.1.2.2.5	Induktive Messung	966
7.1.2.2.6	VENTURI-Prinzip	968
7.1.2.2.7	Mengenabhängige Probennahme von Hand	971
7.1.2.2.8	Mengenabhängige Probennahme mit Geräten	972
7.1.2.2.9	Schlammprobennahme	975
<b>7.2</b>	<b>Abwasseruntersuchungen</b>	976
7.2.1	Allgemeines zu Laboratoriumsanalysen	977
7.2.2	Analyse der Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen gemäß Anlage A Abwasserabgabegesetz	980
7.2.3	Eigenüberwachung von Abwasseranlagen	986
7.2.4	Abwassereigenkontrollverordnung (Beispiel für eine gesetzliche Regelung)	991
7.2.4.1	Anforderungen für biologische Abwasseranlagen an Art, Anzahl und Umfang der mindestens vorzunehmenden Messungen und Untersuchungen	993
7.2.5	Allgemeine Beurteilung der Ergebnisse	996
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	1001
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	1023
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	1037
<b>11</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b>	1049