

Wasser: Ökologie und Bewirtschaftung

Thomas Uckschies

Feinrechen in der Abwasserreinigung

Planung und störungsfreier Betrieb
für kommunale Kläranlagen

EBOOK INSIDE

 Springer Vieweg

Wasser: Ökologie und Bewirtschaftung

Zunehmend arbeiten Hydrologen, Hydrauliker, Ingenieure des Wasserwesens sowie Hydrochemiker und Biologen in interdisziplinären Gruppen zusammen. Allen gemeinsam ist, dass sie als Ökologen unter Berücksichtigung technisch-ökonomischer Gesichtspunkte die Strukturen und Funktionen der Gewässer erkennen, nutzen, gestalten und erhalten müssen. Die Reihe wendet sich an alle, die sich in Praxis und Theorie mit den Themen Oberflächengewässer, Grundwasser und Wasserversorgung oder Abwasserentsorgung beschäftigen. Das Spektrum umfasst sowohl Konzepte und Anforderungen, die technischer oder politischer Art sein können, als auch Techniken, Methoden und Modelle.

Weitere Bände in dieser Reihe

<http://www.springer.com/series/14331>

Thomas Uckschies

Feinrechen in der Abwasserreinigung

Planung und störungsfreier Betrieb für
kommunale Kläranlagen

Thomas Uckschies
St. Ingbert, Deutschland

ISSN 2509-3398 ISSN 2509-3401 (electronic)
Wasser: Ökologie und Bewirtschaftung
ISBN 978-3-658-20021-3 ISBN 978-3-658-20022-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-20022-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Problemstellung	6
	Literatur	9
2	Abriss der Geschichte der Abwasserreinigung	11
2.1	Wassernutzung durch den Menschen	11
2.2	Wasserhygiene	14
2.3	Anpassung der Abwassertechnik an gesellschaftliche Entwicklungen	15
2.3.1	Selbstreinigung belasteter Gewässer	15
2.3.2	Prähistorisches Zeitalter	16
2.3.3	Babylonien und Assyrien	16
2.3.4	Indien	17
2.3.5	Ägypten	17
2.3.6	Griechenland	18
2.3.7	Römisches Reich	19
2.3.8	Abwasserbehandlung im Mittelalter	20
2.3.9	Industrialisierung	22
2.3.10	Abwasserbehandlung heute	33
2.4	Entwicklung der Rechen als Teil der Abwasserreinigung	36
2.4.1	Rechen während der Industrialisierung	36
2.4.2	Moderne Feinrechen	44
2.4.2.1	Einteilung	44
2.4.2.2	Filterstufenrechen	46
2.4.2.3	Rotationssiebe	49
2.4.2.4	Bürstenwendelsiebe	53
2.4.2.5	Flachsiebe	55
2.4.2.6	Filterbandrechen	58
2.4.2.7	Harkenumlaufrechen	61

2.5	Überblick über weitere Rechentypen	67
2.5.1	Kletterrechen	67
2.5.2	Multidisc-Rechen	67
2.5.3	Korbrechen	68
2.5.4	Kompakte Bauformen von Feinrechen	70
2.6	Zusammenfassung	71
	Literatur	71
3	Rechengut	73
3.1	Definition und Eigenschaften	73
3.2	Rechengutanfall	77
3.2.1	Allgemeines	77
3.2.2	Lokale und saisonale Auswirkungen auf den Rechengutanfall	79
3.2.3	Auswirkungen von Bauwerken der Regenwasserbehandlung auf den Rechengutanfall	81
3.2.4	Quantitative Abschätzung des Rechengutanfalles	83
3.2.4.1	Prognose des Rechengutanfalles bei Erneuerung einer bestehenden Feinrechenanlage	85
3.3	Rechengutbehandlung	88
3.3.1	Allgemeines	88
3.3.2	Rechenguttransport	89
3.3.2.1	Schwemmrinnen	89
3.3.2.2	Schneckenförderer	91
3.3.2.3	Gurtförderer	92
3.3.2.4	Probleme beim Rechenguttransport	93
3.3.3	Verfahren zur weiteren Rechengutbehandlung	95
3.3.3.1	Allgemeines	95
3.3.3.2	Statische Entwässerung	96
3.3.3.3	Maschinelle Entwässerung	96
3.3.3.4	Rechengutwäsche	97
3.3.4	Verwertung und Beseitigung des Rechengutes	99
3.3.4.1	Grundlagen	99
3.3.4.2	Thermische Behandlung	100
3.3.4.3	Biologische Behandlung	100
3.3.4.4	Sonstige Verfahren	100
3.4	Zusammenfassung	101
	Literatur	101
4	Erfordernis der Rechengutelimination	103
4.1	Juristische Gründe	103
4.1.1	Geschichtliche Entwicklung nationaler Rechtsvorschriften	103
4.1.2	Überblick über die heutigen Rechtsnormen	104

4.1.2.1	Völkerrecht	106
4.1.2.2	Europäische Richtlinien und Verträge	107
4.1.2.3	Nationale Rechtsnormen.	108
4.2	Technische und wirtschaftliche Gründe.	110
4.2.1	Mechanische Abwasserreinigung	110
4.2.2	Biologische Abwasserreinigung	111
4.2.3	Schlammbehandlung	112
4.2.4	Weitere Reinigungsstufen und periphere Anlagenteile	113
4.3	Sonstige Gründe für die Rechengutelimination.	113
4.4	Zusammenfassung	114
	Literatur.	114
5	Allgemein anerkannte Regeln der Technik und Stand der Technik bei der Rechenauslegung	117
5.1	Allgemeines	117
5.2	DIN-Normen	118
5.2.1	Vorbemerkungen	118
5.2.2	DIN EN 12255-1 – Kläranlagen Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze	118
5.2.3	DIN EN 12255-3 – Kläranlagen, Teil 3 – Abwasservorreinigung . . .	119
5.2.4	DIN 19569-2 – Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen, Teil 2: Besondere Baugrundsätze für Einrichtungen zum Abtrennen und Eindicken von Feststoffen	120
5.2.5	DIN 19554 – Rechenbauwerke mit geradem Rechen als Mitstrom- und Gegenstromrechen.	124
5.2.6	Weitere DIN-Normen zum Themenkomplex Feinrechen	124
5.3	DWA-Regelwerk	126
5.3.1	Allgemeines.	126
5.3.2	Arbeitsblatt DWA-A 110 „Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und –kanälen“	126
5.3.3	Arbeitsblatt DWA-A 111 „Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungssystemen“	126
5.3.4	Arbeitsblatt DWA-A 112 „Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen“.	126
5.3.5	Arbeitsblatt DWA-A 122 „Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe für Anschlusswerte zwischen 50 und 500 Einwohnerwerten“	127
5.3.6	Arbeitsgruppe 2.11.1 der DWA „Hydraulische Berechnung von Kläranlagen“	127

5.3.7	Arbeitsblatt DWA-A 128 „Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen“	127
5.3.8	Arbeitsblatt DWA-A 166 „Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung“	128
5.3.9	Arbeitsblatt DWA-DVWK-A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“	129
5.3.10	Arbeitsblatt DWA-A 199-4 „Dienst- und Betriebsanweisung für das Personal von Abwasseranlagen. Teil 4: Betriebsanweisung für das Personal von Kläranlagen“	129
5.3.11	Arbeitsblatt DWA-A 200 „Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten“	130
5.3.12	Arbeitsblatt DWA-A 226 „Grundsätze für die Abwasserbehandlung in Belebungsanlagen mit gemeinsamer aerober Schlammstabilisierung ab 1000 Einwohnerwerte“	130
5.3.13	Arbeitsbericht des DWA-Fachausschusses 2.10 „Kleine Kläranlagen“	130
5.3.14	DWA/VKS-Arbeitsgruppe 3.11.2 „Abfälle aus Kläranlagen – Rechengut, Sandfanggut“	131
5.3.15	Merkblatt DWA-M 369 „Infrastrukturabfälle: Abfälle aus der Reinigung von Kanälen, Sinkkästen und Regenbecken – Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (Rechen- und Sandfanggut)“	132
5.3.16	Zusammenfassung	132
5.4	Vorgaben im Ausland	133
5.5	Forschung und Lehre	136
5.5.1	Fließgeschwindigkeit im Zulaufgerinne	136
5.5.2	Berechnung des hydraulischen Verlustes der Rechen	137
5.6	Internationale Studien und Veröffentlichungen	139
5.6.1	Studie zur Vorbehandlung kommunaler Abwässer mit Kompaktanlagen, Frankreich	139
5.6.2	Evaluation von Einlaufrechen der NSEF, Großbritannien	140
5.6.3	Vergleich verschiedener Berechnungsmethoden des hydraulischen Verlustes von Rechenelementen mit Messergebnissen (USA)	142
5.6.4	Zusammenfassung	143
	Literatur	143
6	Erfassung und Analyse des IST-Zustandes bei Feinrechen auf kommunalen Kläranlagen	147
6.1	Betrachtete Kläranlagen und Rechentypen gesamt/nach Größenklassen	147
6.2	Analyse der Datenbasis/Ausreißerbetrachtung	149
6.2.1	Bereinigung der Datenbasis	149
6.2.2	Korrelation der erhobenen Daten	153
6.2.3	Überprüfung der Fremddaten	153

6.2.4	Überprüfung des Einflusses der Zulauffließgeschwindigkeit auf den Störungsbeseitigungsaufwand unter Berücksichtigung des Einflusses des Rechentypes	155
6.2.5	Zusammenfassung der Datenüberprüfung	156
6.3	Kostenstruktur der Rechengutelimitation	157
6.3.1	Allgemeines	157
6.3.2	Kostenanalyse	158
6.3.2.1	Gesamtwartungskosten	159
6.3.2.2	Störungsbeseitigungskosten	160
6.3.2.3	Energiekosten Feinrechenanlage	160
6.3.2.4	Energiekosten Rechengutbehandlung	160
6.3.2.5	Kapitalkosten	161
6.3.2.6	Betrachtung der Störungsbeseitigungs- und Gesamtwartungskosten nach Rechentypen	161
6.4	Einfluss der Zulauffließgeschwindigkeit auf das betriebliche Ergebnis von Feinrechen	165
6.4.1	Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf das Störungsverhalten und den Wartungsaufwand	165
6.4.2	Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf die Rechengutelimitation	166
6.5	Ableitung und Bewertung häufiger Fehlerquellen	167
6.5.1	Häufige Fehlerquellen beim Betrieb der Feinrechenanlagen	167
6.5.2	Zulauffließgeschwindigkeit und Sedimentation	168
6.5.3	Anströmung der Feinrechenanlage	171
6.5.3.1	Turbulente und laminare Anströmung	171
6.5.3.2	Seitliche Zuflüsse in die Feinrechenanlage	175
6.5.3.3	Richtungsänderungen des Feinrechengengerinnes	177
6.6	Bauliche Gestaltung von Feinrechengengerinnen	179
6.6.1	Länge des Gerinnes vor der Feinrechenanlage	179
6.6.2	Breite des Gerinnes vor der Feinrechenanlage	181
6.6.3	Wasserstand vor der Feinrechenanlage	182
6.6.4	Mischwasserzuflussspezifische senkrechte durchströmte Gerinnefläche MSDG	183
6.6.5	Anordnung eines Sohl sprunges im Rechengengerinne	185
6.7	Weitere Einflussfaktoren	190
6.7.1	Belegung und Belegungsfaktor	190
6.7.2	Einfluss des Alters der Feinrechenanlage auf den Gesamtzeitaufwand	193
6.8	Einfluss vorgeschalteter Bauwerke auf das Betriebsergebnis von Feinrechen	194
6.8.1	Allgemeines	194
6.8.2	Geschiebeschächte	194
6.8.3	Grobrechen	196

6.9	Vergleich der Regelwerke untereinander, mit dem IST-Zustand und mit dem Stand der Technik und Wissenschaft	199
6.10	Zusammenfassung	201
	Literatur.	202
7	Messungen in Feinrechengeninnen	203
7.1	Messtechnik und Methodik	203
7.2	Fließgeschwindigkeit und Strömungsverhalten	205
7.2.1	Vergleich der Fließgeschwindigkeit vor und nach dem Rechen	205
7.2.2	Einbauten im Rechengeninne	208
7.2.3	Turbulente Anströmung	210
7.2.4	Einfluss des Räumzyklusses auf die Fließgeschwindigkeit	211
7.2.5	Belegung des Trennelementes	215
7.3	Zusammenfassung	218
	Literatur.	219
8	Digitale Simulation der Strömungsvorgänge in Feinrechengeninnen	221
8.1	Grundlagen.	221
8.2	Beschreibung des Verfahrens	222
8.2.1	Simulationsmethode.	222
8.2.2	Definition der Randbedingungen	223
8.2.3	Kalibrierung des Modelles/Validierung der Daten	224
8.3	Einfluss der Gerinneprofilierung auf die Fließgeschwindigkeit	226
8.4	Einfluss des Sohlgefälles auf die Fließgeschwindigkeit	232
8.5	Einfluss des Fluidvolumenstromes auf die Fließgeschwindigkeit	234
8.6	Einfluss des Installationswinkels des Trennelementes und der Position des Sohl sprunges auf die Gerinneströmung	236
8.7	Wasserbauliche Begleitversuche	239
8.8	Zusammenfassung	242
	Literatur.	243
9	Sandanfall	245
9.1	Allgemeines	245
9.2	Einfluss der Sandmenge auf die Betriebskosten von Feinrechen	247
9.3	Wechselwirkung von Feinrechen und Sandfangtypen	249
9.4	Zusammenfassung	251
	Literatur.	251
10	Planungsvorgaben für Feinrechenanlagen	253
10.1	Allgemeines	253
10.2	Entscheidungsfindungsprozesse bei der Investition in neue Feinrechen	254
10.2.1	Ersatz bestehender Feinrechenanlagen	254
10.2.2	Neubau einer Feinrechenanlage	255

10.3	Betrieb von Feinrechenanlagen	256
10.3.1	Beeinflussung der Fließgeschwindigkeit im Rechengerinne über die Regelung der Zuflussmenge zur Kläranlage	256
10.3.2	Spülstöße zur Aufwirbelung von Ablagerungen	257
10.3.3	Regelung der Beschickung des Feinrechengerinnes bei mehrstraßigen Feinrechenanlagen als Funktion der Wassermenge	258
10.4	Auswahl geeigneter Feinrechentypen	258
10.4.1	Allgemeines	258
10.4.2	Filterstufenrechen	259
10.4.2.1	Allgemeines	259
10.4.2.2	Grobrechen	259
10.4.2.3	Geröllfänge	260
10.4.2.4	Ausbaugröße	263
10.4.2.5	Beschickungsvolumenstrom	263
10.4.2.6	Zulauffließgeschwindigkeit	263
10.4.2.7	Belegung	264
10.4.2.8	Laufzeit	266
10.4.2.9	Gerinnelänge	266
10.4.2.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	267
10.4.2.11	Zusammenfassung	268
10.4.3	Rotationssiebe	268
10.4.3.1	Allgemeines	268
10.4.3.2	Grobrechen	269
10.4.3.3	Geröllfänge	270
10.4.3.4	Ausbaugröße	270
10.4.3.5	Beschickungsvolumenstrom	271
10.4.3.6	Zulauffließgeschwindigkeit	271
10.4.3.7	Belegung	272
10.4.3.8	Laufzeit	272
10.4.3.9	Gerinnelänge	273
10.4.3.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	274
10.4.3.11	Zusammenfassung	274
10.4.4	Bürstenwendelsiebe	275
10.4.4.1	Allgemeines	275
10.4.4.2	Grobrechen	276
10.4.4.3	Geröllfänge	276
10.4.4.4	Ausbaugröße	277
10.4.4.5	Beschickungsvolumenstrom	277
10.4.4.6	Zulauffließgeschwindigkeit	277
10.4.4.7	Belegung	278
10.4.4.8	Laufzeit	278

10.4.4.9	Gerinnelänge	278
10.4.4.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	278
10.4.4.11	Zusammenfassung	278
10.4.5	Flachsiebe	279
10.4.5.1	Allgemeines	279
10.4.5.2	Grobrechen	280
10.4.5.3	Geröllfänge	280
10.4.5.4	Ausbaugröße	281
10.4.5.5	Beschickungsvolumenstrom	281
10.4.5.6	Zulauffließgeschwindigkeit	281
10.4.5.7	Belegung	281
10.4.5.8	Laufzeit	283
10.4.5.9	Gerinnelänge	283
10.4.5.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	284
10.4.5.11	Zusammenfassung	284
10.4.6	Filterbandrechen	284
10.4.6.1	Allgemeines	284
10.4.6.2	Grobrechen	285
10.4.6.3	Geröllfänge	286
10.4.6.4	Ausbaugröße	287
10.4.6.5	Beschickungsvolumenstrom	287
10.4.6.6	Zulauffließgeschwindigkeit	287
10.4.6.7	Belegung	288
10.4.6.8	Laufzeit	288
10.4.6.9	Gerinnelänge	288
10.4.6.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	289
10.4.6.11	Zusammenfassung	289
10.4.7	Harkenumlaufrechen	289
10.4.7.1	Allgemeines	289
10.4.7.2	Grobrechen	290
10.4.7.3	Geröllfänge	291
10.4.7.4	Ausbaugröße	292
10.4.7.5	Beschickungsvolumenstrom	293
10.4.7.6	Zulauffließgeschwindigkeit	293
10.4.7.7	Belegung	293
10.4.7.8	Laufzeit	294
10.4.7.9	Gerinnelänge	294
10.4.7.10	Gerinnelänge zu Gerinnebreite	294
10.4.7.11	Zusammenfassung	294
10.4.8	Zusammenfassung der Entscheidungshilfe für Feinrechentypen	294

10.5	Allgemeine Anforderungen	295
10.5.1	Vorbemerkungen	295
10.5.2	Bauliche Anforderungen	295
10.5.3	Elektro- und messtechnische Anforderungen	298
10.5.4	Haustechnische Anforderungen	299
10.5.5	Sicherheitstechnische Anforderungen	300
10.6	Zulauffließgeschwindigkeit	301
10.7	Rückstau in die Feinrechenanlage	305
10.8	Hydraulische Berechnung	306
10.8.1	Allgemeines	306
10.8.2	Ansatz der Fließgeschwindigkeit	307
10.8.3	Überprüfung wichtiger Berechnungsansätze in der Abwassertechnik für Feinrechen	308
10.8.4	Überprüfung des Berechnungsansatzes nach Kirschmer	309
10.8.5	Modifikation des Berechnungsansatzes nach Kirschmer	312
10.8.5.1	Entwicklung einer Methode zur Modifikation nach Praxismesswerten	312
10.8.5.2	Verifizierung der Methode	314
10.8.5.3	Zusammenfassung	318
10.8.6	Verwendung des Ansatzes nach Borda-Carnot	319
10.8.7	Stauzuschlagsberechnung nach Droste	321
10.8.8	Alternativer Ansatz zur Stauzuschlagsberechnung für Lochsiebe	321
10.8.9	Wirksame Rechenfläche	322
10.9	Alternative Anordnung von Feinrechenanlagen im Abwasserreinigungsprozess	323
10.10	Zusammenfassung	325
	Literatur	326
11	Fallbeispiele	329
11.1	Vorbemerkungen	329
11.2	Fallbeispiel 1 – Richtige Beschickung der Feinrechenanlage	330
11.3	Fallbeispiel 2 – Anströmung der Feinrechenanlage	331
11.4	Fallbeispiel 3 – Überlastung der Feinrechenanlage	333
11.4.1	Fallbeispiel 3a – Vorgaben für die Planung	334
11.4.2	Fallbeispiel 3b – Berücksichtigung der Beschickungssituation	336
11.5	Fallbeispiel 4 – mangelhafte Konzeption der Feinrechenanlage	340
11.6	Fallbeispiel 5 – ungenügende Rechengutelimination	346
11.7	Fallbeispiel 6 – zukunftsorientierte Erneuerung einer Grob- und Feinrechenanlage	352
11.8	Zusammenfassung	354
	Literatur	354

12 Schlussbemerkungen	355
12.1 Planung von Feinrechenanlagen	355
12.2 Ausblick	358
Literatur	358
Abkürzungsverzeichnis/Begriffsbestimmungen	359



1.1 Allgemeines

Grundlegendes Ziel aller Maßnahmen zur Abwasserbehandlung ist der Schutz der Umwelt und die Erhaltung der Ressource Wasser nicht jetzt sondern auch für die Zukunft. Dieses Ziel ist zum einen in den entsprechenden Rechtsvorschriften definiert und zum anderen resultiert es aus dem gesellschaftlichen Bestreben, nachfolgenden Generationen ein weitest möglich intaktes aquatisches Ökosystem zu übergeben. Im Hinblick auf die als sogenannte Vorflut für Abwasseranlagen dienenden Oberflächengewässer ergibt sich eine direkte Schnittstelle zwischen optimiertem Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen und den Umweltschutzzielen.

Darüber hinaus sind auch gesundheitliche Interessen der menschlichen Gesellschaft Motivation für eine immer bessere Reinigung des Abwassers. Dies ist Voraussetzung für die Verfügbarkeit von Trinkwasser frei von gesundheitsschädigenden Eigenschaften für jedermann. Ein weiteres Ziel der Behandlung des Abwassers durch den Menschen ist daher auch die Vermeidung von Epidemien (Cholera, Typhus etc.) mit hohen Opferzahlen, siehe auch Tab. 1.1.

Die aus den Missständen der Vergangenheit gezogenen Lehren sind in breiten Bevölkerungsschichten nicht mehr präsent, da sauberes Trinkwasser, eine funktionierende Abwasserableitung und eine zuverlässige Abwasserreinigung in Westeuropa allgemein als Selbstverständlichkeit vorausgesetzt werden. Dies schmälert jedoch in keinster Weise deren Bedeutung für die Funktion und die Gesunderhaltung einer modernen Gesellschaft.

Maßgebende Voraussetzung für das Erreichen all dieser Ziele ist das Vorhandensein und die einwandfreie Funktion einer geeigneten Infrastruktur der Abwasserableitung und -reinigung. Hierzu zählen einerseits die Anlagen zum Sammeln und Transport des Abwassers und die Bauwerke zur Regenwasserbehandlung. Andererseits sind gerade die am

Tab. 1.1 Typhussterblichkeit und Kanalanschluss in Berlin [1]

Jahr	Typhusfälle je 10.000 EW	Zahl der Kanalanschlüsse von Grundstücken
1870	77	0
1872	140	0
1875	97	57
1880	45	7448
1885	16	15.929
1890	9	20.051
1900	6	25.406
1910	3	29.554
1920	2	30.232

Ende von Entwässerungssystemen angeordneten Kläranlagen zur mechanischen, biologischen und weitergehenden Reinigung der anfallenden Abwässer sowie zur Behandlung der Umwandlungsprodukte integraler Bestandteil dieser siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur. Dabei variiert der Schmutzwasseranfall regional sehr deutlich, wie Tab. 1.2 des Statistischen Bundesamtes zeigt.

Der Einfluss des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft ist eine ebenfalls nicht zu unterschätzende Komponente. Er kann erhebliche Auswirkungen auf die Funktion siedlungswasserwirtschaftlicher Anlagen haben. So werden nach derzeitiger Einschätzung die Trockenperioden statistisch länger als bisher andauern. Während dieser Trockenwetterperioden wird die in den Kanälen abgeleitete Wassermenge sehr gering sein. Durch die damit ebenfalls geringere Schleppspannung des Abwassers im Rohr geht die Fähigkeit des Schmutzwassers zum Stofftransport ebenfalls zurück. Daher ist verstärkt mit Kanalablagerungen und daraus resultierenden Geruchsbelästigungen zu rechnen. Dies erfordert für die Betreiber einen erhöhten Aufwand zur Kanalnetzunterhaltung, da in geringeren Abständen die Kanalisation gereinigt werden muss. Zudem werden in diesen Perioden geringer Wasserführung die Fließgewässer, die als Vorflut für die Kläranlagen dienen, weitaus schwächer belastbar sein. Damit ist ein guter ökologischer Zustand der Gewässer schwieriger zu erreichen. Hieraus können besondere behördliche Auflagen an die Art der Abwasserreinigung resultieren. Hier ist ein konstruktiver Dialog zwischen allen Beteiligten unumgänglich, da jegliche Maßnahmen immer unter dem Aspekt eines ausgewogenen Kost-Nutzen-Verhältnisses und der ganzheitlichen Betrachtung aller Folgen zu ergreifen sind.

Gleichzeitig werden lokal begrenzte Starkregenereignisse in weitaus stärkerer Form als bisher simuliert auftreten. Für diese Rechenmodelle werden statistische Regendaten verschiedener Quellen verwendet. In aller Regel werden für diese Berechnungen Regenereignisse herangezogen, die im statistischen Mittel alle drei Jahre auftreten. Da es wirtschaftlich unverantwortlich wäre, die Entwässerungssysteme auf derartige Regenereignisse auszulegen, werden auch die lokalen Überflutungen deutlich zunehmen, siehe auch Abb. 1.1. Die Starkregenereignisse im Frühjahr 2016, die vor allem den Süden Deutschlands trafen und mehrere Todesopfer forderten, belegen dies sehr deutlich.

Tab. 1.2 Kläranlagen und Schmutzwasseranfall im Jahr 2013 in der Bundesrepublik Deutschland [2]

Regionale Gliederung	Anlagen insgesamt	davon mit einer Jahresabwassermenge von bis unter..... m ³						
		unter 50.000	50.000 – 100.000	100.000 – 500.000	500.000 – 1 Mill.	1 Mill. – 4 Mill.	4 Mill. – 6 Mill.	ab 6 Mill.
	Anzahl							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Deutschland	9307	3439	830	2349	914	1297	196	282
Westdeutsche Flächenländer	7001	1954	675	2018	787	1139	181	247
Ostdeutschland ohne Berlin	2300	1485	155	330	127	158	14	31
Stadtstaaten	6	–	–	1	–	–	1	4
Baden- Württemberg	972	123	77	264	142	261	39	66
Bayern	2480	901	275	762	227	236	40	39
Berlin	1	–	–	–	–	–	–	1
Brandenburg	243	123	18	53	18	23	2	6
Bremen	4	–	–	1	–	–	1	2
Hamburg	1	–	–	–	–	–	–	1
Hessen	696	76	70	251	99	151	27	22
Mecklenburg- Vorpommern	595	475	30	54	20	12	2	2
Niedersachsen	613	138	30	195	124	103	8	15
Nordrhein- Westfalen	634	51	32	126	86	211	50	78
Rheinland-Pfalz	680	116	76	261	75	128	12	12
Saarland	136	20	14	49	13	25	5	10
Sachsen	677	417	58	97	33	58	4	10
Sachsen-Anhalt	239	103	20	54	25	29	3	5
Schleswig- Holstein	790	529	101	110	21	24	–	5
Thüringen	546	367	29	72	31	36	3	8

Die hydraulischen Spitzenbelastungen im Kanalnetz sind für die Kläranlagen von untergeordneter Bedeutung. In aller Regel gewährleisten vorgeschaltete Drosselorgane oder Zulaufpumpwerke die Begrenzung des Volumenstromes durch die Kläranlage auf eine definierte Beschickungswassermenge. Aus den Trockenwetterperioden resultieren für die Kläranlagen beim ersten nachfolgenden Regenwetterereignis jedoch starke Stoßbelastungen mit Schmutzstoffen aus dem Kanalnetz. Diese Frachtstöße sind bei Kläranlagen im Mischsystem deutlich ausgeprägter, als bei Kläranlagen im Trennsystem. Sie treffen zuerst auf Rechenanlagen, die eine erste mechanische Reinigung dieser Schmutzwässer bewältigen müssen. Unabhängig von der Art des Entwässerungssystems und des Abwasseranfalles kommt der Sicherstellung einer funktionierenden Abwasserreinigung gerade in diesen extremen Betriebszuständen zukünftig eine noch größere Bedeutung zu (Tab. 1.3).



Abb. 1.1 Mischwasseraustritt aus einem überlasteten Kanal über einen Schachtdeckel

Mit immer weiter verbesserten Analysemethoden kann ein deutlich breiteres Spektrum an Abwasserinhaltsstoffen erfasst werden. So ist es heute möglich, eine Vielzahl von Substanzen sowohl im Kläranlagenzulauf als auch im Kläranlagenablauf nachzuweisen. Hohe Gewässerbelastungen werden oft auch durch landwirtschaftliche Einflüsse verursacht.

Die Anforderungen an Quantität und Qualität der Einleitungen aus Kläranlagen in Gewässer werden also durch mehrere Faktoren beeinflusst. Durch immer weiter fortschreitende wissenschaftliche Erkenntnisse werden neue Methoden der Abwasserreinigung entwickelt. Zugleich sinkt die gesellschaftliche Akzeptanz der Verunreinigung der Gewässer immer weiter. So war es z. B. bis zur vierten Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes im Jahr 1976 so, dass der Grad der Reinigung des Abwassers vom Vorfluter abhing (Puffervermögen des Vorfluters). Heute hingegen werden Abwassereinleitungen nur noch zugelassen, wenn sie den gesetzlichen Mindestanforderungen genügen, es sei denn, aus dem Zustand des Gewässers oder Bewirtschaftungszielen sind noch schärfere Vorgaben ableitbar [1].

Moderne Kläranlagen reinigen das Abwasser zumeist in drei Verfahrensstufen, der mechanischen Reinigung, der biologischen Reinigung und der chemischen Reinigung, meist zur Phosphorfällung. Die Schlammbehandlung kann dabei differieren. Je nach den Erfordernissen aus der Verfahrenstechnik, aus Besonderheiten des Vorfluters und aus den Genehmigungsaufgaben sind weitergehende Reinigungsstufen möglich.

Bereits 2007 wurden mehr als 99 % des in Deutschland kommunal anfallenden Abwassers einer biologischen Reinigung zugeführt, weniger als 1 % wurde ausschließlich mechanisch geklärt. Verdeutlicht ist dies auch in Abb. 1.2 [2]. Inzwischen ist die Zahl der ausschließlich mechanisch reinigenden Kläranlagen noch weiter zurückgegangen.

Wie die Abb. 1.2 auch zeigt, ist eine ausschließliche mechanische Reinigung des kommunalen Abwassers heute nicht mehr zeitgemäß und vor dem Hintergrund der geltenden Verordnungen und Gesetze auch nicht mehr durchsetzbar. Zudem würde eine ausschließlich mechanische Reinigung des Abwassers gesellschaftlich keinerlei Akzeptanz mehr finden. Trotzdem bleibt die mechanische Grobstoffentfernung aus dem Abwasser ein wichtiger Teil der Abwasserreinigung.

Tab. 1.3 Jahresabwassermengen und -zusammensetzung in Deutschland 2013 [2]

	Anlagen insgesamt Anzahl	Jahresmittelwert der angeschlossenen Einwohnerwerte Anzahl EW	Jahresabwassermenge					
			insgesamt 1000 m ³	davon				
				häusliches und betriebliches Schmutzwasser	Fremdwasser	Niederschlagswasser		
Regionale Gliederung	1	2	3	4	5	6		
Deutschland	9307	116.872.889	9.825.198	5.020.773	2.235.500	2.568.925		
Westdeutsche Flächenländer	7001	92.598.496	8.388.516	4.065.468	2.005.901	2.317.147		
Ostdeutschland ohne Berlin	2300	18.616.822	1.128.962	707.812	203.607	217.543		
Stadistaaten	6	5.657.571	307.720	247.493	25.992	34.235		
Baden-Württemberg	972	15.966.691	1.725.749	553.106	515.581	657.062		
Bayern	2480	20.911.604	1.848.516	994.898	360.118	493.500		
Berlin	1	1.564.066	84.575	74.121	-	10.454		
Brandenburg	243	5.640.037	237.342	212.904	8237	16.201		
Bremen	4	1.256.756	61.535	49.972	5982	5581		
Hamburg	1	2.836.749	161.610	123.400	20.010	18.200		
Hessen	696	7.914.807	909.902	296.434	316.492	296.976		
Mecklenburg- Vorpommern	595	2.343.925	92.155	73.414	9869	8872		
Niedersachsen	613	11.338.440	577.638	453.692	88.736	35.210		
Nordrhein- Westfalen	634	25.900.858	2.400.674	1.312.684	532.177	555.813		
Rheinland- Pfalz	680	5.408.962	545.785	232.401	119.660	193.724		
Saarland	136	1.413.491	186.324	61.708	55.561	69.055		
Sachsen	677	4.695.122	415.898	185.862	106.096	123.940		
Sachsen- Anhalt	239	3.581.054	177.334	119.788	29.355	28.191		
Schleswig- Holstein	790	3.743.643	193.928	160.545	17.576	15.807		
Thüringen	546	2.356.684	206.233	115.844	50.050	40.339		

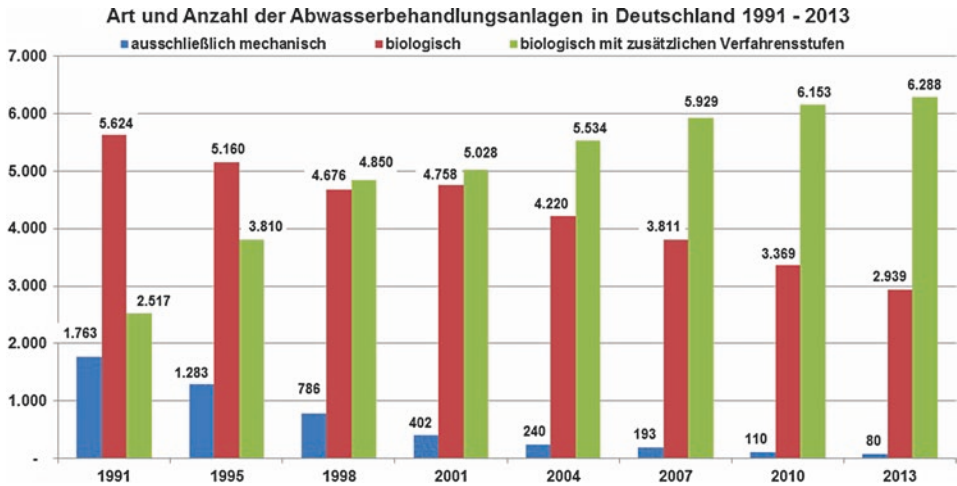


Abb. 1.2 Anzahl und Art der Abwasserbehandlungsanlagen [2]

1.2 Problemstellung

Auch wenn eine mechanische Reinigung des Abwassers allein für die Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben nicht mehr ausreichend ist, leisten die Feinrechenanlagen doch wichtige Beiträge zu einer modernen Abwasserreinigung. Beispielphaft sind hier zu nennen:

- Vermeidung des Austrages von rückhaltbaren Grobstoffen in die Gewässer
- Unterbindung der schädlichen Auswirkungen der Grobstoffe auf die nachfolgenden Reinigungsstufen

Die meist maschinelle Entfernung von Grobstoffen aus dem Abwasser wird bei der Abwasserreinigung seit mehr als 100 Jahren praktiziert. Sie ist nach wie vor fester Bestandteil einer wirkungsvollen Abwasserreinigung. Obwohl auf diesem Gebiet umfangreiches Wissen vorhanden ist, treten in der betrieblichen Praxis oft erhebliche Schwierigkeiten auf. Diese Probleme müssen vom Betriebspersonal einer Kläranlage behoben werden.

Aus diesen Schwierigkeiten resultiert für den Betreiber der Feinrechenanlagen somit zum einen ein erhöhter Betriebsaufwand auf der gesamten Abwasserreinigungsanlage, der sich zwangsläufig auch in den zur Finanzierung der Abwasserreinigung erhobenen Gebühren niederschlägt. Zum anderen können aus Fehlern und dem Versagen der Feinrechenanlage erhebliche weitere Konsequenzen im weiteren Reinigungsprozess und im Vorfluter entstehen. Entsprechende Beispiele werden im Kap. 4 aufgezeigt. Daher liegt es im Interesse aller Beteiligten, die Grobstoffentfernung aus dem Abwasser so sicher wie möglich zu gestalten.

Die auf den Kläranlagen eingesetzten Feinrechenanlagen arbeiten meist unter diskontinuierlicher Beschickung sowie stark variierenden Volumen- und Frachtströmen. Trotzdem müssen die Feinrechen bei verschiedensten Wasser- und Schmutzfrachtmengen zuverlässig die Anforderungen erfüllen. Dementsprechend ist auch das Erscheinungsbild von Feinrechenanlagen höchst verschieden, wie die folgenden Beispiele zeigen.





Die aufgeführten Beispiele zeigen, in welcher Bandbreite Feinrechen auf Kläranlagen eingesetzt werden. Dabei ergeben sich aus den bereits erwähnten Gründen und den im Betrieb auftretenden Problemen bei Feinrechenanlagen viele Fragestellungen. Diese betreffen sowohl die Auslegung der Feinrechen, wie z. B.

- Kalkulation des Rechengutanfalles,
- Berücksichtigung von Frachtstößen,
- regionale Einflüsse,

- hydraulische Verhältnisse im Rechengerinne,
- hydraulische Auslegung des Rechens,

als auch die betrieblichen Randbedingungen. Zu nennen sind hier beispielsweise:

- Einfluss der Art des Entwässerungssystems,
- Einfluss von Bauwerken zur Regenwasserbehandlung im Mischsystem,
- Einfluss von Geröllfängen oder Grobrechen,
- Unterschiede zwischen den Rechentypen.

Aus dieser Aufzählung geht hervor, dass bei der Investition in Feinrechen viele Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Dies findet teilweise nicht beziehungsweise nicht ausreichend statt. Werden die maßgeblichen Randbedingungen berücksichtigt, wird es neben der Erhöhung der Betriebssicherheit auch möglich sein, die Betriebskosten einer Kläranlage zu senken und somit die Abwassergebühren für die Verbraucher in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

Literatur

1. Sickert, E. 1999. Geschichte der Abwasserentsorgung, Kanalisation im Wandel der Zeit, aus: 50 Jahre ATV 1948–1998, GFA-Verlag, Hennef, 1999. ISBN: 3-933707-08-0.
2. Statistisches Bundesamt Wiesbaden. Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung, Fachserie 19 Reihe 2.1.2 – 2015



Abriss der Geschichte der Abwasserreinigung

2

2.1 Wassernutzung durch den Menschen

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge und der Erfordernis einer Abwasserreinigung ist es notwendig, auf die grundlegende Funktion des Wasserkreislaufes, schematisch dargestellt in Abb. 2.1, hinzuweisen.

Aus der Abb. 2.1 wird deutlich, dass das vom Menschen genutzte Wasser nicht unbegrenzt in seinem natürlichen Zustand zur Verfügung steht. Vielmehr muss bei jeglicher Betrachtung der Nutzung der Wasserressourcen davon ausgegangen werden, dass das Wasser bereits mehrfach über diesen Wasserkreislauf vom Menschen genutzt und anschließend wieder abgeleitet wurde. Dies ist auch ein Grund für die strikten Vorgaben des Gesetzgebers zum Gewässerschutz.

Die Problematik der Mehrfachnutzung des Wassers im Wasserkreislauf tritt besonders während ausgedehnter Trockenwetterperioden und in Gebieten mit einer Trinkwassergewinnung vor allem aus Flüssen, Talsperren oder ähnlichen Speichern aber auch bei Grundwässern auf. Aus dieser Tatsache heraus, die z. B. durch landwirtschaftlich verursachte nitratbelastete Grundwässer in der Trinkwasseraufbereitung in der ehemaligen DDR und aktuell auch innerhalb der Europäischen Union belegt ist, kann eine andere Form des Wasserkreislaufes unter dem Aspekt der Wassernutzung und möglicher Auslassung einzelner Schritte oder Bildung von Teilkreisläufen abgeleitet werden. Ein solcher Wasserkreislauf unter Nutzungsaspekten ist in Abb. 2.2 dargestellt.

Ähnliche Erfahrungen über den Zusammenhang zwischen der Kreislaufnutzung des Wassers und der damit einhergehenden Verschlechterung der Wasserqualität gibt es auch aus dem Ruhrgebiet oder den USA. So wurde im Jahre 1929 an der Ruhr festgestellt, dass Teile des Wassers den Kreislauf während der Sommermonate bis zu dreimal durchlaufen haben. In Kansas im Gebiet des Verdigrisflusses wurde im Jahre 1948 sogar ein bis zu

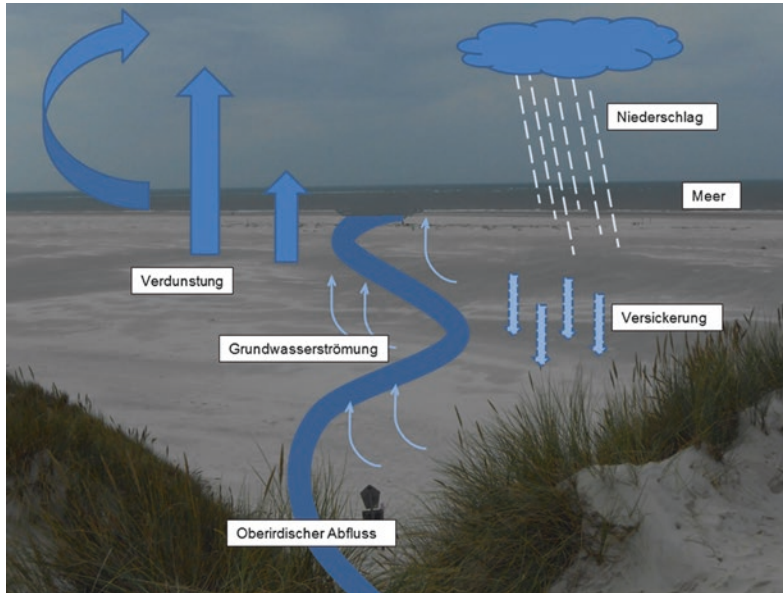


Abb. 2.1 Wasserkreislauf

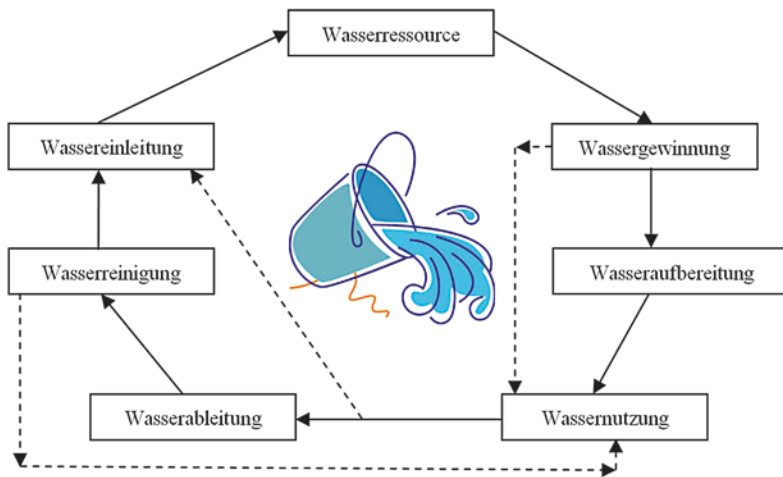


Abb. 2.2 Wasserkreislauf unter Nutzungsaspekten

siebzehnmaligen Kreislauf berechnet. Beide Trockenperioden hatten eine deutliche Verschlechterung der Wasserqualität zur Folge, Imhoff [11].

Nach Imhoff [11] wird als Lehre daraus empfohlen, ein Verhältnis von 1 : 1 zwischen gereinigtem Abwasser und unberührtem Verdünnungswasser auch in Trockenwetterperioden nicht zu unterschreiten. Hierbei ist auch von Bedeutung, dass Grobstoffen grundsätzlich organische Stoffe anhaften, die nicht in der Vorflut abgewaschen werden dürfen. Daher

müssen diese Grobstoffe bzw. das Rechengut aus diesem Nutzungskreislauf entfernt werden. Es ist aber klar, dass solche Empfehlungen in ariden Gebieten nicht einhaltbar sind.

Die Nutzung des Elementes Wasser durch den Menschen innerhalb des Wasserkreislaufes ist vielfältig, denn durch seine Eigenschaften ist es von grundsätzlicher Bedeutung für alles Leben auf der Erde. Es heißt nicht umsonst: „Wasser ist Leben.“ Auch in der Pflanzenwelt oder in der Tierwelt ist Wasser unabdingbar. In der Tab. 2.1 sind einige Beispiele hierzu aufgeführt.

Die Bedeutung des Wassers für das Leben auf der Erde ist offenkundig, auch im Hinblick auf seine Einflüsse auf Witterung und Weltklima. Auch wenn die Grobstoffeliminierung aus Abwasser nicht den globalen Bereich dieser Erscheinungen tangiert, wird die Erfordernis für den Schutz der Ressource Wasser nochmals hinreichend deutlich.

Der Mensch entnimmt nach Strell [17] sein Trink- oder Brauchwasser im Allgemeinen aus folgenden Quellen:

- Grundwasser
- Quellfassungen
- Oberflächenwasser
- Talsperrenwasser
- See- bzw. Meerwasser

Strell [17] bewertet diese Quellen aus hygienischer Sicht wie folgt:

Grund- und Quellwasser Die wichtigste Quelle für Trink- und Brauchwasser ist das Grundwasser. Grund- und Quellwasser sind in bakteriologischer Hinsicht verhältnismäßig rein und von einer gleichmäßig tiefen Temperatur. Der größte Vorteil der Verwendung von Grundwasser in unseren Breiten liegt jedoch zweifelsohne in seiner dauerhaften Erergiebigkeit. Die Verwendung von Grundwasser ist aber durchaus auch problematisch. Durch

Tab. 2.1 Wasser in Flora und Fauna [17]

Flora	
1	Traubenzucker Zur Bildung von 100 g Traubenzucker durch Pflanzen wird eine Wassermenge von 60 g benötigt.
2	Einheimisches Blattgemüse Unser einheimisches Blattgemüse hat einen Wasseranteil von 85–95 % des Frischgewichtes.
3	Grün- und Fadenalgen Der Wasseranteil dieser Pflanzen beträgt sogar 95–98 % des Frischgewichtes.
Fauna	
1	Venusgürtel (Cestus veneris) Der Wassergehalt der Körpersubstanz dieser Rippenqualle beträgt sage und schreibe rund 99,8 %.
2	Menschen Der Körper von Neugeborenen besteht zu etwa 73 % aus Wasser, der von Erwachsenen immerhin noch zu 66 %. Neben Hirn, Rückenmark und Milz mit einem Wassergehalt von ca. 75 % hat der Glaskörper im Auge sogar einen Wassergehalt von 99 %.

landwirtschaftliche Nutzung der Oberflächen dringt Nitrat in Grundwasser ein, das in hoher Konzentration im Trinkwasser bei Säuglingen zum Tode führen kann. Auch werden z. B. eingesetzte Pestizide oft in die Absenktrichter von Brunnenfassungen gezogen und verunreinigen so das gewonnene Grundwasser. An alten Industriestandorten der chemischen Industrie finden sich oft oberhalb des Grundwassers meterdicke Schichten an Treibstoffen oder Lösungsmitteln bzw. anderen Chemikalien mit geringerer Dichte als Wasser. Ebenso die Versauerung des Grundwassers in Tagebaurestgebieten durch pyriothaltige Massen (Abraumhalden) ist problematisch. Auch durchströmte Rüstungsaltslasten oder Deponien wirken sich naturgemäß sehr negativ auf die Wasserqualität aus. Der Problematik der Ausbreitung von Schadstoffen auch im Grundwasser wurde lange Zeit nicht die angemessene Aufmerksamkeit geschenkt, da die Prozesse nicht sichtbar waren.

Oberflächenwasser Die Entnahme von Wasser aus Oberflächengewässern ist zwar eine im Verhältnis sehr preisgünstige Variante, jedoch sind hier Verunreinigungen durch Ableitung genutzter Wässer jeglicher Eigenschaften, ob nun gereinigt oder ungereinigt, am stärksten spürbar. Der nachgewiesene Einfluss der Kreislaufnutzung wurde bereits erwähnt. Zudem erfolgt der Zustrom der obersten Grundwasserschicht, also der Schicht mit dem stärksten Kontaminationspotenzial in Richtung der Oberflächengewässer bzw. sie korrespondieren direkt. Daher ist hier die Aufbereitung oft intensiver, als beim Grundwasser.

Talsperrenwasser Wenn auch das Talsperrenwasser durch Schutzmaßnahmen im Talsperrenbereich oft hygienisch besser ist, als Wasser aus Flüssen oder Seen, so bestehen auch hier die Probleme des Zustromes aus Grundwasser oder möglicher Kontaminationen durch Oberflächengewässer, denn durch sie werden sie gespeist. Es ist jedoch durch den großen Wasserkörper oft reiner und kühler als das Wasser aus Flüssen oder Seen. Die Problematik der Kreislaufführung kann aber bei kleinen Speichervolumina zum Tragen kommen.

See-beziehungsweise Meerwasser Die Nutzung von Meerwasser für die Trinkwassergewinnung birgt sicherlich den Vorteil der äußerst großen Verfügbarkeit. Nachteilig wirkt sich neben den bekannten Verschmutzungen in Ufernähe durch Einleitungen, Verklappungen etc. der hohe Salzgehalt aus, der das Wasser ohne Aufbereitung für den Menschen ungenießbar macht. Entsalzungs- und Reinigungsanlagen sind jedoch sehr aufwändig. Nutzungen zur Energiegewinnung sind inzwischen vielerorts umgesetzt, hierbei ist jedoch auf das Problem der Korrosion zu achten.

2.2 Wasserhygiene

Von grundlegender Bedeutung für die Gewinnung von brauchbarem Trinkwasser ist die Vermeidung jeglicher Verschmutzung der Gewinnungsquelle. Die Folgen einer Missachtung dieser Grundregel oder aber entsprechender Naturkatastrophen sind erheblich, siehe Tab. 2.2.

Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, welche Bedeutung die Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser hat und damit auch, welches Gewicht der Reinigung und

Tab. 2.2 Epidemien durch verschmutztes Trinkwasser [17]

Ereignis	Folgen
Cholera-Epidemie in Hamburg (1892)	<ul style="list-style-type: none"> • 17.000 Erkrankungen • 8500 Todesfälle
Typhus-Epidemie in Gelsenkirchen (1901)	<ul style="list-style-type: none"> • 3300 Erkrankungen • 260 Todesfälle
Typhus-Epidemie in Hannover (1926)	<ul style="list-style-type: none"> • 2500 Erkrankungen • 300 Tote
Typhus-Epidemie in Neuötting (1947/1948)	<ul style="list-style-type: none"> • mehr als 1000 Erkrankungen • rd. 200 Todesfälle
Cholera-Epidemie in Südamerika (1991)	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 400.000 Erkrankungen • etwa 12.000 Todesfälle
Cholera-Epidemie in Simbabwe (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • 98.000 Erkrankungen • 4200 Todesfälle
Cholera-Epidemie in Haiti (2009/2010/2011)	<ul style="list-style-type: none"> • rund 275.000 Erkrankungen • mehr als 4700 Todesfälle

schadfreien Ableitung des anfallenden Abwassers zukommt. Dieser Fakt erlangte jedoch nicht sofort mit der menschlichen Besiedlung der Erde Bedeutung, da die geringe Zahl erster Siedlungen noch keine Beeinträchtigung der Versorgung mit Frischwasser mit sich brachte. Erst mit steigenden Einwohnerzahlen der Siedlungen und dem Entstehen großer Städte wurde die Notwendigkeit einer gesicherten Frischwasserversorgung und zumindest der Abwasserableitung erkannt und entsprechende Maßnahmen ergriffen. Wenngleich diese Erkenntnisse zwischenzeitlich in Vergessenheit gerieten, so wurde mit der Wiederentdeckung dieser grundlegenden Zusammenhänge und der fortschreitenden wissenschaftlichen Möglichkeiten der Grundstein für eine moderne Abwasserreinigung gelegt.

Parallel dazu wurde die Bevölkerung mit simplen, bildhaften Empfehlungen zur Entnahme von Trinkwasser sensibilisiert, die in der heutigen Zeit selbstverständlich sind. So ist in Strell [17] anschaulich der Zusammenhang zwischen fäkalen Verunreinigungen des Bodens, dem Fassungsbereich von Brunnen und der Trinkwasserentsorgung erkennbar. Auch wenn derartige Hinweise in der heutigen Zeit überwiegend überholt erscheinen, hat doch die grundlegende Botschaft, die Vermeidung der Trinkwasserverunreinigung durch Fäkalien, nichts an ihrer Bedeutung verloren.

2.3 Anpassung der Abwassertechnik an gesellschaftliche Entwicklungen

2.3.1 Selbstreinigung belasteter Gewässer

Seit dem Bestehen größerer menschlicher Ansiedlungen wurde es notwendig, für den Umgang mit dem anfallenden Abwasser wirksame Mechanismen zu entwickeln. So entwickelten die ersten Kulturvölker Systeme zur Ableitung des Abwassers. Diese Systeme

hatten jedoch lediglich die Ableitung des Abwassers zum Ziel, nicht jedoch die Zuführung desselben zu einer Behandlung. Das Selbstreinigungspotenzial der Gewässer war noch ausreichend, die stofflichen Belastungen abzubauen. Die natürliche Selbstreinigungsfähigkeit von Gewässern kann nach Strell [17] definiert werden als

► **Definition** Natürliche Selbstreinigungsfähigkeit – die Fähigkeit, erlittene Verunreinigungen innerhalb einer gewissen Strecke und Zeit so zu verarbeiten, dass die ursprüngliche Reinheit der Gewässer wenigstens annähernd wieder erreicht wird. [17]

Die Fähigkeit der Gewässer zur natürlichen Selbstreinigung ist ein seit langer Zeit bekannter Vorgang, der in intensiverer Form auch auf modernen Abwasserreinigungsanlagen angewendet wird. Auch in den Gewässern erfolgt ein Umbau organischer Substanzen durch Kleinstorganismen. Ebenso wie auf Kläranlagen begünstigen Wechsel zwischen Sauerstoffeintrag und -zehrung bei langsamem Fließen des Gewässers die Umwandlungsprozesse.

Für den Zustand des Gewässers ist aber auch die Konzentration und Menge des eingeleiteten verschmutzten Wassers im Verhältnis zur Wasserführung des Gewässers selbst von Bedeutung. Es ist jedoch einfach nachzuvollziehen, dass dieses Verhältnis mit zunehmender Besiedlung und späterer Industrialisierung immer ungünstiger wurde. Da hierdurch der Sauerstoff in den Gewässern schneller aufgebraucht wurde, kam es nach Röske et al. [13] infolge dieser Überlastung mit abbaubaren organischen Stoffen zum Ausfall der tierischen Besiedlung und die biologische Reinigung brach zusammen. Zudem kam es durch die immer dichtere Besiedlung auch zu einer immer schnelleren Verbreitung von Epidemien, die ihre Ursache in einer unzureichenden Abwasserreinigung hatten.

Daher war es unumgänglich, Verfahren zur Abwasserreinigung zu schaffen. Die historische Entwicklung der Abwasserreinigung wird in den folgenden Abschnitten kurz zusammengefasst.

2.3.2 Prähistorisches Zeitalter

Mit dem Erscheinen des Menschen beginnt auch dessen Geschichte des Abwasseranfalls und der Abwasserbehandlung. Zu Beginn der Besiedlung der Erde durch den Menschen wurde auf die Entsorgung der Exkremate vermutlich kein besonderes Augenmerk gelegt. Mit der Errichtung erster Pfahlbauten wurden jedoch erste Einrichtungen zur Entsorgung der Exkremate in Form von Erdlöchern errichtet. Ein weiterer Entsorgungsweg bestand im Einbringen in ein Gewässer, Strell [16].

2.3.3 Babylonien und Assyrien

Bereits aus der Zeit um 4500 v. Chr. sind aus der Kultur der Sumerer erste Kanalisationsysteme überliefert. Es handelte sich hierbei vermutlich um Kanalisationsanlagen, die beim Bau von Palästen verwendet wurden, Strell [16]. Auch das antike Babylon soll nach Strell