Klärwärter-Taschenbuch

16. Auflage 2010

Diese Auflage wurde vollständig neu bearbeitet von

Dipl.-Ing. Hannes Felber und
Dipl.-Ing. Manfred Fischer

in Zusammenarbeit mit
dem DWA-Fachausschuss BIZ-2 „Grundkurse“

Herausgeber

**Deutsche Vereinigung
für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e.V.**

F. Hirthammer Verlag München/Oberhaching

16. Auflage 2009: 72. – 76. Tausend

ISBN 978-3-921288-09-2
© 1969 by F. Hirthammer Verlag GmbH
Raiffeisenallee 10, 82041 Oberhaching/München

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, sind vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe – auch auszugsweise – sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Über dieses Buch

Die ersten Grundkurse für Klärwärter in Deutschland wurden Anfang der 60er Jahre durchgeführt. **ERWIN STIER** leitete diese Kurse in Bayern. Aus den Manuskripten der Vortragenden entwickelte er einen Leitfaden für den Einstieg in die Abwassertechnik. Er verstand es, die vielen Anregungen des Betriebspersonals in die jeweils nächste Auflage nahtlos einzuarbeiten, ohne die leichtverständliche Lesbarkeit zu verlieren. So reifte das Taschenbuch zu einem umfassenden Werk heran.

1980 kam **MANFRED FISCHER** als Autor dazu. Durch seine Tätigkeit beim Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft und als Obmann der DWA-Nachbarschaften war es ihm möglich, die fachlichen Erkenntnisse und die gesetzlichen Festlegungen in Deutschland zu überblicken. Seit 2004 ist er Redakteur des Fachblattes KA-Betriebs-Info. Hier berichtet das Personal über Betriebserfahrungen mit Abwasseranlagen. Die Artikel geben wertvolle Anregungen für die Weiterentwicklung dieses Buches.

Im Jahre 2003 stieß **HANNES FELBER** dazu. Schon lange war er bei den jeweiligen Neuauflagen des Taschenbuchs ein Ratgeber in praktischen Fragen. In seiner Tätigkeit bei der Münchner Stadtentwässerung befasst er sich nicht nur mit grundsätzlichen Verfahrensfragen, er ist auch mit dem Betriebsalltag vertraut. Als Obmann des DWA-Fachausschusses Grundkurse ist er Garant dafür, dass auch die Erfahrungen dieses wichtigen Fachgremiums mit einfließen.

Das Klärwärter-Taschenbuch ist zu einer fachlich unentbehrlichen Hilfe geworden und auf jeder Kläranlage zu finden. Auch die technischen Leiter in den Verwaltungen, die Fachbüros und die Behörden suchen sich dort Rat. In jede Auflage fließen neue Erfahrungen und Erkenntnisse ein, so dass sich das Buch ständig weiterentwickelt. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen, denn die Abwassertechnik ist im Fluss und die Anpassung daran ist auch die Stärke dieses Buches. So ist es nicht verwunderlich, dass das Fachbuch zum erfolgreichsten deutschsprachigen Werk auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung geworden ist. Es wurde auch ins Französische, Polnische, Russische und Chinesische übersetzt.

Die Autoren



Dipl.-Ing. *Manfred Fischer* (Jahrgang 1940) ist Mittelfranke. Nach einer Maurerlehre studierte er in München Ingenieurbau. Anschließend war er 38 Jahre beim Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft beschäftigt. 1973 wurde er Lehrer der DWA Kläranlagen-Nachbarschaften. 1987 übernahm er die Gesamtleitung in Bayern, schließlich wurde er Obmann des Fachausschusses BIZ-1 „Nachbarschaften". Sein besonderes Interesse gilt der Qualitätssicherung bei den Betriebsmessungen. Zu seinen zahlreichen Veröffentlichungen gehören die Fachbücher „Handbuch für die UT-Berufe-Band 3", „Betriebstagebücher für Kläranlagen" und „Wasserwirtschaft mit Humor". Seit 2004 leidet er die Redaktion des Fachblattes KA-Betriebs-Info. Für seine Verdienste wurde er 2006 zum Ehrenmitglied der DWA ernannt.



Dipl.-Ing. *Hannes Felber* (Jahrgang 1949), in München geboren, studierte Bauingenieurwesen. Nach einigen Jahren bei einer Münchner Baufirma wechselte er über das WWA Deggendorf 1975 zum damaligen Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft in München zur Abteilung Gewässergütewirtschaft. Dort konnte er viele Erfahrungen beim Betrieb von Abwasseranlagen sammeln und verwerten. 1978 wurde er Nachbarschaftslehrer, 1980 Leiter der Klärwärter-Grundkurse und in den dafür zuständigen DWA-Fachausschuss berufen. Auch in der Abwassermeister-Weiterbildung ist er tätig. Für sein großes Engagement erhielt er die goldene ATV-Ehrennadel. Seit 1997 arbeitet er bei der Münchner Stadtentwässerung anfangs als Fachbereichsleiter für die Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung sowie der Schlammbehandlung und -verbrennung, seit 2008 in der Stabstelle der Werkleitung.

Vorwort zur 16. Auflage

Fünf Jahre sind vergangen, seitdem die letzte Auflage des Taschenbuchs erschienen ist. In diesem Zeitraum hat sich die Abwassertechnik wieder weiterentwickelt. Der technische Fortschritt und nicht zu letzt neune Erkenntnisse aus der Praxis führten dazu, dass alle Kapitel dieser Auflage überarbeitet werden mussten. Die Kursinhalte des DWA Fachausschusses BIZ-2 „Grundkurse" wurden mit den einzelnen Kapiteln abgestimmt.

Geradezu als einen Meilenstein in der Geschichte des deutschen Wasserrechts ist es zu bezeichnen, dass am 31. Juli 2009 ein neues WHG verabschiedet und das rund 50 Jahre alte Gesetz abgelöst wurde. Die Auswirkungen auf die nachrangigen Landesgesetze waren zum Zeitpunkt dieser Neuauflage noch lange nicht abgeschlossen. Diese neue Rechtsgrundlage führte zu Änderungen in nahezu allen Kapiteln.

Eine weitere bemerkenswerte Neuerung dieser Auflage ist es, dass das Bildmaterial um rund 60 % erweitert wurde. Die neue umfassende Illustration trägt wesentlich zum besseren Verständnis der Texte bei. Durch die farbige Darstellung ist das Buch deutlich attraktiver geworden.

Dank der Unterstützung vieler Kollegen aus der Praxis war es uns möglich, diese Neuerungen umzusetzen. Wir bedanken uns für die vielen anschaulichen Fotos beim Betriebspersonal der Kläranlagen

AZV Ammersee Ost, Bülach (CH), Füssen, Hohenpeißenberg, Kaufbeuren, Kempten, Krumbach, Landsberg a. Lech, Oberer Rheingau, Peiting, Penzberg, Penzing-Weil, Prem, Radolfzell, Schongau, Tettenweis, Uffenheim, Weilheim, ZV Schnaittachtal und der Münchner Stadtentwässerung.

Wir sind uns sicher, dass damit das Werk nicht nur für Klärwärter eine wertvolle Hilfe ist.

Hannes Felber und Manfred Fischer

INHALT

		Seite
Vorwort zur 16. Auflage		5
Kurzzeichen und Einheiten		10
1.	**Einführung in den Gewässerschutz**	13
1.1	Wasserwirtschaft	13
1.2	Wasserrecht	20
1.2.1	Wasserrechtliche Bestimmungen des Bundes	20
1.2.2	Wasserrechtliche Bestimmungen der Länder	32
1.2.3	Entwässerungssatzung	33
1.2.4	Die Europäische Gesetzgebung	35
1.3	Hinweise zum Fachrechnen	35
1.4	Einführung in chemische Grundlagen	40
2.	**Was ist Abwasser?**	44
2.1	Abwasserarten	44
2.2	Abwasseranfall	47
2.3	Abwasserbeschaffenheit und Einwohnerwert	49
3.	**Abwasserableitung**	56
3.1	Aufgabe der Kanalisation	56
3.2	Mischverfahren und Trennverfahren	56
3.3	Grundstücksentwässerung	57
3.4	Bemessung von Kanälen	59
3.5	Rohrmaterial, Querschnittsformen	61
3.6	Schächte, Straßenabläufe	63
3.7	Sonderbauwerke	66
3.8	Pumpwerke	75
3.9	Instandhaltung des Kanalnetzes	80
3.9.1	Reinigung	83
3.9.2	Inspektion	89
3.9.3	Schadenbehebung	100
3.10	Kontrolle von Indirekteinleitern	103
4.	**Vorgänge bei der Abwasserreinigung**	105
4.1	Mechanische Vorgänge	107
4.2	Biologische Vorgänge	108
4.2.1	Kohlenstoffabbau	112
4.2.2	Stickstoffentnahme	112
4.2.3	Biologische Phosphorentnahme	117
4.3	Chemische Vorgänge	118
4.3.1	Grundlagen	118
4.3.2	Phosphatfällung	120
5.	**Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung**	123
5.1	Allgemeines	123
5.2	Mischwasserentlastung	128
5.3	Rechen, Siebe	128
5.4	Sandfang	134
5.5	Absetzbecken	138
5.6	Tropfkörper	145
5.7	Rotationstauchkörper	151
5.8	Belebungsanlagen	152
5.9	Kombinationsbecken	170
5.9.1	Emscherbecken	170
5.9.2	Kompaktbauweisen	172
5.9.3	Schreiberklärwerk	173
5.10	Phosphatfällung	173
5.11	Natürliche Abwasserbehandlungsverfahren	177
5.11.1	Abwasserteiche ohne technische Belüftung	180
5.11.2	Abwasserteiche mit technischer Belüftung	184
5.11.3	Abwasserteiche mit biologischen Reaktoren	186
5.11.4	Schönungsteiche	187
5.11.5	Pflanzenkläranlagen	187
5.12	Weitergehende Abwasserreinigung	190
6	**Reststoffe aus Abwasseranlagen**	192
6.1	Herkunft der Reststoffe	192
6.2	Reststoffe aus dem Kanalnetz	194
6.3	Reststoffe aus der Kläranlage	196
6.4	Klärschlamm	201
6.4.1	Schlammarten	201
6.4.2	Schlammanfall und Beschaffenheit	205
6.4.3	Schlammverwertung	209
6.4.4	Trocknung, Verbrennung, Veraschung	222
7	**Wie wird Schlamm behandelt?**	229
7.1	Grundlagen zur Schlammfaulung	229
7.2	Eindickung	232
7.3	Faulung	233
7.3.1	Unbeheizte Faulräume	233
7.3.2	Beheizte Faulbehälter	234
7.4	Aerobe Stabilisierung	239
7.5	Entwässerung in Schlammtrockenbeeten	240
7.6	Schlammstapelräume	241
7.7	Maschinelle Entwässerung	244
7.8	Gasanfall und Gasbehandlung	245

8 **Maschinelle und elektrische Einrichtungen** ... 251
8.1 Allgemeines ... 251
8.2 Pumpen ... 255
8.3 Drucklufterzeuger ... 265
8.4 Oberflächenbelüfter, Strahlbelüfter ... 266
8.5 Räumvorrichtungen ... 268
8.6 Heizungsanlagen ... 270
8.7 Armaturen und Rohrleitungen ... 272
8.8 Elektrische Einrichtungen ... 275

9 **Messtechnik** ... 278
9.1 Probenahme ... 281
9.2 Messung physikalischer Werte ... 288
9.2.1 Durchflussmessung ... 288
9.2.2 Farbe, Geruch ... 300
9.2.3 Temperatur ... 300
9.2.4 Sichttiefe, Durchsichtigkeit, Trübung ... 302
9.2.5 Absetzb. Stoffe, abfiltr. Stoffe, Schlammvolumen ... 303
9.2.6 Schlammtrockensubstanz, Schlammindex ... 308
9.3 Messung chemischer Werte ... 310
9.3.1 Sauerstoffgehalt ... 310
9.3.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) ... 311
9.3.3 TOC ... 315
9.3.4 Haltbarkeit (Methylenblauprobe), Faulfähigkeit ... 316
9.3.5 pH-Wert ... 316
9.3.6 Säurekapazität im Faulwasser ... 318
9.3.7 Stabilisierungsgrad des Schlammes ... 319
9.3.8 Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) ... 324
9.3.9 Nitrat-Stickstoff (NO_3-N) ... 325
9.3.10 Nitrit-Stickstoff (NO_2-N) ... 325
9.3.11 Gesamtstickstoff (N_{ges}, GesN, TKN) ... 326
9.3.12 Phosphor (P), Ortho-Phosphat-Phosphor (PO_4-P) ... 327
9.4 Messung biochemischer Werte (BSB_5) ... 329
9.5 Das mikroskopische Bild ... 336
9.5.1 Anforderungen an die Mikroskopausstattung ... 336
9.5.2 Durchführung der mikroskopischen Untersuchung ... 337
9.5.3 Qualitätsbeurteilung der Biozönose ... 339

10 **Betriebsüberwachung** ... 342
10.1 Allgemeines zur Betriebsüberwachung ... 342
10.2 Umfang der Betriebsüberwachung ... 343
10.3 Betriebsunterlagen ... 346
10.4 Messungen vor Ort und im Labor ... 347
10.5 Auswerten der Betriebsergebnisse ... 351
10.5.1 Die Führung des Betriebstagebuches ... 352
10.5.2 Wirtschaftlichkeit, Energiesparmöglichkeiten ... 361
10.5.3 Sauerstoffbedarfs-, Nährstoffbelastungsstufen ... 364
10.5.4 Abbaugrad einer Kläranlage ... 366
10.5.5 Fremdwasserermittlung ... 367
10.6 Besondere Betriebszustände ... 371
10.6.1 Inbetriebnahme ... 372
10.6.2 Stromausfall ... 373
10.6.3 Winterbetrieb ... 374
10.6.4 Öl auf der Kläranlage ... 377
10.6.5 Gift- und pH-Wert-Stöße ... 379
10.6.6 Blähschlamm ... 380
10.6.7 Schaumbildung ... 383
10.7 Instandhaltung der Außenanlagen ... 383

11 **Arbeitsschutz** ... 389
11.1 Gesetze, Arbeitssicherheitsvorschriften ... 389
11.2 Vollzugshinweise ... 391
11.3 Arbeitshygiene ... 392
11.3.1 Krankheitserreger ... 393
11.3.2 Hygienische Grundsätze ... 395
11.4 Unfallverhütung ... 399
11.4.1 Die gesetzliche Unfallversicherung ... 399
11.4.2 Maßnahmen zur Unfallverhütung ... 401
11.4.3 Erste Hilfe ... 408
11.4.4 Unfallanzeige ... 409

12 **Kläranlagenausrüstung** ... 410

13 **Personalbedarf, Aus- und Fortbildung** ... 417

Literaturverzeichnis ... 424

Stichwortverzeichnis ... 426

Bezugsquellennachweis ... Anhang

Häufige Kurzzeichen und Einheiten

Länge	
µm	= Mikrometer (Tausendstel mm)
mm	= Millimeter
cm	= Zentimeter
dm	= Dezimeter
m	= Meter
km	= Kilometer

Rauminhalt (Volumen)	
ml	= Milliliter
l	= Liter
hl	= Hektoliter
m^3	= Kubikmeter

Zeit	
s	= Sekunde
min	= Minute
h	= Stunde (von lat. hora)
d	= Tag (von lat. dies)
a	= Jahr (von lat. annum)

Druck, Spannung	
bar	= Bar
mbar	= Millibar
Pa	= Pascal
hPa	= Hektopascal

Fläche	
cm^2	= Quadratzentimeter
m^2	= Quadratmeter
ha	= Hektar
A	= Fläche (Area)

Gewicht	
mg	= Milligramm
g	= Gramm
kg	= Kilogramm
t	= Tonne
dt	= Dezitonne = 100 kg

elektrische Einheiten	
W	= Watt
kW	= Kilowatt (Leistung)
kWh	= Kilowattstunde (Arbeit)
V	= Volt (Spannung)
A	= Ampere (Stromstärke)
J	= Joule (sprich dschul) = 1 Ws

Zusammengesetzte Einheiten **(Durchfluss, Volumenstrom)**	
l/s	= Liter pro Sekunde
l/min	= Liter pro Minute
m^3/h	= Kubikmeter pro Stunde
m^3/d	= Kubikmeter pro Tag
m^3/a	= Kubikmeter pro Jahr

m/s	= Meter pro Sekunde
cm/s	= Zentimeter pro Sekunde
km/h	= Kilometer pro Stunde
l/(E · d)	= Liter pro Einwohner und Tag
$m^3/(E \cdot a)$	= Kubikmeter pro Einwohner u. Jahr

Einige Umrechnungen	
mg/l	= Milligramm pro Liter = g/m^3
g/m^3	= Gramm pro Kubikmeter = mg/l
g/l	= Gramm pro Liter
ml/l	= Milliliter pro Liter
ml/g	= Milliliter pro Gramm (z.B. für Schlammindex)
kg/d	= Kilogramm pro Tag
kg/dm^3	= Dichteeinheit (früher: spezifisches Gewicht)
1 km	= 1 000 m
1 m	= 1 000 mm = 100 cm = 10 dm = 0,001 km
1 cm	= 10 mm = 0,01 m
1 ha	= 10 000 m^2 = 100 ar
1 km^2	= 100 ha
1 t	= 1 Mg (neu) = 1 000 kg = 1 000 000 g
1 kg	= 1 000 g = 1 000 000 mg
1 g	= 1 000 mg = 0,001 kg
1 m^3	= 1 000 l
1 l	= 1 000 ml = 0,001 m^3
1 ml	= 0,001 l
1 m^3/s	= 1 000 l/s
1 m^3/h	= 0,28 l/s
1 l/s	= 3,6 m^3/h
1 mg/l	= 1 g/m^3
1 km/h	= 0,28 m/s
1 kW	= 1,36 PS (PS = seit 1978 nicht mehr zulässig)
1 J	= 0,238 cal (cal = seit 1978 nicht mehr zulässig)
1 bar	= 100.000 Pa = 1.000 hPa
1 mbar	= 1 hPa

Sonstige Einheiten, Kurzzeichen und Gesetze

<	= kleiner als
>	= größer als
E	= Einheit für EZ, EW, EGW
EZ	= Einwohner (Einwohnerzahl)
EW	= Einwohnerwert = EZ + EGW
EGW	= Einwohnergleichwert (Vergleichszahl für Industrie)
EWS	= Entwässerungssatzung
z. A.	= zur Analyse
DN	= Durchmesser-Nennweite (Rohrleitungen)
Ø	= Durchmesser
°C	= Grad Celsius
K	= Kelvin (= 273 +°C)
DIN	= Deutsche Industrie-Norm
EN	= Europa-Norm
DWA	= Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DVGW	= Deutscher Verein für das Gas- und Wasserfach
AbwAG	= Abwasserabgabengesetz
AbwV	= Abwasserverordnung
a.a.R.d.T.	= allgemein anerkannte Regel der Technik
AbfKlärV	= Klärschlammverordnung
ArbSchG	= Arbeitsschutzgesetz
BetrSichV	= Betriebssicherheitsverordnung
BioStoffV	= Biostoffverordnung
BMT	= Bundesmanteltarif
GefStoffV	= Gefahrstoffverordnung
TASi	= TA Siedlungsabfall (Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstiger Entsorgung von Siedlungsabfällen)
UVPG	= Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVV	= Unfallverhütungsvorschriften
WHG	= Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	= Wasserrahmenrichtlinie
[1]	= zugehörige Nummer im Schrifttumsverzeichnis

Chemische Symbole siehe „Chemische Grundlagen"

1. Einführung in den Gewässerschutz

Das wichtigste Lebensmittel für den Menschen ist Wasser. Nur wenn die Flüsse, Seen und das Grundwasser sauber sind, steht Wasser in brauchbarer Qualität und ausreichender Menge zur Verfügung, um Mensch und Tier aber auch die Industrie mit Trinkwasser zu versorgen. Alle Maßnahmen, die zur Reinhaltung der Gewässer beitragen, gehören zum Gewässerschutz. Dieser Bereich ist damit ein wichtiger Teil des Umweltschutzes.

Es gibt einen aktiven und passiven Gewässerschutz. Unter passiv sind vorbeugende Einrichtungen, wie Schutzvorkehrungen bei Ablagerung von Abfällen oder bei der Lagerung von Heizöl zu verstehen die verhindern, dass Grund- und Oberflächenwasser verunreinigt werden.

Zum aktiven Gewässerschutz gehören die Abwasserableitung und -reinigung, also Kanäle und Kläranlagen. Das Betriebspersonal von Abwasseranlagen hat deshalb eine besonders wichtige Aufgabe im Rahmen des technischen Umweltschutzes.

1.1 Wasserwirtschaft

Wasserkreislauf

Das Wasser durchläuft in der Natur einen ewigen Kreislauf. Etwa die Hälfte des durch Regen und Schnee (Jahresniederschlag in mm-Höhe, Bild 1.1) auf die Erde kommenden Wassers verdunstet wieder, die andere Hälfte fließt in offenen Gewässern und im Grundwasser ab. Rund 1/5 davon wird in Deutschland als Trinkwasser verwendet. Es gelangt als Abwasser wieder in die Flüsse und schließlich zum Meer. Das verdunstete Wasser von Meer und Land bildet Wolken, die wieder zu Niederschlag führen, der Kreislauf beginnt von vorne.

Nicht jeder Wassertropfen nimmt am ganzen Kreislauf teil. Besonders in dicht besiedelten Gebieten wird das Wasser teilweise mehrmals verwendet, nachdem es vorher immer wieder gereinigt und je nach Verwendungszweck aufbereitet wurde.

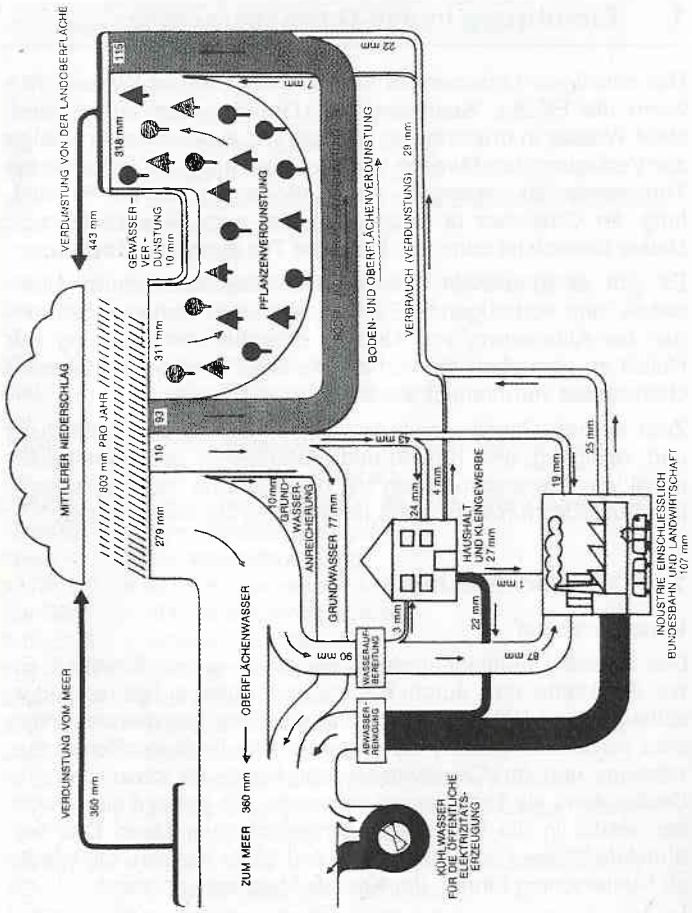


Bild 1.1: Der Wasserkreislauf in der Natur

Wassernutzung und Wassergütewirtschaft

Der Mensch benutzt das Wasser in vielfältiger Art. Wie selbstverständlich steht es zur Verfügung, z. B. als Wasserkraft zur Energiegewinnung, in der Landwirtschaft zur Bewässerung, zur Schifffahrt, bei allen Wassersportarten, zur Fischerei, zur Herstellung von Lebensmitteln, zur Beseitigung von Schmutz, zur Körperreinigung sowie als Trinkwasser.

Seitdem über die Folgen einer Klimaveränderung diskutiert wird, mehren sich die Befürchtungen, dass das Wasser einmal knapp werden könnte. Und das ist durchaus begründet. Denn 1,2 Milliarden Menschen haben schon heute keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Täglich sterben mehr als 4 000 Menschen an verschmutztem Wasser. Um allen Bedürfnissen auch in Zukunft gerecht zu werden, sind alle Nutzungen aufeinander abzustimmen. Dabei ist es unerlässlich, in diese Bilanzierung auch das Wasserdargebot innerhalb des natürlichen Wasserhaushaltes einzubeziehen. Dies ist Aufgabe der Wasserwirtschaft. Ein großer Teil der Nutzungen stellt oft recht unterschiedliche Anforderungen an die Wassergüte. Die *Gewässergütewirtschaft* befasst sich damit, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Dazu gehören alle Maßnahmen, mit denen die verschiedenen Nutzungen, ihre Auswirkungen und die Wassergüte in Einklang gebracht werden.

Die höchsten Ansprüche an die Reinheit des Wassers, besondere in hygienischer Hinsicht, stellt die Nutzung als Trinkwasser. Hier ist jedes Wasser einzubeziehen, das für den direkten menschlichen Bedarf vorgesehen ist, z. B. Herstellung von Getränken, Zähneputzen, Kochen oder Geschirrspülen.

Trinkwasser wird meistens über zentrale Wasserversorgungsanlagen bereitgestellt. Dazu gehören Einrichtungen zur Wassergewinnung, z. B. Quellfassungen, Brunnen oder Trinkwassertalsperren sowie die Verteilung in Rohrleitungsnetzen. Das Zusammenschließen von Versorgungsnetzen zu Verbundsystemen (Fernwasserversorgungen) wird, ähnlich der Stromversorgung, immer umfassender. Der Vorteil dabei ist die größere Sicherheit, sich in Notfällen gegenseitig aushelfen zu können.

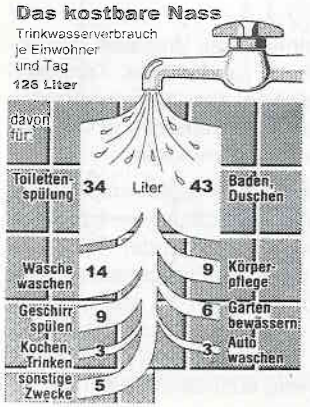
Rund 2/3 des Trinkwassers werden in Deutschland aus dem Grundwasser gewonnen. Es ist von der Natur besser gegen Verunreinigungen geschützt als Oberflächenwasser aus Bächen, Flüssen und Seen, woher 1/3 kommen. Die knapper werdenden Trinkwasservorkommen zwingen allerdings dazu, immer mehr Trinkwasser aus Oberflächenwasser zu gewinnen. Das sind aber auch die Gewässer, in die meistens Abwasser eingeleitet wird. Hier wird die Wichtigkeit der Abwasserreinigung für die Wassergütewirtschaft besonders deutlich.

Wasserverbrauch

Je Einwohner wird mit einem Wasserverbrauch von 150 - 200 Liter je Tag gerechnet; in größeren Städten 250 l/(E · d), wobei darin der Wasserverbrauch des ortsüblichen Gewerbes berücksichtigt ist. Der gesamte Wasserverbrauch der Industrie ist fast doppelt so groß, wie der für den menschlichen Bedarf.

Der tatsächliche durchschnittliche Wasserverbrauch pro Person hat sich in Deutschland wie folgt entwickelt:

Jahr	1950	1960	1970	1980	1984	1990	2000	2005
l/(E x d)	85	92	92	118	140	145	129	126



Einige spezifische Wasserverbrauchszahlen:

1 Brausebad	40-140 l
1 Wannenbad	150-200 l
1 Pkw waschen	100-200 l
1 Großtier (Pferd, Rind) trinkt täglich	50-80 l
1 Kleintier (Schwein, Schaf) trinkt täglich	10-20 l
1 kg Wäschewaschen	10-15 l

Bild: 1.2: Der tägliche Wasserverbrauch pro Person

In gleichem Maß hat sich auch der Abwasseranfall verändert. Die weiterhin abnehmende Tendenz ist auf das gestiegene Umweltbewusstsein der Bürger zurückzuführen, aber auch auf die gestiegenen Kosten bei der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung. Des Weiteren trägt auch die Verwendung von Regenwasser für das Bewässern des Gartens verstärkt dazu bei.

Die Herstellung nachstehender Produkte erfordert einen Wasserverbrauch von:

1 l Molkereimilch	0,5 – 4 l	1 kg Zucker	100 l
1 l Bier	2,5 – 5 l	1 kg Margarine	1 – 3 l
1 kg Papier	10 – 20 l	1 kg Schafwolle	100 l
1 kg Fleisch und Wurst	1 – 3 l	1 kg Kohle	20 – 30 l

Bei diesen Zahlen ist nur der Wasserverbrauch bei der Verarbeitung des Produktes berücksichtigt. Tatsächlich aber liegt der *virtuelle Wasserverbrauch* bei 4 000 l/(E · d); das ist der Wasserverbrauch der zur Erzeugung eines Produktes aufgewendet wird. Bei der Erzeugung von Rindfleisch fällt z. B. nicht nur der Verbrauch von Trinkwasser für die Tiere an, sondern auch der für die Bewässerung der Futterpflanzen. Somit ergibt sich für die Erzeugung von Rindfleisch eine virtuelle Menge von 15 000 l Wasser je kg, wobei nur 155 l/kg verbraucht werden.

Selbstreinigungsvermögen der Gewässer

Bäche, Flüsse, Seen und das Grundwasser können von Natur aus gewisse Verschmutzungen vermindern und abbauen. Tatsächlich reinigt sich das Wasser nicht „von selbst", sondern durch die darin vorhandenen Kleinlebewesen (Mikroorganismen). Vor allem Bakterien und tierische Einzeller nehmen die organischen Schmutzstoffe als Nahrung auf. Sie gewinnen dadurch Energie für ihre Lebensvorgänge und verwandeln sie dabei zum Teil in körpereigene Substanz und zum Teil in andere Stoffe, wie Kohlendioxid, Wasser und Mineralien. Die Bakterien wachsen und vermehren sich dabei, werden wieder von größeren tierischen Lebewesen gefressen usw., bis als größtes Tier im Wasser der Fisch die Fresskette schließt. Alle diese Lebewesen brauchen zu ihrer Existenz Sauerstoff, der im Wasser in begrenzter Menge gelöst zur Verfügung steht. Im sauberen Gewässer sind dies etwa 10 mg O_2/l.

Wird ein Bach durch Abwassereinleitungen belastet, nimmt die Zahl der Bakterien durch das vermehrte Nahrungsangebot, besonders bei wärmeren Temperaturen, außerordentlich zu. Dies hat zur Folge, dass der Sauerstoff bald verzehrt ist und bis auf Null sinken kann. Lebende und abgestorbene Bakterien in Flocken trüben das Wasser, treiben ab und sinken schließlich als faulender Schlamm zu Boden. Auftreibende Schlammfladen und Gasblasen sind untrügliche Zeichen für Sauerstoffarmut. Hier haben Fische längst vergeblich nach Luft geschnappt und sind verendet. Sie brauchen einen Sauerstoffgehalt von mindestens 2 bis 4 mg/l, anspruchsvollere 5 bis 6, um leben zu können. Durch die Überbelastung ist der geruchlose Abbau unterbrochen, das weiter zugeführte Abwasser wandert mit seinen Schmutzstoffen flussabwärts. Der Bach ist in diesem Beispiel zum toten Gewässer geworden.



Bild 1.3: So ein Gewässer gibt es hoffentlich nicht mehr

Das Entstehen und Vermehren, das Fressen und Gefressenwerden der Bakterien geht sehr schnell vor sich. Aber der gesamte Abbauvorgang in fließenden Gewässern dauert viele Stunden bis zu mehreren Tagen. Dieser Vorgang erstreckt sich über viele Kilometer im Fluss. In stehenden Gewässern, wie

Seen und Stauhaltungen oder im Grundwasser, in denen sich ähnliche Vorgänge abspielen, braucht er noch viel länger.



Das Selbstreinigungsvermögen eines Gewässers wird durch viele Faktoren beeinflusst. Die Wesentlichsten sind Wasserführung, Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Temperatur, Sauerstoffhaushalt (Eintrag und Verbrauch), Art und Menge der zugeführten Schmutzstoffe. In den vergangenen Jahrzehnten wurde in Deutschland die Abwasserreinigung deutlich verbessert, die Gewässer sind wesentlich sauberer geworden.

Bild 1.4: Ein gesundes sauerstoffreiches Gewässer

In Zeiten niedriger Wasserführung, besonders *Sommerniedrigwasser*, ist die Verdünnung des Abwassers im Gewässer und damit die Belastbarkeit viel geringer. *Das heißt für das Betriebspersonal, dass es dann die Reinigung des Abwassers besonders sorgfältig überwachen muss.* Der Sauerstoffgehalt des Wassers sinkt bei höheren Temperaturen, andererseits produzieren Wasserpflanzen, z. B. Algen, bei Sonnenlicht Sauerstoff (Fotosynthese) und vergrößern den O_2-Gehalt. Allerdings verbrauchen sie nachts wieder Sauerstoff. Ein schnell fließender, seichter Bach nimmt durch die sich ständig erneuernde Oberfläche mehr Sauerstoff aus der Luft auf, als ein träge dahinziehender, tiefer Bach mit gleicher Wasserführung.

Nur Gewässer mit einem intakten Selbstreinigungsvermögen sind sauber und bleiben gesund. Es wäre verfehlt anzunehmen, dass mit Hilfe eines Faustwertes (je l/s Niedrigwasser) errechnen kann, wieviel Einwohner aus einer Ortschaft ihr Abwasser

in ein Gewässer einleiten dürfen. Dazu muss ein Flusslauf insgesamt betrachtet und bilanziert werden, da es viele Einleiter geben kann. Weiter kommt dazu, dass das Gewässer nicht nur mit der Abwassereinleitung aus der Kläranlage belastet wird, sondern auch mit dem verschmutzten Regenwasser über die Regenentlastungen große Schmutzmengen zuführen werden.

Eine weitere Belastung sind Nähr- bzw. Düngestoffe, wie Phosphat und Stickstoff, die von der Landwirtschaft auf Felder ausgebracht werden. Werden sie nicht von Pflanzen aufgenommen, können sie durch Regen oder Schneeschmelze ins Gewässer abgeschwemmt werden.

Als wichtiger Grundsatz gilt, dass Abwasser soweit als technisch möglich vor der Einleitung zu reinigen ist. Nur auf diese Weise kann es gelingen, die Schmutzbelastung eines Flussgebietes insgesamt möglichst gering zu halten.

Ein elementares Ziel des Gewässerschutzes ist es, Schmutz- und Schadstoffe schon am Anfallort zurückzuhalten und erst gar nicht in das Abwasser gelangen zu lassen. Dies gilt im Haushalt (z. B. Verminderung des Waschmittelverbrauches, Q-Tips in den Abfalleimer), im Betrieb (z. B. Rückhaltung von Abfallsäuren aus Fotolabors oder von Cadmium in Galvanisierbetrieben u. ä.), und in der Landwirtschaft (Gülle, Silosickersäfte).

1.2 Wasserrecht

1.2.1 Wasserrechtliche Bestimmungen des Bundes

Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Der erste bundeseinheitliche rechtliche Rahmen zur Ordnung des Wasserhaushaltes wurde 1957 geschaffen. Dabei wurde den Bundesländern ein großer Gestaltungsspielraum überlassen. Nach mehrfachen Änderungen des WHG in den folgenden Jahrzehnten, erfolgte im Jahr 2009 eine umfassende Neuausrichtung.

Mit dem WHG vom 31.07.2009 wurde eine umfassende Neuregelung geschaffen. Denn das bisherige Rahmenrecht des Bundes wurde durch Vollregelungen ersetzt. Mit konkreten Festlegungen bindet das Gesetz die Länder zu einem einheitlichen

Vollzug. Das WHG umfasst die Bewirtschaftung der oberirdischen Gewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Besondere wasserwirtschaftliche Bestimmungen regeln den Umgang mit dem Wasser; dazu gehören vor allem die Bereiche Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung, wassergefährdende Stoffe, Gewässerausbau und Hochwasserschutz. Ferner umfasst das Gesetz Regelungen über Entschädigungen, zum Bußgeld und zur Gewässeraufsicht.

Zweck

Im § 1 WHG wird hervorgehoben, dass durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen sind. Nach § 5 WHG ist jede Person verpflichtet, eine Verunreinigung des Wassers zu vermeiden. Demnach ist auch jede Abwasseranlage so zu betreiben, dass der bestmögliche Reinigungseffekt erzielt wird.

Wasserbenutzung und wasserrechtliche Genehmigung

Gemäß § 8 WHG ist für alle wesentlichen Benutzungen eine behördliche Erlaubnis oder Bewilligung notwendig. Dazu gehört auch das „Einleiten von Stoffen", z. B. Abwasser (§ 9 WHG). Die Erlaubnis zum Einleiten von Abwasser wird unter Inhalts- und Nebenbestimmungen erteilt (§ 13 WHG) um sicherzustellen, dass keine nachteiligen Veränderungen der Gewässereigenschaften zu erwarten sind. Wer eine Einleitungserlaubnis beantragt, legt gleichzeitig bei der Genehmigungsbehörde eine Planung der Anlagen vor. Diese wird i.d.R. von einem Ingenieurbüro gefertigt. Die Behörde schaltet einen Sachverständigen ein und erlässt einen Wasserrechtsbescheid, in dem die Einleitung nach Art und Maß widerruflich und befristet erlaubt wird. Darin werden u. a. einzuhaltende Werte im Ablauf festgelegt für

- Wasserdurchfluss, z. B. . . . l/s (m^3/h) und . . . m^3/d
- Jahresschmutzwassermenge
- pH-Wert, z. B. nicht unter 6,5 und nicht über 9,0.
- BSB_5, CSB, NH_4-N, N_{ges} und P_{ges}, entsprechend den Anforderungswerten der Abwasserverordnung

Meistens wird weiterhin auferlegt:
ausgebildetes Betriebspersonal,
Anfertigung einer Betriebsanweisung mit Alarmplan,
Häufigkeit und Art bestimmter Untersuchungen und Messungen zur eigenverantwortlichen Überwachung des Kläranlagenbetriebes, z. B. pH-Wert, Durchsichtigkeit, Fäulnisfähigkeit, BSB_5, CSB, NH_4-N, NO_3-N, N_{ges}, P_{ges},
Führung eines Betriebstagebuches,
Beschaffung aller für Betrieb und Wartung notwendigen Geräte,
Bestellung eines Gewässerschutzbeauftragten (ab einer Einleitung von mehr als 750 m^3/d),
Erlass einer Entwässerungssatzung.

Ein Abdruck des Wasserrechtsbescheides muss in jeder Kläranlage aufliegen!

Einleiten von Abwasser in ein Gewässer

Nach § 57 WHG darf Abwasser nur eingeleitet werden, wenn Menge und Schädlichkeit so gering gehalten werden, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist. Die Anforderungswerte können nach § 23 Abs. 1 Nr. 3 WHG in einer Rechtsverordnung des Bundes festgelegt werden. Diese schreibt den Behörden vor, welche Ablaufwerte bundeseinheitlich mindestens in den Wasserrechtsbescheiden verlangt werden müssen.

Pflicht zur Abwasserbeseitigung

Abwasserbeseitigung im Sinne dieses Gesetzes § 54 WHG umfasst das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm in Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung.

Nach § 60 WHG sind Abwasseranlagen so zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten, dass die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung eingehalten werden und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Zur Selbstüberwachung nach § 61 Abs. 1, 2 WHG ist jeder verpflichtet, der Abwasser in ein Gewässer oder in eine Abwasseranlage einleitet. Dazu ist das Abwasser durch fachkundiges

Personal zu untersuchen oder untersuchen zu lassen. Über das Ergebnis der Untersuchungen sind Aufzeichnungen anfertigen. Diese beinhalten den Zustand, die Funktionsfähigkeit, die Unterhaltung und den Betrieb sowie Art und Menge des Abwassers und der Abwasserinhaltsstoffe.

Abwasseranlagen sind unter Berücksichtigung der Benutzungsbedingungen und Auflagen (Wasserrechtsbescheid) für das Einleiten von Abwasser nach dem Stand der Technik zu errichten und zu betreiben. Als Stand der Technik gilt, was bereits in einigen Anlagen mit Erfolg durchgeführt wird. Die Veröffentlichungen des DWA Regelwerkes [1] und die DIN-, DIN-EN-Normen liefern dafür Grundlagen.

Gewässeraufsicht

Nach § 101 WHG ist die Gewässeraufsicht befugt, den Betrieb der Abwasseranlagen zu überwachen, technische Ermittlungen und Prüfungen vorzunehmen. Die zuständige Behörde ordnet die Maßnahmen an die notwendig sind, um Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts zu vermeiden oder zu beseitigen.

Bestellung von Gewässerschutzbeauftragten (§ 64 WHG)

Gewässerbenutzer, die an einem Tag mehr als 750 m^3/d Abwasser einleiten, müssen einen Betriebsbeauftragten für Gewässerschutz schriftlich bestellen. Dies betrifft alle Gemeinden ab etwa 5 000 Einwohner. Wird im Mischsystem entwässert, werden i.d.R. bereits ab 3 000 Einwohner mehr als 750 m^3/d Abwasser eingeleitet. Der Gewässerschutzbeauftragte ist berechtigt und verpflichtet:

1. die Einhaltung von Vorschriften im Interesse des Gewässerschutzes zu überwachen. Dazu kann er die Funktionsfähigkeit der Abwasseranlagen, den ordnungsgemäßen Betrieb sowie die Wartung, durch Messungen und Aufzeichnungen kontrollieren. Er hat dem Unternehmensträger Mängel mitzuteilen und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung vorzuschlagen,
2. auf die Anwendung geeigneter Abwasserbehandlungsverfahren einschließlich der Verfahren zur Entsorgung der Reststoffe hinzuwirken,

3. auf die Entwicklung und Einführung von
   a) innerbetrieblichen Verfahren zur Vermeidung oder Verminderung des Abwasseranfalls nach Art und Menge,
   b) umweltfreundlichen Produktionen hinzuwirken,
4. die Betriebsangehörigen über die in dem Betrieb verursachten Gewässerbelastungen sowie über die Einrichtungen und Maßnahmen zu ihrer Verhinderung unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Vorschriften aufzuklären.

Der Gewässerschutzbeauftragte erstattet dem Unternehmensträger jährlich einen Bericht über die getroffenen und beabsichtigten Maßnahmen. Bei diesen Aufgaben liegt es nahe, dass der Betriebsleiter einer Kläranlage nicht gleichzeitig auch Gewässerschutzbeauftragter sein kann.

Haftung

Werden Schäden durch die Abwassereinleitung verursacht, z. B. Fischsterben, so haftet der Unternehmensträger dafür, ohne Rücksicht auf Verschulden (Gefährdungshaftung, § 89 WHG). Es ist gleichgültig, ob der Schaden vorsätzlich, d. h. im Bewusstsein einer rechtswidrigen Handlung oder fahrlässig, d. h. durch Vernachlässigung der erforderlichen Sorgfalt, oder nicht einmal fahrlässig, entstanden ist. Der Unternehmensträger kann aber im Rückgriff einen schuldigen Mitarbeiter (Vorsatz, Fahrlässigkeit) haftbar machen, z. B. wenn er seine Anlage nicht richtig oder nachlässig betreibt. Was richtig und notwendig ist, wird in der Betriebsanweisung festgelegt. Sie wird in der Regel vom Planer oder Bauamt aufgestellt und muss in der Kläranlage aufliegen. Den richtigen Betrieb weist der Klärwärter durch ein gewissenhaft geführtes Betriebstagebuch nach.

Das Betriebstagebuch ist deshalb sowohl für den Unternehmensträger, als auch für den Klärwärter eine wichtige Urkunde!

Zutritt zu den Abwasseranlagen ist, abgesehen von Angehörigen einer Überwachungsbehörde mit Ausweis, betriebsfremden Personen nur mit Genehmigung des Unternehmensträgers zu gestatten. Eine vom Besucher unterzeichnete Haftungserklärung ist zweckmäßig.

Straf- und Bußgeldvorschriften

a) *Straftaten*: Straftaten gegen den Umweltschutz werden im Strafgesetzbuch (StGB) geregelt. Einschlägig für den Straftatbestand der Gewässerverunreinigung sind die §§ 324 und 330 StGB. So ist im § 324 „Gewässerverunreinigung" bestimmt, wer unbefugt ein Gewässer verunreinigt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu 5 Jahren, bei Fahrlässigkeit bis zu 2 Jahren, oder mit Geldstrafe bestraft. In § 330 ist die Bestrafung schwerer Umweltvergehen im Einzelnen geregelt, u. a. die Gewässerverunreinigung mit Freiheitsstrafen von 3 Monaten bis zu 10 Jahren.

b) *Ordnungswidrigkeiten* (§ 103 WHG) können mit Geldbußen bis zu 50 000 € geahndet werden. Als solche gelten Handlungen, wie z. B. unbefugtes Einleiten von Abwasser oder Nichtbefolgen von wasserrechtlichen Auflagen, auch wenn keine schädliche Verunreinigung verursacht wird. Auch falsche oder mangelhafte Bedienung einer Kläranlage gehört hierzu.

Durch sorgfältigen Betrieb nach Betriebsanweisung und korrekter Führung des Betriebstagebuches schützt das Personal sich und den Unternehmensträger nicht nur vor ungerechtfertigten Schadenersatzansprüchen, sondern auch vor Strafen!

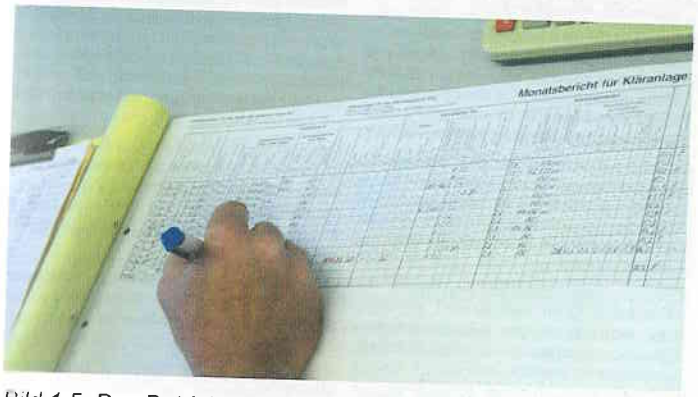


Bild 1.5: Das Betriebstagebuch ist ein Dokument

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV)

Vom 15. Oktober 2002
mit Änderungen vom 16. Dezember 2002

§ 1

Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung bestimmt die Anforderungen, die bei der Erteilung einer Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer aus den in den Anhängen bestimmten Herkunftsbereichen mindestens festzusetzen sind.

(2) Anforderungen nach dieser Verordnung sind in die Erlaubnis nur für diejenigen Parameter aufzunehmen, die im Abwasser zu erwarten sind.

(3 Weitergehende Anforderungen nach anderen Rechtsvorschriften bleiben unberührt.

§ 2

Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung ist:

1. Stichprobe eine einmalige Probenahme aus einem Abwasserstrom;
2. Mischprobe eine Probe, die in einem bestimmten Zeitraum kontinuierlich entnommen wird, oder eine Probe aus mehreren Proben, die in einem bestimmten Zeitraum kontinuierlich oder diskontinuierlich entnommen und gemischt werden;
3. qualifizierte Stichprobe eine Mischprobe aus mindestens fünf Stichproben, die in einem Zeitraum von höchstens zwei Stunden im Abstand von nicht weniger als zwei Minuten entnommen und gemischt werden;
4. produktionsspezifischer Frachtwert der Frachtwert (zum Beispiel m³/t, g/t, kg/t), der sich auf die der wasserrechtlichen Zulassung zugrunde liegende Produktionskapazität bezieht;
5. Ort des Anfalls der Ort, an dem Abwasser vor der Vermischung mit anderem Abwasser behandelt worden ist, sonst an dem es erstmalig gefasst wird;
6. Vermischung die Zusammenführung von Abwasserströmen unterschiedlicher Herkunft;
7. Parameter eine chemische, physikalische oder biologische Messgröße, die in der Anlage aufgeführt ist;
8. Mischungsrechnung die Errechnung einer zulässigen Fracht oder Konzentration, die sich aus den die einzelnen Abwasserströme betreffenden Anforderungen dieser Verordnung ergibt.

§ 3

Allgemeine Anforderungen

(1) Soweit in den Anhängen nichts anderes bestimmt ist, darf eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer nur erteilt werden, wenn am Ort des Anfalls des Abwassers die Schadstofffracht nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall so gering gehalten wird, wie dies durch Einsatz wassersparender Verfahren bei Wasch- und Reinigungsvorgängen, Indirektkühlung und den Einsatz von schadstoffarmen Betriebs- und Hilfsstoffen möglich ist.

(2) Die Anforderungen dieser Verordnung dürfen nicht durch Verfahren erreicht werden, bei denen Umweltbelastungen in andere Umweltmedien wie Luft oder Boden entgegen dem Stand der Technik verlagert werden.

(3) Als Konzentrationswerte festgelegte Anforderungen dürfen nicht entgegen dem Stand der Technik durch Verdünnung erreicht werden.

(4) Sind Anforderungen vor der Vermischung festgelegt, darf eine Vermischung zum Zwecke der gemeinsamen Behandlung zugelassen werden, wenn insgesamt mindestens die gleiche Verminderung der Schadstofffracht je Parameter wie bei getrennter Einhaltung der jeweiligen Anforderungen erreicht wird.

(5) Sind Anforderungen für den Ort des Anfalls von Abwasser festgelegt, ist eine Vermischung erst zulässig, wenn diese Anforderungen eingehalten werden.

(6) Werden Abwasserströme, für die unterschiedliche Anforderungen gelten, gemeinsam eingeleitet, ist für jeden Parameter die jeweils maßgebende Anforderung durch Mischungsrechnung zu ermitteln. Sind in den anzuwendenden Anhängen Anforderungen an den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor der Vermischung gestellt, bleiben Absätze 4 und 5 unberührt.

§ 4

Analysen- und Messverfahren

(1) Die Anforderungen in den Anhängen beziehen sich auf die Analysen- und Messverfahren gemäß der Anlage. Die in der Anlage und den Anhängen genannten Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, DIN-, DIN-EN- und DIN-EN-ISO-Normen und technischen Regeln der Wasserchemischen Gesellschaft werden vom Beuth-Verlag GmbH, Berlin, und von der Wasserchemischen Gesellschaft in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Wiley-VCH Verlag, Weinheim (Bergstraße), herausgegeben. Die genannten Verfahrensvorschriften sind beim Deutschen Patentamt in München archivmäßig gesichert niedergelegt.

(2) In der Erlaubnis können andere, gleichwertige Verfahren festgesetzt werden.

§ 5

Bezugspunkt der Anforderungen

Die Anforderungen beziehen sich auf die Stelle, an der das Abwasser in das Gewässer eingeleitet wird, und, soweit in den Anhängen zu dieser Verordnung bestimmt, auch auf den Ort des Anfalls des Abwassers oder den Ort vor seiner Vermischung. Der Einleitungsstelle steht der Ablauf der Abwasseranlage, in der das Abwasser letztmalig behandelt wird, gleich. Ort vor der Vermischung ist auch die Einleitungsstelle in eine öffentliche Abwasseranlage

§ 6

Einhaltung der Anforderungen

(1) Ist ein nach dieser Verordnung festgesetzter Wert nach dem Ergebnis einer Überprüfung im Rahmen der staatlichen Überwachung nicht eingehalten, gilt er dennoch als eingehalten, wenn die Ergebnisse dieser und der vier vorausgegangenen staatlichen Überprüfungen in vier Fällen den Wert nicht überschreiten und kein Ergebnis den Wert um mehr als 100 vom Hundert übersteigt. Überprüfungen, die länger als drei Jahre zurückliegen, bleiben unberücksichtigt.

(2) Für die Einhaltung eines in der wasserrechtlichen Zulassung festgesetzten Wertes ist die Zahl der in der Verfahrensvorschrift genannten signifikanten Stellen des zugehörigen Analysen- und Messverfahrens zur Bestimmung des jeweiligen Parameters gemäß der Anlage zu § 4 (Analysen- und Messverfahren) maßgebend. Die in den Anhängen festgelegten Werte berücksichtigen die Messunsicherheiten der Analysen- und Probenahmeverfahren.

(3) Ein in der wasserrechtlichen Zulassung festgesetzter Wert für den Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) gilt unter Beachtung von Absatz 1 auch als eingehalten, wenn der vierfache Wert des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC), bestimmt in Milligramm je Liter, diesen Wert nicht überschreitet.

(4) Ein in der wasserrechtlichen Zulassung festgesetzter Wert für die Fischgiftigkeit G_F nach Nummer 401 der Anlage zu § 4 gilt nach Maßgabe des Absatzes 1 auch als eingehalten, wenn ein für die Fischgiftigkeit (Ei) G_E nach Nummer 411 bestimmter Wert den für die Fischgiftigkeit G_F festgesetzten Wert nicht überschreitet.

(5) Die Länder können zulassen, dass den Ergebnissen der staatlichen Überwachung Ergebnisse gleichgestellt werden, die der Einleiter aufgrund eines behördlich anerkannten Überwachungsverfahrens ermittelt.

Anhang 1
Häusliches und kommunales Abwasser

A Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang gilt für Abwasser,

1. das im Wesentlichen aus Haushaltungen oder ähnlichen Einrichtungen wie Gemeinschaftsunterkünften, Hotels, Gaststätten, Campingplätzen, Krankenhäusern, Bürogebäuden stammt (häusliches Abwasser) oder aus Anlagen stammt, die anderen als den genannten Zwecken dienen, sofern es häuslichem Abwasser entspricht,
2. das in Kanalisationen gesammelt wird und im Wesentlichen aus den in Nummer 1 genannten Einrichtungen und Anlagen sowie aus Anlagen stammt, die gewerblichen oder landwirtschaftlichen Zwecken dienen, sofern die Schädlichkeit dieses Abwassers mittels biologischer Verfahren mit gleichem Erfolg wie bei häuslichem Abwasser verringert werden kann (kommunales Abwasser), oder
3. das in einer Flusskläranlage behandelt wird und nach seiner Herkunft den Nummern 1 oder 2 entspricht.

B Allgemeine Anforderungen

§ 3 Abs. 1 findet keine Anwendung.

C Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle

(1) An das Abwasser für die Einleitungsstelle in das Gewässer werden folgende Anforderungen gestellt:

siehe Tabelle nächste Seite

(2) Die Zuordnung eines Einleiters in eine der in Absatz 1 festgelegten Größenklassen richtet sich nach den Bemessungswerten der Abwasserbehandlungsanlage, wobei die BSB_5-Fracht des unbehandelten Schmutzwassers – BSB_5 (roh) zugrunde gelegt wird. In den Fällen, in denen als Bemessungswert für eine Abwasserbehandlungsanlage allein der BSB_5-Wert des sedimentierten Schmutzwassers zugrunde gelegt ist, sind folgende Werte für die Einstufung maßgebend:

Größenklasse 1	kleiner als 40 kg/d BSB_5 (sed.)
Größenklasse 2	40 bis 200 kg/d BSB_5 (sed.)
Größenklasse 3	größer als 200 kg/d bis 400 kg/d BSB_5 (sed.)
Größenklasse 4	größer als 400 kg/d bis 4000 kg/d BSB_5 (sed.)
Größenklasse 5	größer als 4000 kg/d BSB_5 (sed.)

(3) Ist bei Teichanlagen, die für eine Aufenthaltszeit von 24 Stunden und mehr bemessen sind, eine Probe durch Algen deutlich gefärbt, so sind der CSB und BSB_5 von der algenfreien Probe zu bestimmen. In diesem Fall verringern sich die in Absatz 1 festgelegten Werte beim CSB um 15 mg/l und beim BSB_5 um 5 mg/l.

(4) Die Anforderungen nach Absatz 1 für die Größenklasse 1 gelten bei Kleineinleitungen im Sinne des § 8 in Verbindung mit § 9 Abs. 2 Satz 2 des Abwasserabgabengesetzes als eingehalten, wenn eine durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, europäische technische Zulassung nach den Vorschriften des Bauproduktengesetzes oder sonst nach Landesrecht zugelassene Abwasserbehandlungsanlage nach Maßgabe der Zulassung, eingebaut und betrieben wird. In der Zulassung müssen die für eine ordnungsgemäße, an den Anforderungen nach Absatz 1 ausgerichtete Funktionsweise erforderlichen Anforderungen an den Einbau, den Betrieb und die Wartung der Anlage festgelegt sein.

(5) Für Kleineinleitungen im Sinne des § 8 in Verbindung mit § 9 Abs. 2 Satz 2 des Abwasserabgabengesetzes können die Länder abweichende Anforderungen festlegen, wenn ein Anschluss an eine öffentliche Abwasseranlage in naher Zukunft zu erwarten ist.

Proben nach Größenklassen der Abwasserbehandlungsanlagen	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) mg/l	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB_5) mg/l	Ammoniumstickstoff (NH_4-N) mg/l	Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff (Nges) mg/l	Phosphor, gesamt (Pges) mg/l
	Qualifizierte Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe				
Größenklasse 1 kleiner als 60 kg/d BSB_5 (roh)	150	40	–	–	–
Größenklasse 2 60 bis 300 kg/d BSB_5 (roh)	110	25	–	–	–
Größenklasse 3 größer als 300 bis 600 kg/d BSB_5 (roh)	90	20	10	–	–
Größenklasse 4 größer als 600 bis 6000 kg/d BSB_5 (roh)	90	20	10	18	2
Größenklasse 5 größer als 6000 kg/d BSB_5 (roh)	75	15	10	13	1

Die Anforderungen gelten für Ammoniumstickstoff und Stickstoff, gesamt, bei einer Abwassertemperatur von 12° C und größer im Ablauf des biologischen Reaktors der Abwasserbehandlungsanlage. An die Stelle von 12° C kann auch die zeitliche Begrenzung vom 1. Mai bis 31. Oktober treten. In der wasserrechtlichen Zulassung kann für Stickstoff, gesamt, eine höhere Konzentration bis zu 25 mg/l zugelassen werden, wenn die Verminderung der Gesamtstickstofffracht mindestens 70 Prozent beträgt. Die Verminderung bezieht sich auf das Verhältnis der Stickstofffracht im Zulauf zu derjenigen im Ablauf in einem repräsentativen Zeitraum, der 24 Stunden nicht überschreiten soll. Für die Fracht im Zulauf ist die Summe aus organischem und anorganischem Stickstoff zugrunde zu legen.

Abwasserabgabengesetz (AbwAG). Das am 1.1.1978 in Kraft getretene Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG) gilt in der 4. Novelle seit 1.1.1994. Die Abgabe wird durch die Länder erhoben und richtet sich nach der Verschmutzung des Abwassers, die in Schadeinheiten bestimmt wird. Damit wird versucht, das Verursacherprinzip zu verwirklichen.

Wesentliche Punkte sind:
Abgabepflichtige Parameter aus dem kommunalen Bereich sind i.d.R. der CSB, der Phosphor und der Stickstoff.
Der Abgabebesatz beträgt seit dem 01.01.2002 je Schadeinheit 35,79 €.
Die festgesetzten Werte müssen eingehalten werden. Als „eingehalten" gilt auch, wenn bei fünf hintereinander liegenden amtlichen Überprüfungen, in vier Fällen der festgesetzte Wert nicht überschritten wurde. Die amtlichen Überprüfungen werden nur innerhalb von drei Jahren berücksichtigt.
Nach § 9 Abs. 5 AbwAG ermäßigt sich der Abgabesatz seit dem Veranlagungsjahr 1999 um 50 %, wenn

- im Bescheid mindestens die Anforderungen nach § 7a WHG festgelegt sind oder ein Einleiter ohne Bescheid mindestens diese Werte erklärt hat;
- die Anforderungswerte nach § 23 Abs. 1 Nr.3 eingehalten werden. Die Einnahmen aus der Abwasserabgabe sind für Maßnahmen zu verwenden, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen.

Aus der Anlage zum AbwAG wird auszugsweise ausgeführt:

A.

(1) Die Bewertungen der Schadstoffe und Schadstoffgruppen sowie die Schwellenwerte ergeben sich aus folgender Tabelle:

Nr.	Bewertete Schadstoffe und Schadstoffgruppen	Einer Schadeinheit entsprechen jeweils folgende volle Messeinheiten	Schwellenwerte nach Konzentration und Jahresmenge
1	Oxidierbare Stoffe in chemischem Sauerstoffbedarf(CSB)	50 Kilogramm Sauerstoff	20 Milligramm je Liter und 250 Kilogramm Jahresmenge
2	Phosphor	3 Kilogramm	0,1 Milligramm je Liter und 15 Kilogramm Jahresmenge
3	Stickstoff	25 Kilogramm	5 Milligramm je Liter und 125 Kilogramm Jahresmenge
4	Organische Halogenverbindungen als adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	2 Kilogramm Halogen, berechnet als organisch gebundenes Chlor	100 Mikrogramm je Liter und 10 Kilogramm Jahresmenge
5	Metalle und ihre Verbindungen:		und
5.1	Quecksilber	20 Gramm	1 Mikrogramm 100 Gramm
5.2	Cadmium	100 Gramm	5 Mikrogramm 500 Gramm
5.3	Chrom	500 Gramm	50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm
5.4	Nickel	500 Gramm	50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm
5.5	Blei	500 Gramm	50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm
5.6	Kupfer	1000 Gramm Metall	100 Mikrogramm 5 Kilogramm je Liter Jahresmenge
6	Giftigkeit gegenüber Fischen	3 000 Kubikmeter Abwasser geteilt durch G_F	$G_F = 2$

G_F ist der Verdünnungsfaktor, bei dem Abwasser im Fischtest nicht mehr giftig ist.

Weitere Bundesgesetze und Verordnungen, die für den Gewässerschutz und die Abwasserentsorgung Bedeutung haben:

- **Arbeitsschutzgesetz** (ArbSchG)
- **Chemikaliengesetz** (ChemG)
- **Infektionsschutzgesetz** (IfSG)
- **Betriebssicherheitsverordnung** (BetrSichV)
- **Arbeitstättenverordnung** (ArbStättV)
- **Biostoffverordnung** (BioStoffV)
- **Verordnung über gefährliche Stoffe** (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV)
- Gesetz über die **Umweltverträglichkeitsprüfung** (UVPG)
- **Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- u. Abfallgesetz,** KrW-/AbfG)
- **Klärschlammverordnung** (AbfKlärV)
- **Düngemittelgesetz** (DüMG)
- **Düngemittelverordnung** (DüMV)
- **Düngeverordnung** (DüV)
- **Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen** (TASi)

1.2.2 Wasserrechtliche Bestimmungen der Bundesländer

Die landesrechtlichen Vorschriften der Bundesländer regeln den Vollzug, der durch die Vorgaben des Bundesgesetzgebers im WHG und AbwAG notwendig ist. Die Länder legen hier u. a. die jeweils zuständigen Behörden fest. Für die Genehmigung oder Erlaubnis einer Abwassereinleitung ist als untere Wasserbehörde meistens die Kreisverwaltung zuständig. Dieser Behörde ist auch meist die Wasseraufsicht oder die allgemeine Gewässeraufsicht unterstellt. Für die technische Aufsicht ist teilweise die Wasserwirtschaftsverwaltung als Fachbehörde zuständig.

1.2.3 Entwässerungssatzung

Die Entwässerungssatzung (EWS) regelt die Beziehungen zwischen Unternehmensträger und Grundstückseigentümer bzw. dem Benutzer der Abwasseranlagen. Die EWS wird vom Gemeinde- oder Stadtrat erlassen. Bei Verbänden erfolgt diese Regelung unmittelbar über eine Verbandssatzung; teilweise wird auch festgelegt, dass die Mitgliedsgemeinden eigene, in den technischen Bestimmungen einheitliche Entwässerungssatzungen erlassen müssen. Wesentliche Inhalte sind die Regelung des Benutzungsrechts, des Anschluss- und Benutzungszwangs und der Gebühren. Die Entwässerungsgebühren müssen dem Kommunalabgabengesetz (KAG) der Länder entsprechen und sollen kostendeckend erhoben werden. Auch die Fäkalschlammabnahme kann durch eine Satzung geregelt sein.

Grundstücksentwässerungsanlagen

Die Satzung legt fest, wie die Grundstücksentwässerungsanlagen einzurichten sind. Sie sind in DIN 1986 und 1987 genormt. Wichtig ist, dass die Ausführung einschließlich Anschlussleitung einem geprüften Plan entspricht. Dies ist durch einen Beauftragten des Unternehmensträgers (oft das Betriebspersonal der zentralen Abwasseranlage) zu überwachen. Kleinkläranlagen (DIN 4261) müssen nach Anschluss an eine Kanalisation mit Sammelkläranlage außer Betrieb genommen werden. Wo nennenswert Benzin, Öl oder Fett anfällt, sind Leichtstoffabscheider, z. B. nach DIN 1999, vorgeschrieben.

Verbot des Einleitens

Nach der Satzung gilt in der Regel folgendes Verbot:
Stoffe dürfen nicht eingeleitet werden, wenn sie

- die öffentliche Entwässerungsanlage
- die beschäftigten Personen
- die angeschlossenen Grundstücke

gefährden, beschädigen oder den Betrieb der öffentlichen Entwässerungsanlage erschweren.

Dieses Verbot gilt insbesondere für

a) feste Stoffe, auch in zerkleinerter Form, wie Müll, Lumpen, Dung, Schlachtabfälle, Küchenabfälle, Abfälle aus obst- und gemüseverarbeitenden Betrieben, ferner Schutt, Sand, Asche, Schlacke, Treber, Hefe, Schlämme aus Vorbehandlungsanlagen, Inhalt von Abortgruben;

b) Stoffe, die Ablagerungen, Verstopfungen oder Verklebungen in den Kanälen verursachen;

c) feuergefährliche, zerknallfähige, giftige, infektiöse, radioaktive Stoffe;

d) Jauche, Silosickersaft, Molke, Töteblut aus Schlächtereien, Räumgut aus Benzin-, Öl-, Fettabscheidern;

e) größere Farbstoffmengen;

f) Gase und Dämpfe;

g) Abwasser aus Kleinkläranlagen, wenn eine Sammelkläranlage vorhanden ist;

h) Abwasser aus Gewerbe- und Industriebetrieben, das
- schädliche Ausdünstungen oder üble Gerüche verbreitet,
- wärmer als + 35° C ist,
- einen pH-Wert von unter 6,5 oder über 9,5 hat,
- aufschwimmende Öle und Fett enthält,
- > 20 mg/l unverseifbare Kohlenwasserstoffe enthält,
- ungelöste, insbesondere chlor- oder fluorhaltige organische Lösungsmittel enthält,
- schädliche Konzentrationen an Schwermetallen, Cyanid, Phenolen oder anderen Giftstoffen aufweist, (Grenzwerte für Schwermetalle haben besondere Bedeutung wegen Klärschlammbeseitigung),
- als Kühlwasser benützt worden ist,

i) Grund- und Quellwasser (Fremdwasser).

Das DWA-Regelwerk M 115 „Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers“ gibt hierzu Informationen [1].

Der Unternehmensträger kann einzuleitendes Abwasser jederzeit untersuchen lassen und hat dazu das Recht, Grundstücke zu betreten oder kann es sich verschaffen.

Der Klärwärter muss die Entwässerungssatzung kennen; sie soll in der Kläranlage aufliegen! Besonders wichtig ist dies, wenn ihm die Überwachung der Indirekteinleiter übertragen wurde.

1.2.4 Europäische Gesetzgebung

Die Reinhaltung der Gewässer und die Bekämpfung der Gewässerverschmutzung wurden vom Europarat als besonders wichtig für das Allgemeinwohl erkannt. Er hat bereits 1968 die europäische Wasser-Charta verkündet, um ein besseres Verständnis für die Probleme des Gewässerschutzes zu wecken.

Um eine einheitlichen Wasserpolitik in Europa zu erreichen, hat sich die Europäische Gemeinschaft einen Ordnungsrahmen vorgegeben, die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Sie wurde vom Europäischen Parlament und vom Rat erlassen und ist seit dem 22.12.2000 in Kraft. Die Deutschen Normen werden zunehmend an die Europäischen Vorgaben angepasst und durch DIN-EN Normen ersetzt.

1.3 Hinweise zum Fachrechnen

Ein elektronischer Taschenrechner ist notwendig, um Betriebswerte zu berechnen, wie die Monatssummen im Betriebstagebuch. Niemand darf sich auf das Ergebnis des Taschenrechners verlassen, sondern sollte des Ergebnisses abschätzen und fachlich beurteilen können. Das Komma an die falsche Stelle gesetzt und schon liegt der Wert um das 10-fache daneben! Deshalb empfiehlt es sich, Plausibilitätskontrollen durchführen.

Einfache mathematische *Formeln* sind häufig zur Berechnung von *Nutzinhalten*, *Mittelwerten* oder *Prozente* erforderlich. Für lange Worte werden Buchstaben als Kurzzeichen verwendet.

Hier einige Beispiele dazu:

Berechnung eines Nutzinhalts:

- **Bei Rechteckbecken**

Die Formel lautet:

$$V = l \cdot b \cdot h_m$$

V = Nutzinhalt (Volumen) b = Breite
l = Länge h_m = mittlere Wassertiefe

Beispiel für ein Rechteckbecken mit den Maßen
l = 18 m, b = 5 m, h_m = 1,80 m.
Das ergibt $V = l \cdot b \cdot h_m = 18 \cdot 5 \cdot 1{,}80 = 162\ m^3$

- **Bei Rundbecken oder Tropfkörper**

Die Formel lautet:

$V = A \cdot h_m$ beim Rundbecken
$V = A \cdot h$ beim Tropfkörper

A = Oberfläche h = Füllhöhe
h_m mittlere Wassertiefe

- **Für Kreisflächen**

Die Formel lautet:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

d = Durchmesser des Kreises;
π = eine Konstante (unveränderliche Zahl) = 3,14.

Beträgt der Kreisdurchmesser 6 m beträgt, ist zu rechnen:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{d \cdot d \cdot \pi}{4} = \frac{6 \cdot 6 \cdot 3{,}14}{4} = 28{,}26 = \sim 28\ m^2.$$

- Bei einem **Rundbecken** mit 6 m Durchmesser und einer mittleren Wassertiefe von 2,70 m ergibt sich:

$$V = A \cdot h_m = 28 \cdot 2{,}7 = \sim 75\ m^3.$$

- Bei einem **Tropfkörper** mit 5,20 m Durchmesser und 4,30 m Füllhöhe ergibt sich:

$$V = A \cdot h = \frac{d \cdot d \cdot \pi}{4} \cdot h = \frac{5{,}2 \cdot 5{,}2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 4{,}3 =$$

$$21{,}2 \cdot 4{,}3 = 91\ m^3.$$

Um bei der Oberfläche den Mittelbau zu berücksichtigen und dafür ~ 1,2 m^2 abzieht, ergibt sich 20 · 4,3 = 86 m^3.

Bei einer Formel ist darauf zu achten, dass Zahlen mit den gleichen Einheiten (Dimensionen) eingesetzt werden. Es führt zu einem falschen Ergebnis, cm mit m oder kg mit g oder s (Sekunden) mit h (Stunden) zu multiplizieren.

Berechnung eines *Mittelwertes*:

Zur Bestimmung des BSB_5 im Kläranlagenablauf wurden vom gleichen Abwasser drei Proben angesetzt, deren Ergebnisse kleine Unterschiede zeigten. Sie waren 23, 27 und 29 mg/l. Der korrekte Mittelwert dieser Werte (arithmetisches Mittel) wird errechnet, indem alle Werte zusammengezählt und durch die Zahl der Werte geteilt werden.

Der erste Schritt ist also 23 + 27 + 29 = 79;
der zweite Schritt 79 : 3 = 26,3 = ~ 26.
Der Mittelwert ist 26 mg/l.

Hierin gilt die Formel:

$$M = \frac{a + b + c + ...}{n} \text{ wobei}$$

M = Mittelwert; n = Zahl der zu mittelnden Werte
a, b, c . . . = Werte, aus denen der Mittelwert zu errechnen ist

Berechnung von *Prozentsätzen*:

Zuerst muss festgelegt werden, von welcher Gesamtmenge der Prozentsatz abgeleitet wird, also welche Zahl 100 % entspricht. Der hundertste Teil der Gesamtmenge ist dann 1 %. Nun ist zu berechnen, wie oft dieses Hundertstel in der Teilmenge enthalten ist, um den Prozentsatz dieser Teilmenge zu erhalten.

Als Formel kann angesetzt werden:

$$TM = \frac{GM}{100} \cdot y \ [\%]. \text{ Dabei ist}$$

TM = Teilmenge, die in Prozenten errechnet werden soll
GM = Gesamtmenge
y = der Prozentsatz, der der Teilmenge entspricht.

In einem Klärwerk wurden in einer 24-h-Messung folgende BSB_5-Frachten ermittelt:

im Zulauf (Rohabwasser)	317 kg/d
nach der Vorklärung	243 kg/d
am Ablauf (nach der biologischen Reinigung)	26 kg/d

Berechnet werden soll, wie viel % der Gesamtverschmutzung

a) im Ablauf verblieben sind
b) im Klärwerk insgesamt abgebaut wurden
c) in der Vorklärung abgebaut wurden
d) in biologischen Teil abgebaut wurden und
e) wie viel % der dem biologischen Teil zugeführten Verschmutzung dort abgebaut wurden.

Berechnung zu a)

GM = 317 kg/d
TM = 26 kg/d

$$y = TM : \frac{GM}{100} = 26 : \frac{317}{100} = 26 : 3{,}17 = 8{,}2\ \%$$

Im Ablauf sind noch 8,2 % der BSB_5-Fracht enthalten.

Berechnung zu b)

Wenn noch 8,2 % vorhanden sind, ist die Differenz zu 100 % also 91,8 %, abgebaut worden oder anders:

TM = 317 – 26 = 291 kg/d
GM = 317 kg/d

$$y = 291 : \frac{317}{100} = 91{,}8\ \%.$$

Im Klärwerk wurden insgesamt 91,8 % der Gesamtverschmutzung abgebaut.

Berechnung zu c)

Von den 317 kg/d, sind nach der Vorklärung noch 243 kg/d vorhanden, also wurden 317 – 243 = 74 kg/d abgebaut.

TM = 74 kg/d
GM = 317 kg/d

$$y = 74 : \frac{317}{100} = 74 : 3{,}17 = 23{,}4\ \%.$$

In der Vorklärung wurden 23,4 % abgebaut.

Berechnung zu d)

Im biologischen Teil wurde die Differenz zwischen 243 kg/d und 26 kg/d abgebaut.
243 – 26 = 217 kg/d.

TM = 217 kg/d
GM = 317 kg/d

$$y = 217 : \frac{317}{100} = 68{,}4\ \%.$$

Im biologischen Teil wurde 68,4 % der Gesamtschmutzfracht abgebaut.

Probe:

Restverschmutzung	8,2 %	
Abbau in der Vorklärung	23,4 %	23,4 %
Abbau in der Biologie	68,4 %	68,4 %
	100,0 %	91,8 %

Berechnung zu e)

Dem biologischen Teil wurden 243 kg/d zugeführt. Dies ist jetzt die Gesamtmenge von der aus der Prozentsatz für die abgebaute Teilmenge zu errechnen ist.

243 – 26 = 217 kg/d
TM = 217 kg/d
GM = 243 kg/d

$$y = 217 : \frac{243}{100} = 217 : 2{,}43 = 89{,}3\ \%.$$

Im biologischen Teil wurden 89,3 % der zugeführten BSB_5-Fracht abgebaut (biologischer Abbaugrad).

1.4 Einführung in chemische Grundlagen

Die Chemie ist die Lehre von den Stoffen und den Stoffänderungen; z. B. sind die Herstellung von Farb- oder Kunststoffen und das Verbrennen von Öl, Kohle usw. chemische Prozesse.

Auch in Kläranlagen erfolgen chemische Unwandlungen von Stoffen. In einer gut arbeitenden Anlage wird aus einem trüben, oft faulig riechenden Abwasser ein klares, geruchloses und fäulnisunfähiges Abwasser. In der Schlammfaulung wandelt sich der faulfähige Frischschlamm in einen schwarzen, erdig riechenden ausgefaulten Klärschlamm um. Diese Umsetzungen werden durch Lebewesen (im Wesentlichen durch Bakterien) bewirkt, man spricht daher von „biochemischen" Vorgängen. Wenn den Bakterien in Wasser gelöster Sauerstoff zur Verfügung steht, handelt es sich um *aerobe* Vorgänge. Voraussetzung dafür ist die ausreichende Zuführung von Luft, z. B. bei der Selbstreinigung im Gewässer oder der biologischen Reinigung in Kläranlagen. Umsetzungen ohne Luftzutritt werden *anaerob* genannt, z. B. die Verdauung des Menschen oder die Schlammfaulung.

Die Grundstoffe, aus denen sich alle festen Stoffe, Flüssigkeiten und Gase zusammensetzen, sind Elemente. Das kleinste Teilchen eines Elementes ist das Atom. Es gibt 92 natürlich vorkommende Elemente (mit den künstlich hergestellten über 100), die jeweils mit Symbolen gekennzeichnet werden, z. B.:

Al	= Aluminium	K	= Kalium
As	= Arsen	Mg	= Magnesium
C	= Kohlenstoff	Mn	= Mangan
Ca	= Calcium	N	= Stickstoff
Cd	= Cadmium	Na	= Natrium
Cl	= Chlor	Ni	= Nickel
Cr	= Chrom	O	= Sauerstoff
Cu	= Kupfer	P	= Phosphor
Fe	= Eisen	Pb	= Blei
H	= Wasserstoff	S	= Schwefel
Hg	= Quecksilber	Zn	= Zink

Viele dieser Elemente lagern sich zusammen, d. h. sie reagieren miteinander und bilden chemische Verbindungen. Diese haben andere Eigenschaften als die Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind. Den kleinsten Teil einer Verbindung nennt man Molekül; es ist aus 2 oder mehr Atomen zusammengesetzt. Zwei Atome Wasserstoff (H) und ein Atom Sauerstoff (O) verbinden sich z. B. miteinander zum Molekül H–O–H = Wasser = H_2O. Es können auch zwei gleiche Atome miteinander eine Verbindung eingehen, wie dies beim Sauerstoff der Fall ist, der als O_2 geschrieben wird. Dabei ist es unabhängig, ob der O_2 gasförmig, wie er in der Luft vorhanden oder in Wasser gelöst ist.

Weitere Beispiele von Verbindungen sind:

AOX	= adsorbierbare organische Halogenverbindungen
ATH	= Allylthioharnstoff
BSB_5	= biochemischer Sauerstoffbedarf
CaO	= Calciumoxid, Kalk (gebrannter Kalk) Ätzkalk
$Ca(OH)_2$	= Calciumhydroxid (gelöschter Kalk, Kalkhydrat)
CO_2	= Kohlendioxid (Kohlensäure)

CH_4	= Methan
CKW	= chlorierte Kohlenwasserstoffverbindungen
CSB	= chemischer Sauerstoffbedarf
HCl	= Salzsäure
H_2S	= Schwefelwasserstoffgas (riecht nach faulen Eiern)
H_2SO_4	= Schwefelsäure
$KMnO_4$	= Kaliumpermanganat
K_2O	= Kaliumoxid (Kaliumgehalt im Schlamm)
MgO	= Magnesiumoxid (Magnesiumgehalt im Schlamm)
NaOH	= Natriumhydroxid (Ätznatron, in Wasser Natronlauge)
$NaNO_3$	= Natriumnitrat (Natronsalpeter)
NH_3	= Ammoniak (Salmiak)
NH_4	= Ammonium
NH_4-N	= Stickstoffanteil des Ammoniums
NO_2	= Nitrit
NO_3	= Nitrat
NO_3-N	= Stickstoffanteil des Nitrats
N_{ges}	= Summe aus NH_4-N, NO_3-N und NO_2-N
GesN	= Summe aus organischem u. anorganischem N
PO_4-P	= Phosphoranteil des Orthophosphats
P_{ges}	= Gesamtphosphor
PCB	= polychlorierte Biphenyle

Die Untersuchung einer Probe auf Art und Konzentration der in ihr enthaltenen chemischen Stoffe wird „Analyse" genannt.

Wird der Abwasserzufluss (in l/s oder m^3/d) mit der Konzentration (in mg/l bzw. g/m^3) multipliziert, so erhält man die Fracht oder Last, z. B. an Schmutzstoffen, die der Kläranlage oder einem Gewässer in einer bestimmten Zeit zugeleitet werden. Sie wird in Gewicht pro Zeit, z. B. in g/s oder kg/d ausgedrückt.

Mit dem Beispiel eines **Zuckerwürfels** der in Wasser aufgelöst wird, lassen sich „Konzentration" und „mg/l" leichter vorstellen:

in 2 Tassen (1/4 l)	10 g/l	oder 1 %
in 2,7 l	1 g/l	oder 1 ‰
in 2 700 l (ein Tankwagen)	1 mg/l	oder 1 ppm
in 2,7 Millionen l (ein Tankschiff)	1 µg/l (Mikrogramm/l)	oder 1 ppb
in 2,7 Milliarden l (Talsperre)	1 vg/l (Nanogramm/l)	oder 1 ppt
in 2,7 Billionen l (See)	1 πg/l (Picogramm/l)	oder 1 ppq

			Beispiel: Der Gehalt eines Zuckerwürfels, aufgelöst in
1 Prozent ist 1 Teil von hundert Teilen	**10 Gramm** pro Kilogramm	10 g/kg	0,27 Liter Tassen
1 Promille ist 1 Teil von tausend Teilen	**1 Gramm** pro Kilogramm	1 g/kg	2,7 Liter Labor-Flasche
1 ppm (part per million) ist 1 Teil von 1 Million Teilen	**1 Milligramm** pro Kilogramm	0,001 g/kg (10^{-3})	2 700 Liter Tankwagen
1 ppb (part per billion) ist 1 Teil von 1 Milliarde Teilen (b = billion, engl. für Milliarde)	**1 Mikrogramm** pro Kilogramm	0,000 001 g/kg (10^{-6})	2,7 Millionen Liter Tanker
1 ppt (part per trillion) ist 1 Teil von 1 Billion Teilen (t = trillion, engl. für Billion)	**1 Nanogramm** pro Kilogramm	0,000 000 001 g/kg (10^{-9})	Talsperre Östertal 2,7 Milliarden Liter
1 ppq (part per quadrillion) ist 1 Teil von 1 Billiarde Teilen (q = quadrillion, engl. für Billiarde)	**1 Picogramm** pro Kilogramm	0,000 000 000 001 g/kg (10^{-12})	Starnberger See 2,7 Billionen Liter

Bild 1.6: Die Darstellung niedriger Konzentrationen

2. Was ist Abwasser?

Das im Haushalt oder in Betrieben verwendete Wasser wird zum größten Teil beim Gebrauch verschmutzt. Diese Verschmutzung entsteht durch feste Stoffe (Sand, Gemüsereste, Fäkalien) und flüssige (Harn, Milchreste). Sie können in gelöste (absetzbare Stoffe) und in gelöste Stoffe (Zuckerwasser) unterschieden werden.

Ein anderes Merkmal ist die chemische Zusammensetzung des Abwassers. Hier kann zwischen anorganischen (mineralisch) Stoffen (Sand, Salz, Metalle), und organischen Stoffen (Eiweiß, Zucker, Fett, Mineralöl, Fäkalien) unterschieden werden.

2.1 Abwasserarten

Abwasser ist das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser (Schmutzwasser). Abwasser ist auch das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Regenwasser.

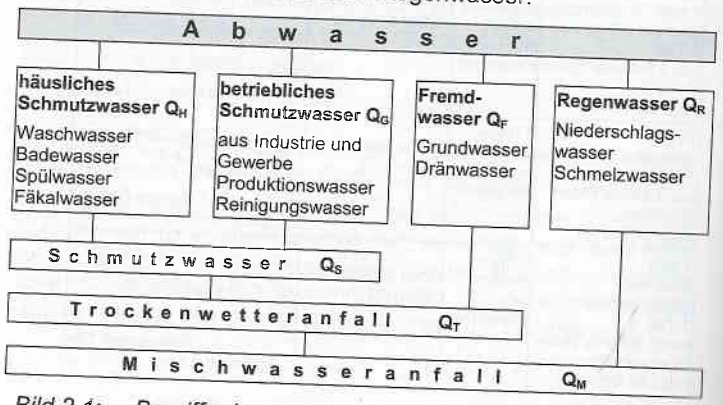


Bild 2.1: Begriffe der verschiedenen Abwasserarten

Die Kurzzeichen nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 Q_H, Q_G, Q_S, Q_F, Q_R, Q_T, und Q_M, werden benutzt, um den Anfall der jeweiligen Abwasserarten in Formeln darzustellen. Dabei ist $Q_S+Q_F = Q_T$ der Abfluss bei Trockenwetter.

Häusliches Schmutzwasser, auch Hausabwasser genannt, ist das in Haushalten und kleinstgewerblichen Betrieben anfallende Schmutzwasser, wie Wasch-, Bade- und Spülwasser einschließlich Fäkalien und Urin.

Kommunales Schmutzwasser enthält neben häuslichem Schmutzwasser auch Schmutzwasser aus Industrie und Gewerbe.

Gewerbliches oder *industrielles Schmutzwasser*, auch betriebliches Abwasser genannt, kommt aus Industrie- oder Gewerbebetrieben, als Fabrikations- oder Produktionswasser, Reinigungs- oder Kühlwasser. Besondere Bedeutung für die Abwasserreinigung hat Schmutzwasser aus

- Molkereien
- Brauereien
- Schlachthöfen
- fleisch-, fisch- oder lederverarbeitenden Betrieben
- Zuckerfabriken
- obst- und gemüseverarbeitenden Betrieben
- Winzerbetrieben
- Papierfabriken
- Zechen und Hütten
- Stahl-, Textil- und Chemiewerken.

Dieses betriebliche Schmutzwasser enthält oft sehr einseitig organische oder mineralische Stoffe, auch kann es durch Farben, extremen pH-Werten oder hohen Temperaturen gekennzeichnet sein. Manches betriebliche Schmutzwasser muss deshalb vor der Einleitung in das Kanalnetz vorbehandelt werden. So muss z. B. Galvanik- oder Beizereiabwasser neutralisiert und entgiftet werden.

Landwirtschaftliches Schmutzwasser ist meist stark organisch verschmutztes Abwasser aus Stallungen oder der Massentierhaltung. Es kann z. B. bei der Futteraufbereitung oder durch Tropfmilch entstehen. Oft spielen dabei Reste aus dem Jauche- und Silagebetrieb eine Rolle. Jauche (Gülle) und Silosäfte selbst sind kein Abwasser und der Kanalisation fernzuhalten.

Fremdwasser ist ein zusammenfassender Begriff für Wasser, das eigentlich nicht in die Kanalisation gehört und auch nicht in einer Kläranlage behandelt werden sollte. Gemeint ist z. B. Grundwasser, das in undichte Kanäle eindringt; auch Dränwasser aus Dränungen zur Trockenlegung tiefliegender Keller oder durchnässter Grundstücke gehört dazu, sowie Wasser aus Brunnen, Baugruben oder Entwässerungsgräben. Es ist jedoch aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht immer möglich Fremdwasser aus dem Kanalnetz fernzuhalten. Vielen Kläranlagen fließt wegen des Fremdwassers ein Mehrfaches des eigentlichen Trockenwetterzuflusses zu. Nach § 3 Abs. 3 der Abwasserverordnung (AbwV) ist eine Verdünnung nicht zulässig. Selbst wenn nur 1 l/s Fremdwasser ständig in das Kanalnetz eindringen sollte, führt dies zu einem zusätzlichen Jahresabfluss von 31 500 m^3.

Regenwasser ist Wasser, das als Niederschlag in der Form von Regen, Hagel oder Schnee anfällt. Es fließt über befestigte Flächen wie Dächer, Höfe, Straßen und Plätze oder unbefestigte Flächen wie Grünanlagen und Gärten in die Kanalisation. Regenwasser ist unterschiedlich, aber vorwiegend mineralisch verschmutzt. Zeitweise können auch nennenswerte organische Beimengungen auftreten. In der Umgebung von Industriebetrieben kann es durch Luftverunreinigungen oder Staubausstoß (Emissionen) erheblich verschmutzt werden. Im Kanalnetz abgeleitetes Regenwasser ist Abwasser.

Mischwasser entsteht, wenn in Kanälen Schmutzwasser und Regenwasser vermischt abgeleitet werden. Mischwasser ist Abwasser.

Unbehandeltes Abwasser wird auch *Rohabwasser* genannt.

2.2 Abwasseranfall

Der Schmutzwasseranfall entspricht etwa dem häuslichen Wasserverbrauch bzw. dem von Gewerbe und Industrie. Beim kommunalen Abwasser sind die Abflussspitzen auf der Kläranlage gegenüber den Verbrauchspitzen im Wasserwerk abgeflacht. Nachts, an Sonn- und Feiertagen sowie in der Urlaubszeit ist der Schmutzwasseranfall geringer als in den anderen Zeiten. In Urlaubsgebieten nimmt er in der Ferienzeit zu. In kleinen Orten sind die Tagesschwankungen ausgeprägter und größer als in Städten. In Bild 2.2 sind die Schwankungen des Schmutzwasserabflusses und der darin enthaltenen absetzbaren Stoffe einer Stadt mit 50 000 Einwohnern im Laufe eines Tages dargestellt.

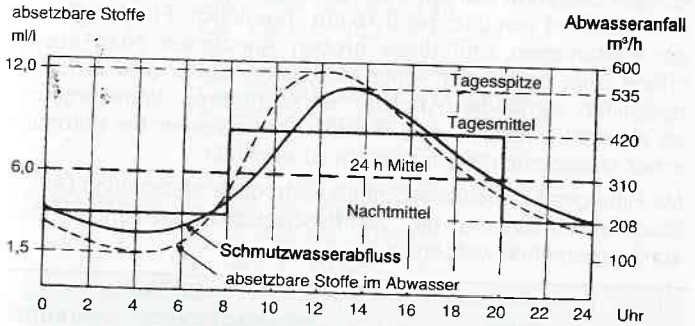


Bild 2.2: Schwankung des täglichen Schmutzwasserabflusses und der absetzbaren Stoffe einer mittleren Stadt [1]

Hier wird deutlich, dass die stündliche Tagesspitze kurz nach Mittag auftritt und etwa 1/14 des gesamten 24-h Mittels erreicht, während nach Mitternacht der stündliche Zufluss auf ein 1/36 absinkt. Als Faustwert beträgt die Tagesspitze 3 - 5 l/s je 1 000 E.

In kleinen bis mittleren Gemeinden ist mit einem spezifischen, d. h. hier auf Einwohner und Tag bezogenen Schmutzwasseranfall von 150 - 200 l/(E · d) zu rechnen, der in Großstädten auf

300 - 400 l/(E · d) steigen kann. Die Zunahme wird vorwiegend durch Gewerbe und Industrie verursacht.

Der Anfall von *betrieblichem Schmutzwasser* lässt sich zwar am Wasserverbrauch beurteilen, aber von einigen Ausnahmen in der Lebensmittelindustrie abgesehen, wird etwas mehr verbraucht als dann als Schmutzwasser anfällt. Im Abschnitt Wasserwirtschaft sind dafür unter Wasserverbrauch Zahlen angegeben.

Der Anfall von *landwirtschaftlichem Schmutzwasser* hat sich wegen des häufig sehr intensivierten Betriebes in den letzten Jahren so verändert, dass allgemein verwendbare Angaben nicht möglich sind.

Der *Fremdwasseranfall* kann nur mit Hilfe von Durchflussmessungen bestimmt werden. Für Kanalnetzbemessungen ist zwar ein Faustwert von 0,05 bis 0,15 l/(s · ha) üblich. Für den Betrieb der Kläranlagen sind diese groben Annahmen nicht ausreichend. Hier helfen nur echte Messwerte. Dafür sind in [5] Arbeitshilfen vorhanden. Um ein repräsentatives Jahresergebnis zu erhalten empfiehlt es sich, das Fremdwasser bei automatischer Messeinrichtung monatlich zu ermitteln.

Mit Hilfe des Fremdwasseranfalls kann ohne selbsttätige Durchflussmesseinrichtung die *Jahresschmutzwassermenge* überschlägig ermittelt werden:

Fremdwasseranteil %	Spezifischer Jahresschmutzwasseranfall m^3/E
0 – 25	30 – 50
25 – 33	50 – 60
33 – 50	60 – 80
> 50	> 80

Bild 2.3: Zusammenhang zwischen Fremdwasseranteil und JSM

Diese Faustzahlen gelten nur, wenn der Abfluss nicht durch Industriebetriebe nennenswert beeinflusst wird. Beim Prozentsatz

des Fremdwassers wird vom täglichen Trockenwetterabfluss als 100 % (mit Fremdwasser) ausgegangen. Für eine sichere Berechnung muss das Fremdwasser mindestens viermal im Jahr ermittelt worden sein. Eine Messung allein genügt nicht.

Der Abfluss des *Regenwassers* ist für die Bemessung von Kanälen, Regenbecken und Pumpwerken besonders wichtig.

Das Verhältnis von Schmutzwasserabfluss bei Trockenwetter (Q_S) zum Regenwasserabfluss (Q_R) ist sehr unterschiedlich, je nachdem ob der Spitzenabfluss bei Starkregen mit der Spitze des Trockenwetterabflusses oder die jeweiligen Jahresabflüsse der Kanalisation miteinander verglichen werden. Beispiele:

Ländlicher Ort mit 3 000 E und 50 ha Einzugsgebiet
Spitzenabflüsse: Q_S 9 bis 2 l/s
Q_R 1 500 bis 2 500 l/s
$Q_S : Q_R$ = 1 : 100 bis 1 : 250
Jahresabflüsse: Q_S 150 000 bis 200 000 m^3/a
Q_R 100 000 bis 200 000 m^3/a
$Q_S : Q_R$ = annähernd 1 : 1

Mittlere Stadt mit 30 000 E und 300 ha Einzugsgebiet
Spitzenabflüsse: Q_S 100 bis 150 l/s
Q_R 12 000 bis 20 000 l/s
$Q_S : Q_R$ = 1 : 80 bis 1 : 200
Jahresabflüsse: Q_S 2 bis 3 Mio m^3/a
Q_R 0,7 bis 1,5 Mio m^3/a
$Q_S : Q_R$ = annähernd 1,3 : 1 bis 4 : 1
Hier überwiegt der Jahresabfluss bei Trockenwetter.

2.3 Abwasserbeschaffenheit und Einwohnerwert

Um die Beschaffenheit des Rohabwassers zu beurteilen, wird es zuerst angesehen, dann gerochen und schließlich physikalisch und chemisch untersucht. Die wichtigsten Kriterien, die über die Beschaffenheit Auskunft geben, sind

Farbe
Trübung (Durchsichtigkeit)
Geruch
Temperatur
absetzbare und abfiltrierbare Stoffe
pH-Wert
gelöste und ungelöste Stoffe
organische und anorganische (mineralische) Stoffe
Fäulnisfähigkeit (Haltbarkeit)
Leitfähigkeit (Salzgehalt)
giftige (toxische) Stoffe
Öle, Fette, brennbare, explosible Stoffe
waschaktive Substanzen (Detergentien)
infektiöse Stoffe
Messwerte für BSB, CSB, NH_4-N, NO_3-N, GesN, P_{ges}

Häusliches bzw. *kommunales Schmutzwasser* ist meist hellgrau, trüb und riecht dumpf muffig, solange es frisch ist. Schwarzgraue Farbe und der Geruch nach H_2S wird meistens von angefaulten Beimengungen verursacht. Das Anfaulen kann von Ablagerungen in Kanälen mit geringem Gefälle kommen oder durch sehr lange Fließzeiten. Andere Färbungen oder Gerüche sind fast immer auf Betriebsabwasser zurückzuführen. Es hat im Regelfall Temperaturen zwischen 10 und 20 °C je nach Jahreszeit. Zum Vergleich: Trinkwasser hat 8 bis 14 °C und Grundwasser 6 bis 12 °C.

Der Anteil an absetzbaren Stoffen im Kläranlagenzulauf schwankt je nach Tageszeit (Bild 2.2). Er kann bis zu 20 ml/l betragen. Bei Starkregen wird die Trübung durch abgeschwemmte Ablagerungen oft verstärkt. Im häuslichen Rohabwasser bestehen ca. 2/3 der Kohlenstoffverschmutzungen aus gelösten oder halbgelösten und 1/3 aus absetzbaren Stoffen.

Der *pH-Wert* (Wasserstoffionen-Konzentration) von häuslichem Schmutzwasser liegt zwischen 6,5 und 7,5, also im neutralen Bereich. Die Schädlichkeitsbereiche sind in der pH-Wert-Skala

in Bild 2.4 dargestellt.

Gut gereinigtes Abwasser ist weitgehend geruchfrei, enthält keine absetzbaren Stoffe und hat eine Durchsichtigkeit von mindestens 50 cm. Manchmal hat es eine leicht gelbliche Färbung, die vorwiegend durch Huminsäuren verursacht wird. Es ist fäulnisunfähig und hat einen pH-Wert um 7.

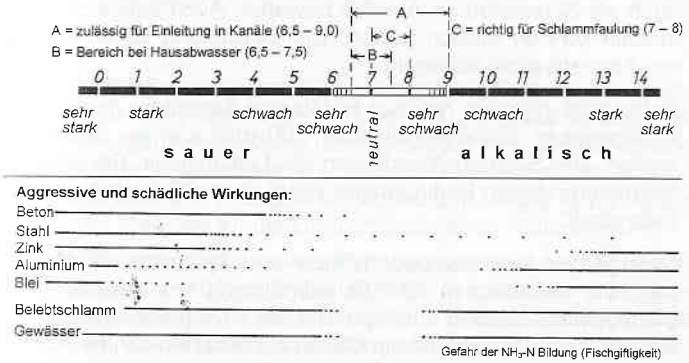


Bild 2.4: pH-Wert-Skala

Bei den anderen Abwasserarten schwanken die Eigenschaften und Mengen der Inhaltsstoffe meistens stärker als beim häuslichen Schmutzwasser.

Trübungen werden durch ungelöste Stoffe in kolloidaler Form, sehr fein verteilte Schwebstoffe, auch Suspensa genannt, verursacht und vermindern die Durchsichtigkeit. Sie können anorganisch sein, wie Tontrübe, oder organisch, z. B. Bakterien.

Die Herkunft mancher Abwasserarten kann am Geruch erkannt werden, so hat landwirtschaftliches Abwasser häufig den typischen Jauche- oder Silogeruch. Brauereiabwasser riecht manchmal nach Maische (Treber) und Molkereiabwasser nach Molke.

Andere und manchmal auch gefährliche Inhaltsstoffe, wie toxische Substanzen in ungenügend vorbehandeltem Galvanikab-

wasser, sind nicht immer mit Auge oder Nase erkennbar. Hierzu gehören auch Stoffgruppen mit den Bezeichnungen CKW (chlorierte Kohlenwasserstoffe, PCB (polychlorierte Biphenyle), AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen) oder ähnliche, zu denen die Lösungsmittel Tri, Per und Tetra gehören. Sie sind gelöste organische Stoffe, die nur schwer oder nicht abbaubar sind. Manche wirken abbauhemmend. AOX wird auch als Schadstoff im AbwAG bewertet. Auch einige Schwermetalle können toxisch wirken. Die Giftwirkung ist immer von der Konzentration abhängig.

Salze sind in jedem natürlichen Wasser enthalten, daher auch im Abwasser. Sulfatgehalte über 300 mg/l können Beton angreifen. Der Salzgehalt verändert die Leitfähigkeit. Bei ansonsten unveränderten Bedingungen steigt die Leitfähigkeit mit dem Salzgehalt.

Detergentien kommen über Wasch- und Spülmittel ins Abwasser; sie verursachen die Schaumbildung im Wasser. Aus Waschmitteln stammt auch ein Teil der Phosphate, die ebenso wie Nitrate als Nährstoffe ein Gewässer belasten können.

Viele organische Schmutzstoffe zersetzen sich leicht und gehen bei Sauerstoffmangel in Fäulnis über. Die *Fäulnisfähigkeit* bzw. die *Haltbarkeit* ist deshalb ein Beurteilungskriterium für Abwasser, wobei entweder Schwefelwasserstoff mit Bleiazetat nachgewiesen oder durch Methylenblau die Haltbarkeit bestimmt wird. Methylenblau wird normalerweise in kommunalem Rohabwasser in einigen Stunden entfärbt. Wenn Rohabwasser nicht entfärbt, sind meist toxische Stoffe die Ursache.

In häuslichem Schmutzwasser muss immer mit *Krankheitserregern* (Bakterien, Viren, Parasiten, Wurmeiern) gerechnet werden. Ein Rest dieser pathogenen Keime ist auch in gut gereinigtem Abwasser noch vorhanden, wenn es nicht desinfiziert wird.

Wenn *brennbare Stoffe*, wie Benzin, Benzol oder Verdünner usw. in den Kanal gelangen, ist vor allem die Explosionsgefahr zu beachten.

Die wichtigsten Parameter zur Beurteilung der Beschaffenheit des Rohabwassers sind

- *Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB)*
- *Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)*
- *Gesamtstickstoff, Summe aus organischem und anorganischem Stickstoff (GesN)*
- *Phosphor (P_{ges}).*

BSB_5

Bei der Bestimmung des BSB_5 wird der O_2-Bedarf gemessen, der bei 20 °C in fünf Tagen von den Mikroorganismen zum Abbau der organischen Stoffe benötigt wird. Er ist für Bemessung biologischer Kläranlagen ein wichtiger Messwert, da er eine Aussage über den biologischen Abbau trifft. In der AbwV ist der BSB_5 der Maßstab für die Größenklasse einer Kläranlage.

Der BSB_5 von kommunalem Rohabwasser liegt im Mittel zwischen 200 und 400 mg/l. Die Zahl für das dünnere Abwasser mit der niedrigen Konzentration gilt für Großstädte wegen des größeren spezifischen Wasserverbrauchs und für höheren Fremdwasseranteil. In Deutschland rechnet man, dass ein Einwohner täglich 60 g BSB_5 ableitet.

Mit dem BSB_5 wird auch die organische Verschmutzung eines Betriebsabwassers gemessen. Wenn die BSB_5-Fracht durch 60 (bei Messung nach der Vorklärung durch 40), die Zahl, die für einen Einwohner gilt, geteilt wird, entspricht diese Schmutzmenge einem Einwohnergleichwert (EGW).

Bei der Herstellung folgender Produkte fällt im Abwasser durchschnittlich jeweils ein EGW an:

2 - 5 kg	Fleisch- und Wurstwaren	1 - 2 l	Kartoffelspiritus
1 - 2 kg	Butter	3 - 20 l	Bier
4 - 22 kg	Käse (ohne Molkeablauf)	0,2 - 0,3 kg	Zellstoff
0,5 - 2 kg	Fischkonserven	1 - 5 kg	Papier
2 kg	Obst- und Gemüsekonserven	1 kg	Seife

1 EGW fällt an beim Ablassen von 0,5 l Vollmilch oder beim Waschen von 1 - 5 kg Schmutzwäsche.

Die Summe aus der Zahl der Einwohner (EZ) und dem Einwohnergleichwert (EGW) ergibt den **Einwohnerwert (EW)**, z. B. **für die Ausbaugröße oder Belastung einer Kläranlage.**

CSB

Der CSB ist die Sauerstoffmenge die erforderlich ist, alle organischen Stoffe chemisch zu oxidieren. Dabei wird der O_2-Verbrauch mit Hilfe eines Oxidationsmittels gemessen. Bei kommunalem Rohabwasser liegt er im Mittel zwischen 400 und 600 mg/l bzw. täglich bei 120 g je Einwohner.

NH_4-N, GesN

Der Gehalt an Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) in kommunalem Rohabwasser liegt zwischen 20 und 50 mg/l. Einwohnerbezogen liegt der Stickstoffanfall bei 11 g/d GesN. Bei der Oxidation von NH_4-N zu Nitrat (NO_3-N) wird etwa die vierfache Menge an Sauerstoff wie bei der Oxidation der Kohlenstoffverbindungen verbraucht, entsprechende Temperaturen und pH-Werte vorausgesetzt. Der Ammonium-Stickstoff steht mit dem Ammoniak-Stickstoff (NH_3-N) in einem Gleichgewicht. Steigt die NH_4-N-Konzentration, dann erhöhen sich auch die NH_3-N Werte. Bei warmen Wassertemperaturen kann der Ammoniak unabhängig vom pH-Wert auf über 0,2 mg/l im Gewässer ansteigen und wirkt dann stark fischgiftig.

Die Messung des Gesamtstickstoffs (GesN) = Summe aller N-Verbindungen im Zulauf zur Kläranlage ist als Betriebswert von Bedeutung. Denn erst im Verlauf der Abwasserreinigung wird der überwiegende Teil des organischen Stickstoffs in Ammoniumstickstoff umgewandelt.

Ohne diesen organischen Stickstoffanteil ist bei der Ermittlung des N-Abbaus der Kläranlage keine exakte Bilanzierung möglich. Dagegen sollten Nitrit und Nitrat im häuslichen Rohabwasser kaum vorkommen. Allerdings sind durch unkontrollierte Einleitungen wie nitrathaltiges Fremdwasser durchaus nennenswerte NO_3-N Konzentrationen möglich, die es rechtfertigen, den GesN zu messen.

P_{ges}

Die Phosphorkonzentration im Abwasser ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Sie liegt heute bei mittlerem kommunalem Rohabwasser zwischen 8 und 12,5 mg/l. Einwohnerbezogen rechnet man mit 1,8 g/d P_{ges}. Der Rückgang ist vor allem durch die Änderung der Waschmittelzusammensetzung eingetreten.

Phosphor gehört in Form von Phosphat neben dem bei der Stickstoffoxidation entstehenden Nitrat zu den Pflanzennährstoffen. Beide Stoffe führen zu einer Überdüngung (Eutrophierung) der Gewässer.

Die Beschaffenheit des gereinigten Abwassers

Das gereinigte Abwasser muss bestimmte Anforderungen erfüllen, bevor es in ein Gewässer eingeleitet werden darf. Dazu gibt es gesetzliche Regelungen.

Bei den Gemeinden sind im Anhang 1 der AbwV für kommunales Abwasser je nach Ausbaugröße einer Kläranlage teilweise unterschiedliche Anforderungswerte für BSB_5, CSB, NH_4-N, N_{ges} und P_{ges} festgelegt (siehe dazu Abschnitt 1.2 Wasserrecht).

N_{ges}

„N_{ges}" ist die Summe der Messwerte von NH_4-N, NO_3-N und NO_2-N ohne den Anteil des organischen Stickstoffes. Die Stickstoffverbindungen sind aus der gleichen Probe zu bestimmen.

Zur Unterscheidung ist unter „GesN" die Summe aus anorganischem und organischem Stickstoff zu verstehen. Die Ermittlung ist vor allem im Zulauf (Rohabwasser) von Interesse, da hier der organische Anteil verhältnismäßig groß sein kann.

3. Abwasserableitung

3.1 Aufgabe der Kanalisation

Kanalisationsanlagen haben die Aufgabe, Abwasser also Schmutzwasser (häusliches und betriebliches Schmutzwasser) sowie häufig auch Regenwasser (Niederschlagswasser, Tauwasser bei Schneeschmelze) so abzuführen, dass für Mensch und Natur kein Schaden entsteht.

Kanäle können diese Aufgabe nur erfüllen, wenn sie ständig überwacht und gewartet werden. Der Kanalbau kostet viel Geld. Diese Werte zu erhalten erfordert eine sorgfältige, dauernde Instandhaltung und Überwachung. Kanäle müssen gegen eindringendes und austretendes Wasser dicht sein und der freie Durchgang im gesamten Querschnitt muss erhalten werden. In manchen Gegenden werden Kanäle auch Siele oder Dolen genannt. Bestimmte Stoffe dürfen nicht in Kanäle eingeleitet werden. Insbesondere solche Stoffe nicht die Baustoffe angreifen, die Abwasserreinigung beeinträchtigen, Gewässer schädigen und nicht zuletzt Leib und Leben gefährden können. Entsprechende Einleitungsverbote sind in der Entwässerungssatzung festgelegt.

3.2 Mischverfahren und Trennverfahren

Wenn Schmutz- und Regenwasser zusammen in einem Kanal abgeführt werden, spricht man vom Mischverfahren. Auch die Ausdrücke Misch- und Trennsystem bzw. Misch- und Trennkanalisation sind gebräuchlich. Beim Trennverfahren werden Schmutzwasser und Regenwasser getrennt voneinander in zwei verschiedenen Kanälen abgeleitet. Die Trennung beginnt schon in den Grundstücken und die Anschlusskanäle müssen an den jeweils richtigen Sammelkanal, Regenwasser an den Regenwasserkanal, Schmutzwasser an den Schmutzwasserkanal, angeschlossen werden.

Manche Gemeinden wenden in einigen Ortsteilen das eine, in

anderen das andere Verfahren an. Dort ist die Gefahr von Fehlanschlüssen besonders groß, nämlich dass Schmutzwasser in den Regenwasserkanal geleitet wird oder umgekehrt.

Damit Mischwasserkanäle wegen des Regenwasseranfalls nicht übermäßig groß gebaut werden müssen, werden an geeigneten Stellen Regenentlastungen angeordnet. Hier wird das stark verdünnte Mischwasser über Regenüberläufe oder nach Behandlung in Regenbecken direkt einem aufnahmefähigen Gewässer zugeführt.

Das konventionelle Ableitungsprinzip wird häufig bei Neuplanungen oder Kanalsanierungen durch das *modifizierte* Trenn- oder Mischsystem ersetzt oder ergänzt, um den ökologischen und ökonomischen Anforderungen besser gerecht zu werden. Bei den modifizierten Systemen wird *behandlungsbedürftiges* und *nicht behandlungsbedürftiges Regenwasser* auseinandergehalten. Das unbelastete Regenwasser muss nicht gereinigt, sondern kann über eine Nutzung, Versickerung oder Ableitung direkt in ein Gewässer geleitet werden.

Der Versickerung von Regenwasser wird große Bedeutung beigemessen. Wenn es dort versickert wird, wo es anfällt, spricht man von dezentraler Versickerung, wenn es einer gemeinsamen Versickerungsanlage zugeführt wird, von zentraler Versickerung. Mit der Regenwasserversickerung werden der natürliche Wasserkreislauf und das ökologische Gleichgewicht gefördert, die durch die versiegelten Flächen der Siedlungen gestört werden.

3.3 Grundstücksentwässerung

Grundstücksentwässerungsanlagen erfassen das auf dem Grundstück anfallende Abwasser (Schmutz- und Regenwasser).

Beim Mischverfahren wird das Abwasser in einem Kanal zur öffentlichen Kanalisation geleitet (Bild 3.1). Bei der Entwässerung im Trennverfahren dagegen wird das Regenwasser in einer eigenen getrennten Leitung abgeführt, häufig auch auf dem

Grundstück versickert. Wichtige Begriffe sind:

Fallleitung
die senkrecht innerhalb des Gebäudes verlegten Leitungen, mit Entlüftung über Dach

Sammelleitung
liegende Leitung zur Aufnahme des Abwassers von Fallleitungen, die nicht im Erdreich oder unter der Grundplatte verlegt ist

Grundleitung
Entwässerungsleitung, die innerhalb eines Gebäudes oder in der Erde unter den Fundamenten verlegt ist, an die Schmutzwasserfallleitungen oder Entwässerungsgegenstände direkt im Kellerbereich angeschlossen sind

Anschlusskanal
Kanal zwischen dem öffentlichen Abwasserkanal und der Grundstücksgrenze bzw. der ersten Reinigungsöffnung (z. B. Übergabeschacht) auf dem Grundstück

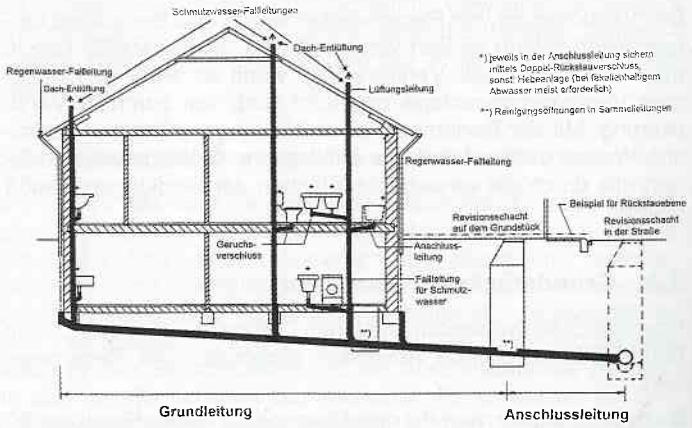


Bild 3.1: Darstellung einer Grundstücksentwässerung

Alle Leitungen müssen wasserdicht sein und frostfrei verlegt werden. Die Werkstoffe müssen ein Prüfzeichen haben. Durch Geruchsverschlüsse muss verhindert werden, dass Gase austreten. Die unter der Rückstauebene, die meist der Straßenhöhe entspricht, liegenden Entwässerungsgegenstände, z. B. ein Kellerablauf in der Waschküche, sind durch Rückstauverschlüsse (DIN 1997) gegen Eindringen von überstauendem Wasser aus dem Kanal zu sichern.

Wenn ein bebautes Grundstück nicht an eine Kanalisation mit Kläranlage anschließbar ist, wird über eine Kleinkläranlage (DIN 4261) entwässert. Sie muss regelmäßig durch einen Fäkalsaugwagen geräumt werden. Von da stammt der im Kläranlagenbetrieb aufzunehmende Fäkalschlamm. Zur Wartung von Kleinkläranlagen siehe auch „Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen" [19].

Kleinkläranlagen können manchmal kostengünstig durch Druckentwässerungen vermieden werden. In ungünstigen Lagen kann damit das Abwasser aus dem Grundstück auch in höher liegende Kanäle gepumpt werden.

Auf Grundstücken, auf denen mit Abschwemmung von Leichtstoffen, wie Benzin, Öl, Fett, zu rechnen ist, müssen vor Einleitung ins Kanalnetz Abscheider für Leichtflüssigkeiten, z. B. Benzinabscheider (DIN 1999), Fettabscheider (DIN 1940 - 43) angeordnet werden. Vielfach muss ein Schlammfang vorgeschaltet sein. Diese Einrichtungen sind nur wirksam, wenn sie regelmäßig kontrolliert und geräumt werden.

3.4 Bemessung von Kanälen

Kanäle haben normalerweise natürliches Freispiegelgefälle und werden nach der Kontinuitätsgleichung

$$Q = v \cdot A \quad \text{bzw. } A = Q : v$$

bemessen. Darin bedeuten

Q = Durchfluss in m^3/s ; v = Fließgeschwindigkeit in m/s

A = benetzter, durchflossener Rohrquerschnitt in m^2

Der erforderliche Rohrquerschnitt A wird durch den maßgebenden Durchfluss und die Fließgeschwindigkeit bestimmt.

Beim Mischverfahren ist der maßgebende Durchfluss für den Mischwasserkanal

$$Q = Q_S + Q_F + Q_R = Q_T + Q_R,$$

wobei normalerweise Q_R die bestimmende Größe ist.

Beim Trennverfahren ist der maßgebende Durchfluss für den Schmutzwasserkanal

$$Q = 2\,Q_T$$

und für den Regenwasserkanal

$$Q = Q_R$$

Die Fließgeschwindigkeit v hängt vom Gefälle, der Wandrauhigkeit und der Querschnittsform des Kanals ab. Eine genaue Berechnung ist kompliziert; man verwendet daher Bemessungstabellen. Je nach Wandrauhigkeit können dort für bestimmte Querschnittsformen und Querschnittsgrößen bei Vollfüllung und für bestimmte Gefälle der entsprechende Durchfluss und die zugehörige Fließgeschwindigkeit abgelesen werden.

Um Ablagerungen zu verhindern, muss eine *Mindestfließgeschwindigkeit* von 0,5 m/s eingehalten werden. Andererseits darf eine Maximalgeschwindigkeit bei Vollfüllung von 6 bis 8 m/s nicht überschritten werden, um die Abnutzung der Kanäle durch Grobstoffe, z. B. Steine, in Grenzen zu halten.

Die Fließgeschwindigkeit ist vom Kanalgefälle abhängig. Je größer das Gefälle ist, desto größer wird die Fließgeschwindigkeit und desto kleiner der benötigte Querschnitt. Das Gefälle J wird als Verhältnis von Höhenunterschied zu Länge oder in ‰ angegeben. Als Faustformel für Kreisprofile, mit der die Randbedingungen für die Fließgeschwindigkeit eingehalten werden, gilt

J = 1 : DN (in mm) für Mindestgefälle und

J = 1 : DN (in cm) für maximales Gefälle

(DN = Durchmesser-Nennweite).

Wenn z. B. ein Kanal mit DN 200 verlegt wird, sollte er mindestens ein Gefälle von 1 : 200 = 5 ‰ haben. Das ist 1 m Höhenunterschied auf 200 m Länge. Das Gefälle von 1 : 20 = 50 ‰ soll nicht überschritten werden.

Die Bemessung von Kanalnetzen erfordert verhältnismäßig umständliche Berechnungen im Listenverfahren, die heute überwiegend mit EDV-Programmen durchgeführt werden.

3.5 Rohrmaterial, Querschnittsformen

Für die *Kanäle* selbst sind üblich

- Steinzeugrohre mit Steckmuffen
- Betonrohre
- Stahlbetonrohre
- Faserzementrohre; (früher Asbestzementrohre)
- Kunststoffrohre
- Stahlrohre oder Gussrohre, z. B. für Druckleitungen und Düker
- Ortbeton, wenn Kanäle auf der Baustelle betoniert werden.

Manche Kanäle werden innen mit Steinzeug, Klinkern oder Zementmörtel ausgekleidet, auch Kunststoffbeschichtungen werden angeboten. Früher wurden größere Kanalquerschnitte auch gemauert.

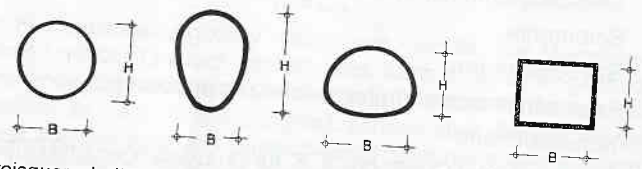
Die Dichtungen in den Rohrverbindungen sind besonders wichtig. Bei älteren Kanälen sind Rohrstöße zu finden, die mit Teerstricken verpresst und verstemmt oder mit Heißvergussmasse ausgegossen wurden. Moderne Dichtungen sind Rollringdichtung, Gleitringdichtung oder fest angebrachte Dichtmittel je nach Muffenart, Querschnittsform und Rohrwerkstoff. Diese Dichtungen müssen das Prüfzeichen des Instituts für Bautechnik in Berlin haben.

Die wichtigsten Forderungen der Prüfung sind

- wasserdichter Anschluss
- Wurzelfestigkeit

- Elastizität gegenüber Bewegungen im Rohrstoß
- Dauerfestigkeit.

Die Abwasserbeschaffenheit kann sich auf die Kanalbaustoffe auswirken. Temperatur und pH-Wert sind besonders wichtig. Höhere Temperaturen bewirken einen schnelleren Sauerstoffverbrauch im Abwasser, es fault an und dadurch entstehen Schwefelwasserstoffverbindungen. Diese können z. B. die Kanaldichtungen oder -beschichtungen beschädigen. Deshalb darf gewerbliches Abwasser mit mehr als 35 °C nicht in den Kanal eingeleitet werten. Saure Abwässer mit pH-Wert unter 6 greifen alle zementhaltigen Kanal- und Schachtbaustoffe an.



Kreisquerschnitt	Eiquerschnitt	Maulquerschnitt	Rechteckquerschnitt
DN 1400	Ei 1200/1800	M 1600/1200	R 1400/1150
B : H = 1 : 1	B : H = 2 : 3	B : H = 2 : 1,5	B : H (ohne Norm)

Bild 3.2: Rohrquerschnitte

Die häufigsten Querschnittformen (Profile) sind der Kreisquerschnitt und der Eiquerschnitt. Übliche Kreisprofile sind DN 150 bis DN 3000, wobei DN Durchmessernennweite (Innendurchmesser) in mm bedeutet. Normale Eiprofile haben ein Verhältnis von Breite zu Höhe von 2 : 3 und reichen von Eiprofil 600/1050 bis 1600/2400. Die spitzige Seite des Eiprofils ist unten, um bei kleinerem Abfluss größere Fülltiefen und so weniger Ablagerungen zu erhalten. Daneben gibt es noch über ein Dutzend andere Querschnittformen, die entweder aus früherer Zeit stammen oder in Sonderfällen eingesetzt werden, z. B. gedrückte oder überhöhte Profile, Maul- oder Rinnenquerschnitte.

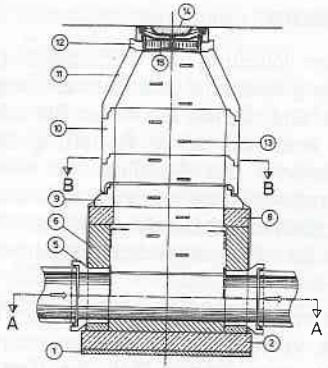
3.6 Schächte, Straßenabläufe

Die Kanäle müssen für Inspektion, Wartung und Instandsetzung zugänglich sein. Deshalb sind in gewissen Abständen Einsteigschächte (Bild 3.3) angebracht. Sie dienen auch der Be- und Entlüftung. Schächte werden auch bei einer Änderung der Fließrichtung, des Querschnitts oder des Gefälles und wenn Seitenkanäle einmünden, angeordnet. In geraden, durchlaufenden Kanalstrecken liegen die Schachtabstände zwischen 50 und 100 m. Die Kanalstrecke zwischen zwei Schächten wird auch Kanalhaltung genannt.

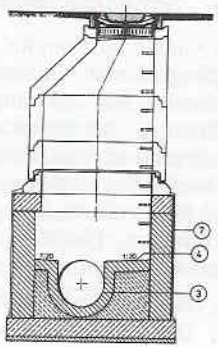
Als Baustoff für Schächte werden vorwiegend Betonschachtringe, Ortbeton oder Mauerwerk verwendet. Die Schachtsohle wird als Rinne ausgebildet, die dem unteren Teil des Kanalquerschnittes entspricht. So wird ein glatter Abfluss bei niedrigen Wasserständen erreicht und Ablagerungen werden vermieden. Auch Fertigteilschächte werden im Handel in den verschiedensten Materialien angeboten.

Der Innendurchmesser beträgt meist 1 m, die Schlupflochweite an der Schachtabdeckung mindestens 610 mm. Die Schmutzfänger unter den Schachtabdeckungen (Bild 3.3) schützen den Kanal vor groben Verschmutzungen, z. B. Steinen, die durch die Lüftungsöffnungen der Schachtabdeckung in den Kanal kommen könnten; sie dürfen auch aus Gründen des Personenschutzes nicht entfernt werden.

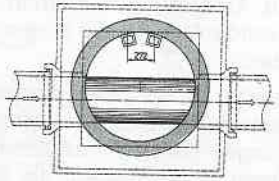
Zum Begehen der Schächte sind Steigeisen oder Steigbügel eingebaut. Diese Einstieghilfen werden auch Steiggang genannt. Steigeisen oder Steigbügel sind in regelmäßigen Abständen, dem Steigmaß (meistens 25 cm), angeordnet. Der Steiggang aus Steigeisen ist zweiläufig, da sie jeweils versetzt stehen. Der Steiggang aus Steigbügeln ist einläufig. Steigeisen sind aus Gusseisen. Steigbügel sind aus Aluminium und zur Vermeidung von Funkenbildung mit Kunststoff überzogen. Beide sind nach Form und Abmessungen genormt. Um sicher einsteigen zu können, beginnt ein Steiggang in der Regel 50 cm unter der Steigebene (Straße).



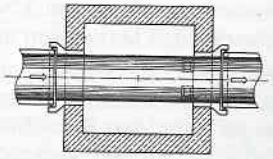
Schnitt C-C



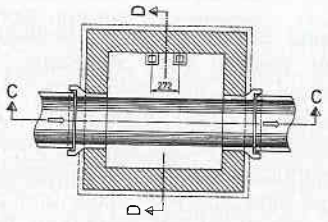
Schnitt D-D



Schnitt B-B



Variante Schnitt A-A



Schnitt A-A

Nr.	Bezeichnung
1	Sauberkeitsschicht
2	Sohlplatte
3	Gerinne
4	Auftritt
5	Anschlussstück
6	Wände (Beton, Mauerwerk *)
7	*Außenputz m. Schutzanstrich
8	Übergangsplatte
9	Fußauflagering
10	Schachtring
11	Schachthals
12	Auflagering
13	Steighilfe
14	Schachtabdeckung
15	Schmutzfänger

Bild 3.3: Schacht bis DN 500: rechteckiges Unterteil mit aufgesetzten Schachtringen

Die volle Funktionsfähigkeit eines *Steigganges* ist für die Sicherheit des Betriebspersonals äußerst wichtig. Er muss so ausgebildet sein, dass man ihn „blind" gehen kann. Werden Schäden festgestellt, so müssen deren Beseitigung schnellstens veranlasst oder selbst vorgenommen werden. Typische Defekte sind korrodierte, gelockerte oder gar abgebrochene Steigeisen.



Bild 3.4: Fachgerechter Einbau einer Schachtabdeckung

Auch *Abdeckungen* von *Schächten* und *Straßenabläufen* sowie *Steiggänge* müssen gewartet und bei Bedarf gereinigt werden, vor allem die Schmutzfänger. Die Abdeckungen erfordern einen größeren Unterhaltungsaufwand, da sie möglichst genau in einer Ebene mit der Straßenoberfläche liegen sollen und beim Überfahren nicht klappern dürfen (Bild 3.4). Deshalb sind häufig Regulierungsarbeiten notwendig. Gegen das Klappern werden dämpfende Auflagen verwendet.

Grundstücksanschlüsse und Straßenabläufe werden i.d.R. außerhalb der Schächte in den Kanal eingeführt. Diese Anschlüsse müssen den gleichen Anforderungen entsprechen, wie die Dichtungen der Rohrverbindungen.

Straßenabläufe (Bild 3.5) (Straßensinkkästen, Gullies) mit oder ohne Schlammeimer erfassen das Regenwasser von Straßen und Plätzen und leiten es zum Sammelkanal. Bei starkem Sandanfall sind vor den Einläufen manchmal Geröllfänge angeordnet. Straßenabläufe sind aus Gusseisen oder Fertigbeton oder einer Kombination von beiden. Sie sind mindestens einmal im Jahr zu reinigen. Zur rationellen Reinigung mit wenig Handarbeit wurden Saugfahrzeuge mit Kraneinrichtung entwickelt.



Bild 3.5: Straßenabläufe

3.7 Sonderbauwerke

Entlastungsbauwerke

In Mischkanalisationen werden zur Entlastung des Spitzenabflusses bei Starkregen Regenüberläufe oder Regenbecken als Sonderbauwerke angeordnet. Sie trennen Zuflüsse, die über ein bestimmtes Maß hinausgehen, zweigen diese zum Gewässer ab, bzw. speichern sie in Becken oder Stauraumkanälen. Die weiteren Kanäle und die Kläranlage werden so vor hydraulischer Überlastung oder gar Überschwemmung geschützt.

Für die Sonderbauwerke gelten folgende Kurzbezeichnungen:

Regenüberlauf	RÜ	Fangbecken	FB
Regenbecken	RB	Durchlaufbecken	DB
Regenüberlaufbecken	RÜB	Klärüberlauf	KÜ
Regenrückhaltebecken	RRB	Beckenüberlauf	BÜ
Regenklärbecken	RKB	Trennbauwerk	TB

Im RÜ (Bild 3.6) ist dafür eine Überlaufschwelle vorgesehen (einseitig oder doppelseitig), die erst anspringt und überströmt wird, wenn im Kanal die Fülltiefe überschritten wird, die dem Abfluss bei der sogenannten kritischen Regenspende (Q_{rkrit}) entspricht. In der Regel wird r_{krit} meist mit 15 l/(s · ha) angesetzt.

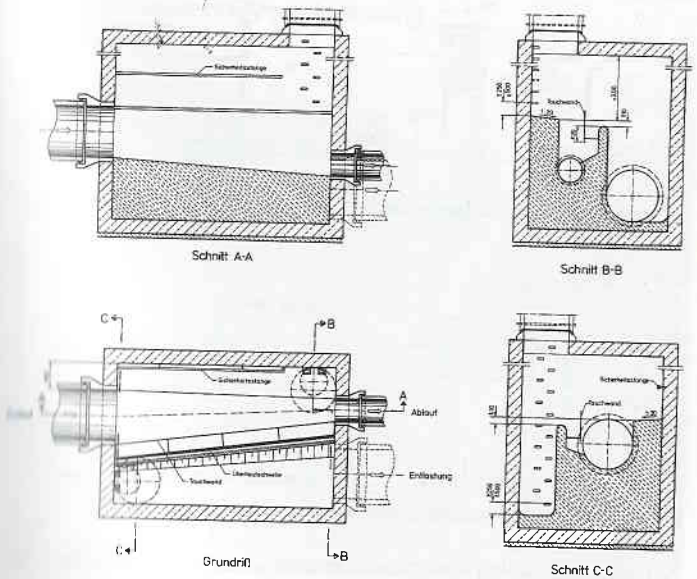
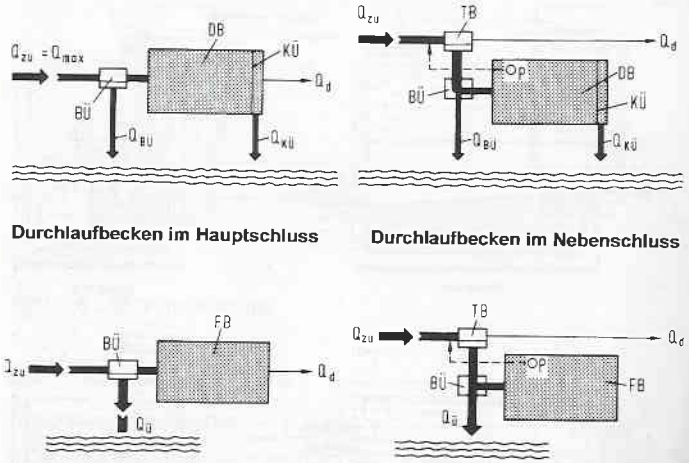


Bild 3.6: Regenüberlauf mit einseitiger Überlaufschwelle

Der Überlauf springt dann 5- bis 20mal im Jahr an. Der zur Kläranlage weiterführende kleinere Kanal wurde früher häufig als Drosselrohr ausgebildet. Der Einbau von einstellbaren Drosselorganen setzt sich immer mehr durch.

Regenbecken haben nicht nur wie RÜ die Aufgabe Spitzenabflüsse zu entlasten, sie sollen auch durch Sedimentation (Absetzwirkung) im langsam durchströmten Speicherraum möglichst viel der im Kanal abgeschwemmten Schmutzstoffe vom Gewässer fernhalten. Als Regenbecken sind zu nennen: Regenüberlaufbecken (RÜB), Regenrückhaltebecken (RRB) und Regenklärbecken (RKB). Auch Kanalstauräume werden als RÜB betrieben. RÜB werden unterschieden in Fangbecken (FB) und Durchlaufbecken (DB) (Bild 3.7).



Durchlaufbecken im Hauptschluss **Durchlaufbecken im Nebenschluss**

Fangbecken im Hauptschluss **Fangbecken im Nebenschluss**

Bild 3.7: Regenbecken und ihre Funktion

Fangbecken sollen den stark verschmutzten Spülstoß bei Regenbeginn und kurzen Starkregen auffangen. FB haben selbst

keinen eigenen Überlauf zum Gewässer und werden nach Füllung nicht durchströmt. Der nicht mehr aufnehmbare Zufluss wird vor dem Becken am Beckenüberlauf (BÜ) zum Gewässer abgeschlagen. FB werden in kleineren Einzugsgebieten eingesetzt, DB in größeren. DB werden auch nach Füllung noch beschickt und durchströmt. Am Beckenende befindet sich ein Klärüberlauf (KÜ), und das Becken wirkt als Absetzbecken. Größere Zuflüsse, die die Klärwirkung beeinträchtigen würden, selbst aber meist nur mehr gering verschmutzt sind, werden wie beim FB über einen BÜ vor dem Becken entlastet.

Die Füllung der Becken (FB und DB) wird durch Drosseleinrichtungen gesteuert, z. B. durch eine Pumpe, Wirbeldrossel, Schwimmerdrosselklappe, Waagedrossel, Raddrossel oder andere Regler. Zur Räumung von Regenbecken haben sich automatische Spüleinrichtungen bewährt.



Bild 3.8: Rührwerke in einem Regenbecken

Spülkippen erzeugen einen starken Spülschwall, der bei kleineren Kläranlagen zu hydraulischen Problemen führen kann, wenn das Becken kurz vor der Anlage liegt. Die stoßweise Zuführung von Sand und Schlamm bei der Beckenräumung kann zu Betriebsstörungen führen. Solche Stöße sollten durch gleichmäßige Ableitung vermieden werden, z. B. durch schwenkbare Rührwerke (Bild 3.8). Sie benötigen wesentlich weniger Energie als Wasserstrahlpumpen bei besserer Reinigungsleistung in toten Winkeln durch das Schwenken.

Der Beckeninhalt von Regenbecken ist der Kläranlage zuzuführen. RÜ und RÜB werden nach dem DWA-Regelwerk A 128 „Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen" [1] bemessen.

Je angeschlossenem Hektar versiegelter Fläche sind etwa 15 - 25 m^3 Nutzraum vorzuhalten. Die kleinere Zahl gilt für durchschnittliche Verschmutzung des Trockenwetterabflusses in Gebieten mit geringer Niederschlagshöhe, die größere mehr für stärker verschmutzten Trockenwetterabfluss (z. B. durch Gewerbe und Industrie) und in Regionen mit hohem Niederschlag.

RRB werden gebaut, wenn kein Gewässer in erreichbarer Nähe ist. Sie verhindern bei Starkregen die großen Abflussspitzen in der Kanalisation, indem sie in ihren großen Nutzräumen einen Teil des Regenabflusses speichern und erst später langsam an den anschließenden Kanal abgeben. RRB haben in der Regel einen Notüberlauf, der aber seltener als einmal im Jahr anspringt.

RKB kommen nur bei der Trennkanalisation vor. Der Regenabfluss wird im RKB vor der Einleitung in das Gewässer mechanisch geklärt, wenn dies zur Gewässerreinhaltung gefordert werden muss. RKB wirken als Absetzbecken; der abgesetzte Schlamm muss deshalb der Kläranlage zugeführt werden.

Instandhaltung

Die Überwachung, Wartung und Inspektion der Regenbecken dient zwei Hauptaufgaben:

- Beurteilung von Bauzustand, Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit,
- Beurteilung der Auswirkungen hinsichtlich des Schadstoffrückhalts und auf das betroffene Gewässer.

Einige Bundesländer haben den Mindestumfang der Selbstüberwachung von Abwasseranlagen, also auch den von Regenbecken, einheitlich in Verordnungen geregelt (z. B. Funktionskontrolle der maschinellen Einrichtungen mindestens einmal pro Monat und nach jedem Regenereignis).

Eine gewissenhafte Instandhaltung schützt bei Haftungsangelegenheiten. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, sind folgende Überwachungs- und Wartungstätigkeiten erforderlich:

- Art und Umfang von Ablagerungen feststellen, sowie Ablagerungen entfernen,
- Spüleinrichtung betätigen, prüfen und warten; Becken und Einstiegsvorrichtungen nachreinigen,
- Drosseleinrichtung nachsehen und warten,
- Schieber, Klappen, Verschlüsse und Antriebe auf Gängigkeit prüfen und warten,
- Pumpen warten, auch monatlicher Probelauf von Reservepumpen bzw. umschalten von Reserve auf Normalbetrieb,
- Schutzanstriche und bauliche Teile halbjährlich nachsehen, Be- und Entlüftung nachsehen; Zwangsbelüfter überprüfen und warten; Schwitzwasserbildung vermerken,
- Beleuchtung überprüfen,
- Messgeräte warten.

Unter „Warten" sind auch die nach der Bedienungsanleitung vorgeschriebenen Tätigkeiten zu verstehen. Dazu gehören vor allem das Abschmieren und Ölwechseln in regelmäßigen Wartungsinterwallen, das Eintragen des Standes der Betriebsstundenzahlen sowie Aufzeichnungen über die Messgeräte. In der Regel genügt das in Bild 3.9 gezeigte Arbeitsblatt der Aufzeichnungspflicht.

Betriebsaufzeichnungen zur Überwachung von Regenüberlaufbecken

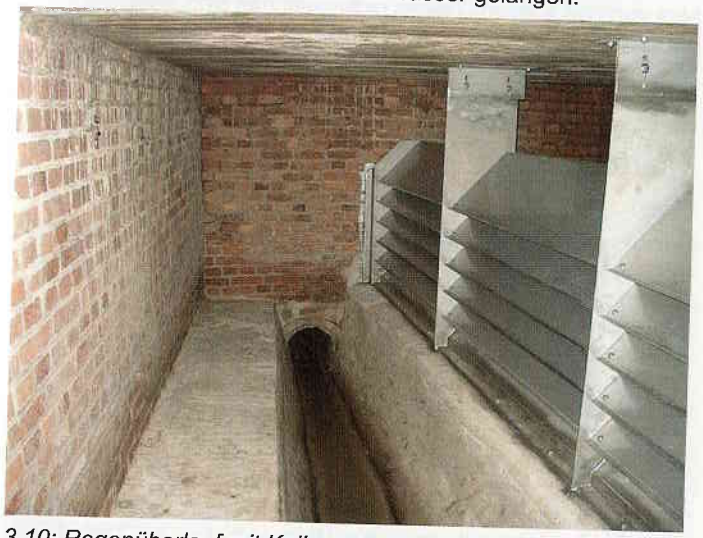
Bezeichnung des RÜB Untere Brücke | Obere Brücke

1	Jahr 20....	Monat		Juli			Juli			
2		Tag		Do 8.	Fr. 9.	Di 22	Do 8.	Fr 9.	Di 22	
3		Uhrzeit		9-10[30]	8-12[00]	8[00]	11-11[30]	13-16[00]	9[00]	
Beurteilung der Auswirkungen										
4	Regenereignis			7.7. bis 9.7.		21.7.	7.7 bis	9.7.	21.7	
5	Becken benutzt	ja/nein		ja	ja	ja	ja	ja	ja	
6	Entlastung	ja/nein		ja	ja	nein				
7	bei Messeinrichtungen:	l/s Ablesung								
8	Abfluss zum Gewässer	m³/Monat		15.000	3.000	–	10.000	–	–	
9	Schäden im Gewässer	nicht erkennbar/ erkennbar					lehm-trüb			
10										
Funktionssicherheit und Wartung										
11	Nennenswerte Ablagerungen/Art				15 cm Schlamm	3 cm Schlamm		10 cm Schlamm	1 cm Schlamm	
12	Spüleinrichtung	kontrolliert			x					
13		gewartet			x	x	Weiss vorhanden		Kanalgeräumt	
14	Drosseleinrichtung	kontrolliert		=	Pumpe			x	x	
15		gewartet						x		
16		geprüft						x		
17	Schieber, Antriebe Klappen usw.	kontrolliert						x		
18		gewartet			x			x		
19	Stand des Betriebsstundenzählers			2468	2492	2499		x		
20	Pumpen	kontrolliert			x					
21		gewartet			x					
22	Rechen, Siebe	kontrolliert								
23		gewartet								
24	Be- und Entlüften	kontrolliert								
25	Beleuchtung	kontrolliert						x		
26	Schutzanstriche	kontrolliert						x		
27	Messgeräte	kontrolliert								
28		gewartet			x					
29		geprüft			x		Keine vorhanden			
30	Messdaten plausibel	ja/nein			ja					
31	Bauliche Teile	kontrolliert								
32	aufgewendete Arbeitszeit in h			1	4	1	1	4	1	
33	Überwachung durchgeführt von (mit Anfangsbuchstaben abgezeichnet)			Fis	Fis	Fis	Fis	Fis	Fis	

Bild 3.9: Betriebsaufzeichnungen zur Überwachung von Regenbecken

Beurteilung der Auswirkungen

Um die Auswirkungen auf das Gewässer beurteilen zu können ist es meistens ausreichend, die Wirksamkeit eines Beckens abzuschätzen. Dazu genügt es Füllstände und Überlaufhöhen mit Hilfe eines Lattenpegels oder eines aufgemalten Maßbandes zu messen. Auf einem weißen Streifen daneben können mit den verbleibenden Schmutzrändern die Koten der höchsten Wasserstände abgelesen werden. Die Schmutzränder sind nach jeder Benutzung und Betriebsaufzeichnung wieder abzuwischen. Rückhaltevorrichtungen an den Schwellen (Bild 3.10) verhindern, dass Grobstoffe ins Gewässer gelangen.



3.10: Regenüberlauf mit Kulissentauchwand

Die über das gesamte Jahr hinweg notierten Aufzeichnungen werden im Jahresbericht „Kanalnetz“ ausgewertet. Bei wasserwirtschaftlich bedeutenden Becken ist die Wirksamkeit des Beckens durch kontinuierliche Aufzeichnungen und deren Auswertung nachzuprüfen.

Dazu gehören:

- Einstauzeitpunkt, -häufigkeit, -dauer,
- Entlastungszeitpunkt, -häufigkeit, -dauer,
- aus obigen Punkten: Abschätzung der Einstau- und der Entlastungsmenge.

Auslaufbauwerke

An Stellen, an denen das Wasser aus Kanalisation oder Kläranlage in ein Gewässer eingeleitet wird, sind *Auslaufbauwerke* vorgesehen. Sie sind so zu gestalten, dass Sohle und Ufer des Gewässers auch bei starkem Zufluss nicht gefährdet sind. Manchmal sind bei großen Einleitungen Grobrechen als Gitter angebracht; damit werden auch Unbefugte, z. B. Kinder, ferngehalten. Im Hochwasserbereich sind Auslaufbauwerke häufig mit selbsttätiger Rückstauklappe und einem Schieber ausgestattet, um das Eindringen von Hochwasser in die Kanalisation zu verhindern.

Düker

Kanäle müssen manchmal Straßen oder Gewässer kreuzen, die tiefer liegen als die dem Gefälle entsprechende Trasse. Die Sohllinie kann dann nicht beibehalten werden. Solche Kreuzungen heißen *Düker*. Der Kanal wird dann steil nach unten geführt (Dükeroberhaupt), mit leicht steigendem Gefälle unter dem Hindernis durchgeführt und dann mit mäßigem Gefälle wieder nach oben gezogen (Dükerunterhaupt). Der Kanal ist auf dieser Strecke ständig wassergefüllt und es gelten nicht mehr die Regeln des Freispiegelgefälles, sondern die der Druckleitung. Deswegen ist nicht mehr das Sohlgefälle bestimmend, sondern der Höhenunterschied der Wasserspiegellagen in Oberhaupt und Unterhaupt. Natürlich liegt der Wasserspiegel im Unterhaupt niedriger als im Oberhaupt. Solche Bauwerke sind sehr überwachungs- und wartungsbedürftig und ziemlich störanfällig.

3.8 Pumpwerke

Wenn die Kanäle sehr tief verlegt sind, werden Pumpwerke eingebaut. Je nach Situation werden bestimmte Arten von Pumpen und Pumpwerken bevorzugt. Schneckenhebewerke sind robust, wartungsarm und wenig störanfällig, werden aber aus Kostengründen kaum noch eingebaut (Bild 3.11).

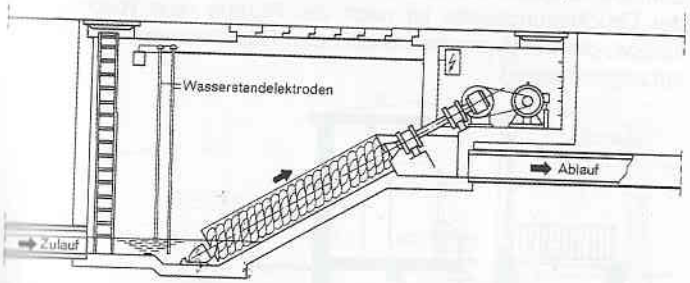


Bild 3.11: Schneckenhebewerk

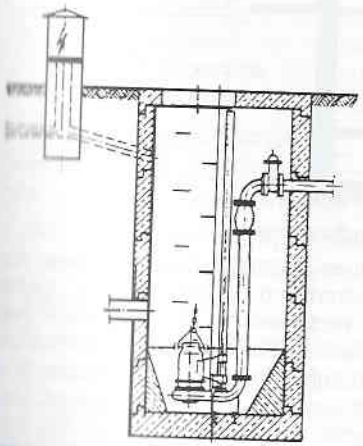


Bild 3.12: Pumpe in Nassaufstellung

Je nach Förderhöhe und Förderstrom werden überwiegend Pumpwerke mit Kreiselpumpen verwendet. Für kleine Förderströme kommen häufig Pumpen in Nassaufstellung zum Einsatz, für größere in Trockenaufstellung. Bei Nassaufstellung ist die Pumpe im Pumpensumpf (Saugraum) selbst angebracht (Bild 3.12).

Bei Trockenaufstellung steht sie außerhalb des Pumpensumpfes (Bild 3.13). Je nach Abwasserart werden bei den Kreiselpumpen verschiedene Laufradformen verwendet. Häufig wird das Einschaufelrad wegen seiner großen Durchgangsquerschnittes eingesetzt, da es auch bei festen und langfaserigen Beimengungen betriebssicher ist. Vor und nach der Pumpe sind Schieber angeordnet, um die Pumpe ausbauen zu können. Auf der Druckleitungsseite ist nach der Pumpe eine Rückschlagklappe, die bei Pumpenstillstand den Rückfluss aus der Druckleitung verhindert.

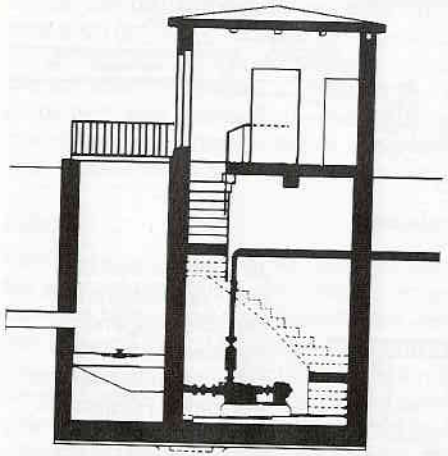
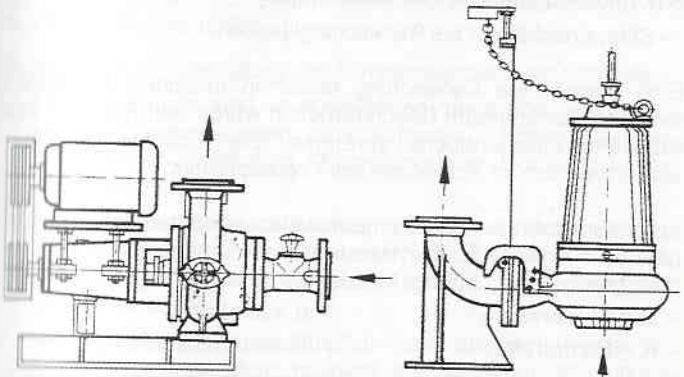


Bild 3.13: Pumpe in Trockenaufstellung

Bei den Kreiselpumpen gibt es spezielle Laufradformen wie Freistromrad, Schneckenkanalrad und Schneidrad. Für kleine Förderströme werden auch verschiedene Sonderformen von Pumpwerken und Pumpen benutzt. Bei der Tauchmotorpumpe bilden der hydraulische Teil (Laufrad mit Pumpengehäuse) und der elektrische Teil (Motor mit Gehäuse) ein Blockaggregat. Der Antriebsmotor taucht zusammen mit dem Laufrad in das Abwasser ein. Die Abdichtung zum wasserführenden Teil erfolgt mittels Gleitringdichtung, die vom Abwasser gekühlt wird. Um

zu vermeiden, dass bei undichter Gleitringdichtung Wasser in den Motor gelangt, muss eine mindestens halbjährliche Kontrolle der sog. Ölvorkammer durchgeführt werden. Zu diesem Zweck wird die Pumpe gezogen und der Inhalt der Ölkammer entleert. Je nach Ölzustand bzw. Vorhandensein von freiem Wasser kann auf den Zustand der Abdichtung geschlossen und entschieden werden, ob die Gleitringdichtung zu erneuern ist.



Trocken aufgestellte Kreiselpumpe

nass aufgestellte Tauchpumpe

Bild 3.14: Abwasserpumpen

Beim Anschluss von kleinen Ortsteilen über weite Entfernungen oder ungünstige Geländeverläufe gibt es besondere Systeme:

- Siebkesselanlagen (System Strate),
- Druckentwässerung (mittels Schneidradpumpen),
- Druckluftförderung,
- Unterdruckentwässerung (Vakuumsystem)
- Freiblasen von Druckleitungen durch Druckluftspülung,
- Lufteinperlung zur Verhinderung von Geruchsbelästigungen.

Druckentwässerungen haben sich verschiedentlich als wirtschaftlich erwiesen, vor allem wenn dadurch in der Anwesens-

entwässerung Kleinkläranlagen vermieden werden konnten.

Mit den vielfältigeren Lösungen sind auch zusätzliche Aufgaben beim Betrieb und der Wartung der Pumpenanlagen hinzugekommen. Neben den Problemen an Pumpen muss sich das Betriebspersonal auch befassen mit

- Lufteinschlüssen in Druckleitungen und Armaturen
- Druckstoßgefahren in Druckleitungen
- Klappenschlägen bei Rückschlagklappen.

Eine eingehende Behandlung dieser in manchen Gegenden selten vorkommenden Besonderheiten würde den Rahmen des Klärwärter-Taschenbuchs sprengen. Die Erläuterungen beschränken sich im Folgenden auf Kreiselpumpen.

Im Allgemeinen sind die Pumpenauslegungsdaten aus dem Typenschild ersichtlich. Die Herstellerwerknummer ist wichtig für die Ersatzteilbeschaffung. Meistens sind weiter angegeben

- Q = Förderstrom
- H = Förderhöhe
- n = Drehzahl
- P = Antriebsleistung in kW

Pumpen werden nach dem Förderstrom bzw. der Motorantriebsleistung bemessen. Die vereinfachte Grundformel dafür ist

$$P = \frac{Q \cdot H}{\eta \cdot 101{,}9} \text{ kW}$$

Dabei ist

P = die für den Pumpenmotor erforderliche elektrische Antriebsleistung in kW
Q = Förderstrom in l/s
H = manometrische Förderhöhe in m Wassersäule (geodätische Förderhöhe + Rohrreibungsverluste)
101,9 = Umrechnungskonstante, die auch die Schwerkraft-Konstante 9,81 m/s^2 enthält.
η (sprich eta) = Wirkungsgrad, liegt zwischen 0,5 und 0,8 je nach Pumpenart und Laufradform

Wenn z. B. 28 l/s 10 m hochgehoben werden, die Rohrreibungsverluste 3 m betragen und die Lieferfirma für die Pumpe einen Wirkungsgrad von 0,6 angibt, ist eine Leistung von

$$P = \frac{28 \cdot 13}{0{,}6 \cdot 101{,}9} = 5{,}9 \text{ kW}$$

erforderlich. Sicherheitshalber erfolgt ein Zuschlag von 10 bis 20 %. Es ist eine Pumpe mit einer Motorantriebsleistung von 6,5 bis 7 kW erforderlich.

Anregungen zur Gestaltung von Pumpensümpfen und Schächten

- Pumpensümpfe sind so auszubilden, dass Ablagerungen in sog. Beruhigungszonen nicht auftreten. Trichter bei Pumpeneinläufen verhindern Ablagerungen und mühevolle Reinigungsarbeit.
- Pumpensümpfe müssen für Reinigungs- und Reparaturarbeiten leicht zugänglich sein. Leitern mit Rückenschutz sind besser als Steigeisen, Treppen (evtl. hochklappbare) sind besser als Leitern.
- Der Zulauf zu Pumpensümpfen muss absperrbar sein. Bei Schneckenhebewerken müssen die einzelnen Zulaufkammern abgeschiebert werden können, um während des Betriebes eine Schnecke reparieren zu können.
- Für die Reinigung sollte in unmittelbarer Nähe ein Brauchwasseranschluss installiert sein.
- Abgedeckte bzw. geschlossene Pumpensümpfe sind mit ausreichenden Be- und Entlüftungsleitungen auszurüsten. Zuluftventilatoren müssen für ausreichende Frischluftzuführung vor einer Pumpensumpfbegehung sorgen (Ex-Schutz!).
- Zwischenpodeste in größeren Pumpensümpfen erleichtern die Wartung. Möglichst keine Gitterroste, sondern betonierte Podeste mit Geländern anordnen. Gitterroste müssen durch Klauen gegen Kippen und Abrutschen gesichert werden.
- Abdeckungen der Einstiegsöffnungen dürfen nur so schwer sein, dass sie von einer Person angehoben werden können.

- Bei Pumpensümpfen für Tauchmotorpumpen muss genügend Aufstellungsfläche für einen Dreibock zum Ziehen der Pumpe vorgesehen werden.
- In verschiedenen Höhen angebrachte Marken für Rauminhalte erleichtern eine einfache Kontrolle der gepumpten Menge.

3.9 Instandhaltung des Kanalnetzes

Begriffe

Die Begriffe sind in Anlehnung an das DWA Regelwerk M 143 Teil 1 bis 20 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden" definiert [1].

Instandhaltung

Umfassender Begriff für alle Maßnahmen, die zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes dienen; dies schließt auch die Feststellung und Beurteilung des Istzustandes mit ein.

Inspektion

Kontrolle, Beurteilung des Istzustandes; sie beinhaltet die einfache und die eingehende Sichtprüfung, sowie die Dichtheitsprüfung

Wartung

schließt die Reinigung der Kanäle, Leitungen und Sinkkästen mit ein, aber auch Funktionsprüfungen von Pumpen einschließlich Ölwechsel.

Instandsetzung

Wiederherstellung des Sollzustandes; Beheben von Missständen, die durch Wartungsmaßnahmen nicht zu beseitigen wären. Reparieren von kleineren örtlich begrenzten Schäden.

- *Sanierung*

  schließt alle Maßnahmen ein, die sich mit der Behebung von Schäden und der Erneuerung von Anlagenteilen befassen.

- *Renovierung*

  Wiederherstellung des Sollzustandes unter Erhaltung der Substanz, wie das Reparieren größerer Kanalschäden (Streckenschäden), als auch das Abdichten des Kanalnetzes in größerem Ausmaß wegen Fremdwasserproblemen.

- *Erneuerung*

  Herstellen neuer Anlagenteile, welche die Funktion der vorhandenen, außer Betrieb genommener Anlagenteile übernehmen; dies kann das Auswechseln eines Kanalstranges oder die Anschaffung einer neuen Pumpe sein.

Kanalbetrieb

Der Kanalbetrieb ist eine der wesentlichen Aufgaben der Siedlungsentwässerung. Er umfasst den Betrieb von Abwasserkanälen und -leitungen einschließlich der zugehörigen Sonderbauwerke. Bei öffentlichen Kanälen sind die Betreiber Gemeinden, Städte oder Verbände, bei Privaten die Eigentümer, z. B. Industrieunternehmen. Die Abwasseranlagen müssen von den Betreibern so unterhalten werden, dass das Abwasser schadlos abgeleitet werden kann. Es müssen jederzeit Betriebssicherheit, Funktionsfähigkeit und Dichtheit gewährleistet sein. Dies wird im Wesentlichen durch die Instandhaltung erreicht.

In kleinen Gemeinden können viele Maßnahmen zur Instandhaltung nicht selbst wahrgenommen werden. Hier muss sich das Betriebspersonal auf die einfache Zustands- und Funktionskontrolle beschränken. Für eine Inspektion mit einer TV-Kamera, muss dann eine Firma beauftragt werden (Bild 3.15).

Voraussetzung für einen ordnungsgemäßen Betrieb ist, dass die Anlagen des Kanalnetzes einwandfrei erstellt wurden und weiterhin laufend instandgehalten werden. Hierfür ist die gute Ausbildung und Schulung des Betriebspersonals unerlässlich, die u. a. durch die Kurse der DWA erreicht wird.



Bild 3.15: Einsatz einer TV-Kamera

Voraussetzungen für einen ordnungsgemäßen Betrieb sind:

- die genaue Ortskenntnis des Kanalnetzes mit seinen betrieblichen Einrichtungen und Anlagen,
- die fundierte Kenntnis der technischen Zusammenhänge und betrieblichen Abläufe innerhalb des Kanalnetzes sowie der Störungsmöglichkeiten und deren Beseitigung,
- die Kenntnis und Beachtung der Arbeitssicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften und
- die eindeutige Zuordnung der Aufgaben- und Verantwortungsbereiche des Personals.

Auch müssen dem Betriebspersonal die Anforderungen der Selbstüberwachung und der Festlegungen in der Entwässerungssatzung bekannt sein. Das schließt Einleitungsverbote und Besonderheiten gewerblicher Einleiter mit ein. Ebenso muss das Personal Kenntnis über wasserrechtliche Einleitungserlaubnisse, ggf. auch über Wasserschutzgebietsverordnungen mit Schutzzonen-Karten haben und sonstige rechtliche Vereinbarungen, z. B. mit Firmen.

Unerlässlich für den Kanalbetrieb sind Bestandspläne (evtl. Kanalkataster), die der wirklichen Ausführung entsprechen, Funktionsbeschreibungen, u. U. auch Schaltpläne und Bedienungsanweisungen von Herstellerfirmen. Letzteres gilt auch für die zur Wartung und Inspektion benötigten Geräte und Fahrzeuge.

Alle Einzelheiten und eine genaue Beschreibung der Aufgaben (Wartungs- und Inspektionsplan) müssen in einer Dienst- und Betriebsanweisung für das Kanalbetriebspersonal entsprechend DWA-Regelwerk A 199 festgelegt sein. Diese muss auch die notwendigen Maßnahmen bei Betriebsstörungen beschreiben (Alarm- und Katastrophenplan).

Einige der folgenden Hinweise sind den Büchern „Instandhaltungen von Kanalisationen“ [18] und „Grundlagen für den Betrieb von Kanalisationen“ [17] entnommen.

3.9.1 Reinigung

Die Reinigung von Kanälen ist ein wesentlicher Bestandteil der Wartung.

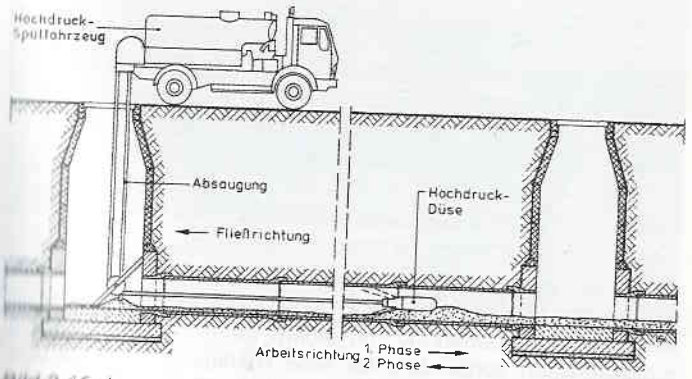


Bild 3.16: Hochdruckspülverfahren [18]

Ein Kanal sollte so geplant und gebaut werden, dass er sich im Betrieb möglichst selbst reinigt. Dies ist nur dann gewährleistet,

wenn die Schleppkraft des abfließenden Abwassers groß genug ist, dass die ungelösten Inhaltsstoffe (Sand, Kunststoffe, Papier usw.) sich nicht absetzen und Ablagerungen bilden können. Günstig hierfür sind Fließgeschwindigkeiten von mindestens 0,6 m/s. Ist jedoch das Kanalgefälle zu klein, der Kanaldurchmesser zu groß oder reicht beim Mischsystem der Mischwasserabfluss nicht aus den Kanal frei zu spülen, muss eine Kanalreinigung den störungsfreien Betrieb sicherstellen. Die Praxis hat gezeigt, dass auch bei sorgfältiger Planung und optimalen hydraulischen Verhältnissen im Kanal nicht auf eine bedarfsgerechte Reinigung verzichtet werden sollte.

Ablagerungen können den Kanalquerschnitt verengen bis zum völligen Kanalverschluss. Die Folge sind Geruchsbelästigung und Gasbildung durch Fäulnis, auch Ratten können vermehrt auftreten, da ihnen Ablagerungen als Nahrung dienen.



Bild 3.17: Spülfahrzeug mit Wiederaufbereitung

Die Kanalreinigung kann mit verschiedenen Zielen durchgeführt werden. So ist eine Reinigung vor der Kanalinspektion oder vor einer Schadensbehebung mit einem deutlich höheren Reinigungsaufwand verbunden, als eine Reinigung zu Unterhaltszwecken. Die erforderliche Häufigkeit der Reinigung als Wartungsmaßnahme richtet sich nach den Randbedingungen wie Alter, Gefälle und Durchmesser des Kanals sowie kritischen Einleitungen, entsprechend den langzeitlichen Aufschreibun-

gen. Eine bedarfsgerechte Kanalreinigung vermindert, ebenso wie die sorgfältige Straßenreinigung, die Gewässerverschmutzung bei Regen und erleichtert die Räumarbeit in den Regenbecken. Kleinen Gemeinden ist zu empfehlen, die Kanalreinigung von Fachfirmen vornehmen zu lassen, wenn das eigene Personal die Notwendigkeit festgestellt hat. Bei der Reinigung wird das Räumgut gleich durch das Kombifahrzeug (Wiederaufbereiter) entnommen.

Das *Hochdruckspülverfahren* (HD-Verfahren) (Bild 3.16), wird in Deutschland überwiegend angewandt. Mit diesem Reinigungsverfahren können Kanalquerschnitte bis DN 1500 gereinigt werden.



Bild 3.18: Die Wirkung einer Reinigungsdüse

Spülwasser aus dem Wassertank eines Spülfahrzeuges wird mittels Hochdruckpumpe und Hochdruckschlauch durch eine Reinigungsdüse an die Kanalwand gespritzt. An der Reinigungsdüse sind Düsenöffnungen (Düseneinsätze) so angeord-

net, dass die Wasserstrahlen nach hinten in einem Winkel von ca. 15 bis 30° austreten (Bild 3.18). Durch die Reaktionskraft, die in der Reinigungsdüse entsteht, wird diese gegen das Kanalgefälle in die Haltung getrieben und zieht den Schlauch nach. Die eigentliche Reinigung der Kanalhaltung erfolgt beim Zurückziehen des Schlauches mit der Schlauchhaspel zum Startschacht. Dabei beschleunigen die austretenden Wasserstrahlen das Abwasser, lösen verfestigte Ablagerungen, wirbeln das Räumgut im Kanal auf und transportieren es als Suspension mit einer Fließgeschwindigkeit von mindestens 3 m/s in Fließrichtung zum Startschacht. Dort wird die Suspension mittels Vakuum über den Schlauch eines Saugfahrzeuges abgezogen. Häufig werden kombinierte Hochdruck-Spül- und Saugfahrzeuge eingesetzt mit Wasserrückgewinnung (Bild 3.19).

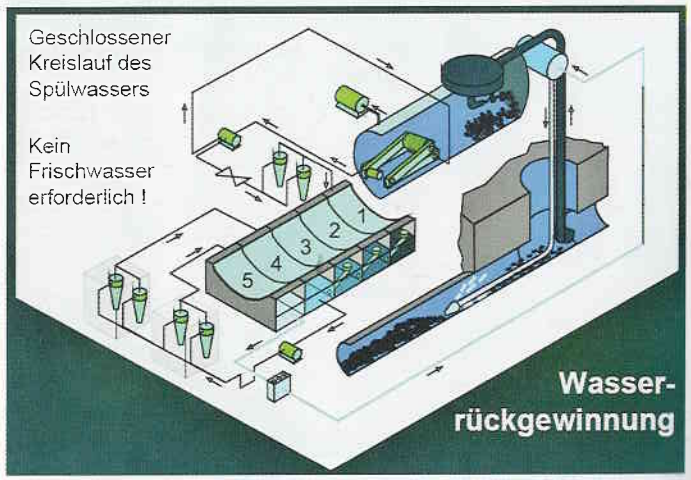


Bild 3.19: Wasserrückgewinnung Fa. Wiedemann & Reichardt

Die Anzahl der erforderlichen Reinigungsdurchgänge und die Geschwindigkeit der Reinigungsdüse (zwischen 4 und 60 m/min) ist der Verschmutzungsart und der Menge des zu transportierenden Räumgutes anzupassen. Die Hochdruckpumpe sollte einen so hohen Druck erzeugen, dass an der Reinigungsdüse noch ein Druck von 60-100 bar erreicht wird. Bei diesem Druck sind bei „gesunden" Kanalrohren keine Materialschäden zu erwarten.

Bei schadhaften Rohren ist Vorsicht geboten! Schadhafte Kanäle, die noch nicht saniert oder erneuert werden konnten, sollen mit reduziertem Wasserdruck, dafür mit größerer Wassermenge, gespült werden. Der Förderstrom der Hochdruckpumpe richtet sich nach Art, Höhe und Konsistenz der Ablagerungen sowie der Wasserführung. Ist die Ablagerungshöhe kleiner als 0,5 DN und die Teilfüllung des Kanals mit Abwasser während der Reinigung nicht größer als 50 %, sind i. d. R. folgende Fördermengen ausreichend: 320 l/min für DN < 800, 390 bis 450 l/min für DN 800 bis DN 1200, 640 bis 800 l/min für DN > 1200.

Je nach Verschmutzung und Innendurchmesser werden unterschiedliche Reinigungsdüsen verwendet:

- Radialdüsen (Wasseraustritt radial auf den Düsenumfang verteilt) und Rotationsdüsen (drehbar gelagerte Radialdüsen) zur Reinigung des gesamten Rohrumfanges,
- Sohlendüsen (Wasseraustritt in Richtung Rohrsohle) zur bevorzugten Reinigung der Kanalsohle (Bild 3.18) und zum Räumen schwerer Ablagerungen und
- Düsen zur Beseitigung von Verstopfungen (Wasseraustritt auch nach vorne).

Bei dem HD-Verfahren entstehen Aerosole (feinste in der Luft verteilte Abwassertröpfchen), die zu einer Gesundheitsgefährdung des Reinigungspersonals führen können. Hier helfen leichte Schachtabdeckungen mit Durchführungsöffnungen für Druck und Saugschlauch und eine Reduzierung des Spüldruckes schon ca. 10 m vor dem Startschacht beim Aufhaspeln des Schlauches.

Ein großer Vorteil des HD-Verfahrens ist, dass hier das Einsteigen von Schächten auf ein Minimum beschränkt ist. Auf einem

Reinigungsfahrzeug müssen mindestens 2 Personen tätig sein. Der Hochdruckschlauch herkömmlicher Fahrzeuge ist 120 bis 250 m lang und ermöglicht auch die Reinigung mehrerer Haltungen in einem Arbeitsgang.

Zur Reinigung von Druckleitungen werden fast ausschließlich *„Molche"* verwendet. Es handelt sich um gelenkige Körper, deren Außendurchmesser etwa dem Innendurchmesser der Druckleitung entspricht (Bild 3.20). Sie werden an einer Schleuse in die Druckleitung eingebracht, vom unter Druck stehenden Schlamm oder Abwasser durch die Leitung transportiert. Durch die Querschnittsverengung entsteht ein höherer Druck der die Ablagerungen weiter transportiert. Schließlich wird der Molch an einer Schleuse wieder der Leitung entnommen.



Bild 3.20: Gelenkmolche

Zu den Reinigungsarbeiten gehört auch die mindestens jährliche Säuberung der Straßenabläufe. Zur rationellen Reinigung mit wenig Handarbeit wurden spezielle Saugfahrzeuge mit Kraneinrichtung entwickelt.

Das bei der Reinigung der Kanäle anfallende Räumgut hat einen TR von etwa 40 %; der organische Anteil beträgt 10 bis 40 %. Das Räumgut ist ähnlich wie Rechengut und Sandfanggut zu behandeln. Dafür ist ein vereinfachter Verwertungs- bzw. Beseitigungsnachweis erforderlich. Dieser ist in den Fahrzeugen mitzuführen.

3.9.2 Inspektion

Durch die Inspektion kann der Reinigungsbedarf eines Kanals festgestellt oder der Erfolg der Reinigung überprüft werden. Die Inspektion ist eine wichtige Voraussetzung für das Erkennen von Schäden und ihren Ursachen. Die Inspektion erfolgt mit

- optischen Verfahren (qualitativ), z. B. Kanalfernsehuntersuchung (Bild 3.21) oder
- Messverfahren (quantitativ), z. B. Dichtheitsprüfung.

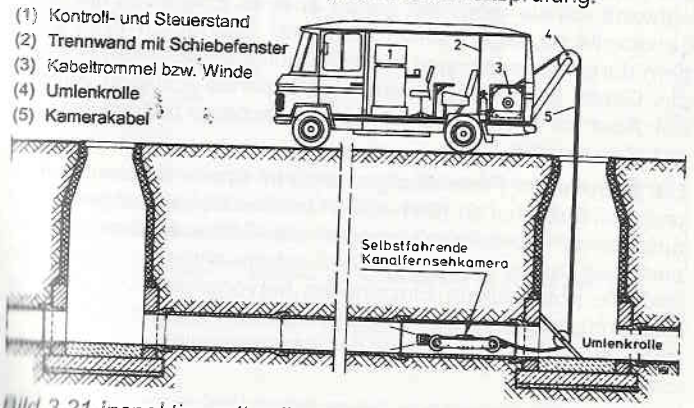


Bild 3.21 Inspektion mit selbstfahrender Kamera [18]

Auf eine 1 x jährliche Inspektion kann nicht verzichtet werden, um Betriebsstörungen und eine mögliche Gefährdung von Boden und Grundwasser durch undichte Kanäle zu vermeiden (Inspektionsstrategie). Aufzeichnungen und Berichte von Inspektionen sind wenigstens 5 Jahre aufzubewahren.

„Einfache“ Sichtprüfung

Jeder Kanal muss wenigstens einmal im Jahr inspiziert werden. Nach einigen Jahren Betriebserfahrung ist dem überwachenden Personal durch die Aufzeichnungen über die vorhergehenden Inspektionen ziemlich genau bekannt, welche Kanalstrecken oder Anlagen häufig oder selten einer Nachschau bedürfen. Diese Kontrolle erfolgt in der Regel als „einfache“ Sichtprüfung ohne Trockenlegung des Kanals. Sie umfasst das Öffnen der Kanalschächte, Reinigen der Schmutzfänger, Überprüfen der Wasserstände, Kontrolle auf erhöhte Gaskonzentration oder auffälligen Geruch, optische Inspektion von der Straße aus und ggf. Schadensfeststellung. Auch sollten die Schachtabdeckungen und Straßenabläufe im Verlauf der Kanaltrasse nachgesehen werden. Manchmal stehen sie heraus oder sinken ab.

Die Abdeckungen erfordern einen recht hohen Unterhaltungsaufwand, da sie möglichst genau in einer Ebene mit der Straßenoberfläche liegen sollen und beim Überfahren nicht klappern dürfen. Deshalb sind häufig Regulierungsarbeiten notwendig. Gegen das Klappern werden dämpfende Auflagen verwendet. Aber vor allem muss die Auflagefläche im Rahmen sauber gehalten werden.

Die getroffenen Feststellungen sind in einem Untersuchungsprotokoll festzuhalten (Bild 3.22). Um die Beobachtungen sofort aufzeichnen zu können, müssen die Bestandspläne greifbar sein, aus denen Bebauung, Straßenbezeichnung, Schacht-Nr. und alle notwendigen Einzelheiten hervorgehen. Die einfache Sichtprüfung erfolgt häufig in Kombination mit der Kanalreinigung und ab und zu auch mit der Kanalspiegelung.

Kanalnetz – Einfache Sichtprüfung 2010 Blatt Nr. 2

Stadt, Markt, Gemeinde, ZV Unterbrunn Ortsteil Oberbrunn

Tag/ Monat	erfaßbarer Bereich/ Straße (von Schacht-Nr. bis Schacht-Nr.)	Länge in m	vom Schacht aus erkennbare Mängel (bitte deutlich ankreuzen)[1]														
			Schacht-Nr.	explosive Gase	auffälliger Geruch	im Schacht: Deckel[2]	Wandung	Steigeisen	Wasser im Kalt	im Kanal: vorhanden	Rückstau: Ursache[3]	Ablagerungen: geringe	erhebliche	Art[4]	Fremdwasserzufl.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3/8	Marktstraße 1401 - 1410	520	06						X						
			08							X	?				
3/8	Marktstraße 1410 - 1418	665	15			X									
			18										X	S (org)	
4/8	Utastraße 1201 - 1211	520	01										X	S (org)	
			11				X								
5/8	Orbstraße 1211 - 1225	856													
6/8	Orbstraße / Marktplatz 1225 - 1240	830	32						X		Haus-anschluß				
			39												X
7/8	Marktplatz / Ludwigstraße 1240 - 1249	520	42					X							X
			49												X

ergänzende Feststellungen zu den festgestellten Mängeln:

Marktstraße: Ursache des Rückstaus nicht erkennbar

Markt-/Utastraße: Ursachen für S(org) sind ein flaches Kanalstück und die Metzgerei Irl

Marktstraße (Schacht 1415): erhebliche Fahrbahnschäden

Marktplatz: verursacht der Überlauf Marktbrunnen das viele Fremdwasser?

sofort durchgeführte Maßnahmen: Reinigung des Fettabscheiders bei der Metzgerei Irl

Kanalspülung im Bereich der Markt- und Utastraße

noch erforderliche Maßnahmen: umgehend: Marktstraße eingehende Sichtprüfung

bald: Sanierung der Fahrbahn Marktstraße (Schacht 1415) und des Hausanschlusses in der Orbstraße

prüfen: Woher kommt der große Fremdwasseranfall am Marktplatz?

Sichtprüfung durchgeführt von M. Fischer am 25. September 2010

Bild 3.22: Untersuchungsprotokoll „ Einfache Sichtprüfung “

Die *Kanalspiegelung* ist die älteste und einfachste Art zur Inspektion nicht begehbarer Kanäle (Bild 3.23). In dem einen Schacht einer Haltung wird ein Scheinwerfer so angeordnet, dass die Haltung ausgeleuchtet wird und im Beobachtungsschacht ein Spiegel, der dem Kanalquerschnitt entspricht. Der Spiegel steht vor dem Kanal so geneigt, dass die Haltung oben vom Schachtrand aus eingesehen werden kann. Die Kanalspiegelung sollte allerdings nur für einfache Kontrollen verwendet werden, da eine genaue Beurteilung des Kanalzustandes damit nicht möglich ist.

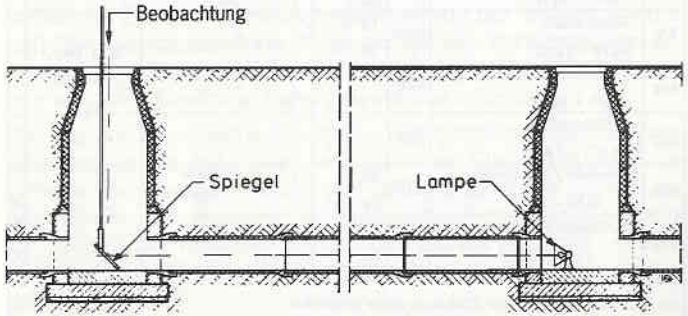


Bild 3.23: Prinzip der Kanalspiegelung [18]

„Eingehende" Sichtprüfung

Eine genauere Kontrolle der Kanäle sollte in Abständen von etwa 10 Jahren erfolgen. Diese eingehende Sichtprüfung wird meist als optische Inspektion mit Fernsehgeräten oder Begehung der Kanäle durchgeführt. Voraussetzung dafür ist nicht nur die Reinigung, sondern auch die Trockenlegung des Kanals, damit auch der besonders kritische Sohlbereich unterhalb des ständigen Wasserdurchflusses kontrolliert werden kann. Folgende Schäden sind aufzunehmen:

- Abflusshindernisse (z. B. Wurzeleinwuchs),
- Undichtheiten,
- Lageabweichungen,
- mechanische Verschleißerscheinungen,

- Korrosion,
- Beschichtungsschäden,
- Querschnittsverformungen,
- Risse und Scherben,
- Rohrbrüche und Einstürze.

Bei Schächten sind außerdem noch die Steighilfen zu kontrollieren. Die volle Funktionsfähigkeit eines Steigganges ist für die Sicherheit des Betriebspersonals äußerst wichtig. Werden bei der Inspektion oder bei der Reinigung Schäden festgestellt, so müssen deren Beseitigung schnellstens veranlasst oder selbst vorgenommen werden. Typische Defekte sind:

- Steigeisen oder -bügel sind durch Korrosion beschädigt oder haben sich gelockert,
- das oberste Steigeisen oder der Steigbügel sitzt zu tief,
- der Steiggang hat ein ungleichmäßiges Steigmaß, verläuft nicht im Lot, ist zu lang, hat keine Absturzsicherung oder endet nicht über dem Bankett.

Ein besonderes Augenmerk ist auf Grundstücks- und Schachtanschlüsse zu richten. Ein Großteil der vorhandenen Schäden der Kanalisationen wurde durch die nicht fachgerechte Einbindung dieser Anschlüsse verursacht.

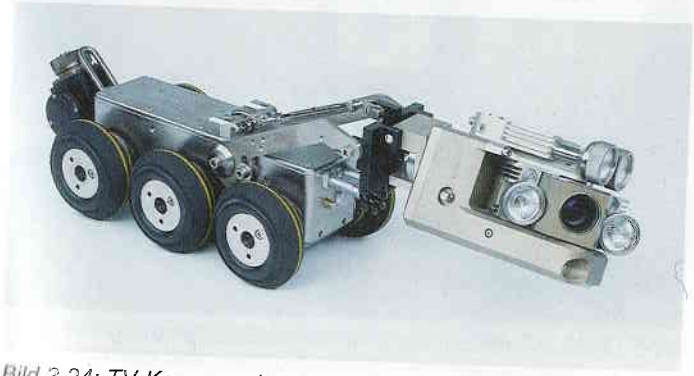


Bild 3.24: TV-Kamera mit schwenkbarem Kamerakopf

a) TV-Inspektion (Kanalfernsehuntersuchung)

In kleinen Gemeinden kann eine eigene Ausrüstung kaum wirtschaftlich genutzt werden. Hier ist zu empfehlen, die Angebote von erfahrenen Fachfirmen einzuholen.

Zur TV-Inspektion nicht begehbarer Kanäle werden vorwiegend selbstfahrende digitale TV-Kameras eingesetzt. Ein flexibler Kamerakopf, der in alle Richtungen dreh- und schwenkbar ist, ermöglicht eine genaue Betrachtung der gesamten Rohrwand (Bild 3.24). Selbst Risse mit 0,2 mm Breite sind feststellbar. Durch die große Reichweite dieser Systeme ist auch die Inspektion mehrerer Haltungen direkt hintereinander möglich. Der Abstand der Kamera vom Schacht wird durch Längenvermessung des abgewickelten Kabels bestimmt. Während der Kamerabefahrung werden alle erforderlichen Informationen (Untersuchungsort, Kanalwerkstoff und -nennweite, Schadensbezeichnung, Position von Abzweigen und Stutzen) über eine Dateneingabekonsole erfasst und in das Monitorbild eingeblendet.



3.25: Digitale Aufzeichnungen im Inspektionsfahrzeug

Die Beobachtungs- und Steuereinrichtungen sind in den Inspektionsfahrzeugen installiert (Bild 3.25). Beim Aufzeichnen werden alle erfassten Bestands- und Zustandsdaten digital gespeichert, so dass sie für die Planung von Sanierungsmaßnahmen hilfreich sind. Sie können zum Aufbau bzw. Aktualisierung einer Datenbank (Kanalkataster) verwendet werden. Die Inspektion der Anschlusskanäle erfolgt über den Revisionsschacht. Die sog. „Lindauer Schere" oder das „Kieler Stäbchen" mit einem abbiegefähigen Kamerasystem, sind selbst bei DN 100 einsetzbar.

Auch mit Hilfe einer Satellitenkamera, die vom Sammler aus einen Kamerakopf bis 20 m in den Hausanschluss einführen kann (Bild 3.26), sind Inspektionen durchführbar.

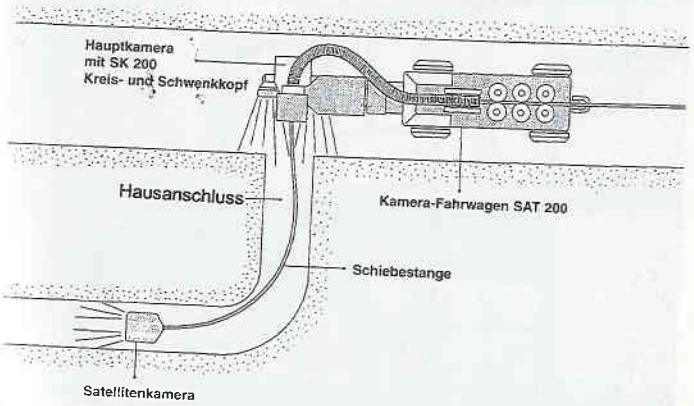


Bild 3.26: Satellitenkamera [18]

b) Begehung

Beim Begehen von Abwasserkanälen müssen die Unfallverhütungsvorschriften eingehalten werden. Die Inspektion erfolgt durch direkte Inaugenscheinnahme. Neben der schriftlichen Protokollierung werden festgestellte Schäden mit Hilfe eines Fotoapparates bzw. einer Videokamera dokumentiert.

Rauchtest (Signalnebelverfahren)

Zur Feststellung unbekannter oder nicht genehmigter Leitungsanschlüsse an ein Abwassernetz (z. B. Dränleitung, Fehlanschluss beim Trennverfahren) eignet sich besonders die schnelle und preiswerte Methode des Rauchtests. Hierbei wird Rauch unter niedrigem Druck in eine abgesperrte Haltung geblasen oder es werden Rauchbomben im Kanal placiert. Die Beobachtung des Rauchaustritts erfolgt vom Gelände aus (Bild 3.27). Zur Dokumentation werden Fotoaufnahmen empfohlen.



3.27: Einsatz des Signalnebelverfahrens

Dichtheitsprüfung

Optische Inspektionen reichen zur vollständigen Beurteilung des Kanalzustandes nicht aus. Verschiedene Schäden (z. B. undichte Muffen ohne Versatz) sind optisch nicht feststellbar und können erst durch eine Wasserdichtheitsprüfung nachgewiesen werden.

Besonders wichtig ist die Abnahme von Grundstücksanschlüssen. Sie sind nach Fertigstellung durch eine sachverständige Person des Kanalbetriebes abzunehmen, da hier häufig Fehler gemacht werden, die später nur schwer zu korrigieren sind. Dichtheitsprüfungen von Grundstücksentwässerungsanlagen sollten in der Entwässerungssatzung vorgeschrieben werden.



Bild 3.28: Methoden zur Prüfung der Wasserdichtheit

Der Prüfer darf sich nicht mit einer „Inaugenscheinnahme" begnügen. Es gibt verschiedene Methoden, mit denen die Wasserdichtheit nachgewiesen werden kann (Bild 3.28). In Abhängigkeit vom Anlass der Prüfung wird mit unterschiedlichen Prüfkriterien gearbeitet. An einen neu gebauten Kanal werden z. B. höhere Anforderungen an die Dichtheit gestellt als an einen alten Kanal, der im täglichen Betrieb zwar noch dicht ist, aber möglicherweise keine hohen Prüfdrucke überstehen würde. Die Dichtheitsprüfung von Abwasserleitungen wird auch im DWA-Regelwerk A 139 und M 143 Teil 6 [1] behandelt.

a) Infiltrationsprüfung von Kanälen im Grundwasser

Liegt der Kanal mindestens bis zum Rohrscheitel im Grundwasser, sind bereits bei der eingehenden Sichtprüfung undichte Stellen durch Grundwassereintritt (Infiltration) erkennbar (Bild 3.29). Trockenlegung und Reinigung werden dabei vorausge-

setzt. Bei nicht immer vollständig im Grundwasser liegenden Kanälen sollte die Prüfung beim höchstmöglichen Grundwasserstand erfolgen.



Bild 3.29: Wassereintritt an der Rohrverbindung

b) Wasserdruckprüfung

Mit der Wasserdruckprüfung nach DIN-EN 1610 können neu erstellte Abwasserkanäle auf Dichtheit geprüft werden. Für die Prüfung müssen alle Öffnungen des zu prüfenden Abschnittes verschlossen werden, auch zur Grundstücksentwässerung.

Der Prüfabschnitt muss luftfrei mit Wasser gefüllt und der erforderliche Prüfdruck eingestellt werden. Nach einer Vorbereitungszeit von etwa 1 Stunde (z. B. zur Wassersättigung der Rohrwand bei zementgebundenen Werkstoffen) kann mit der Prüfung begonnen werden. Der Prüfdruck entspricht dem Wasserdruck, der sich durch Wasserauffüllung des Schachtes bis zur Geländeoberkante ergibt. Er sollte mind. 0,1 bar und max. 0,5 bar betragen (Bild 3.30).

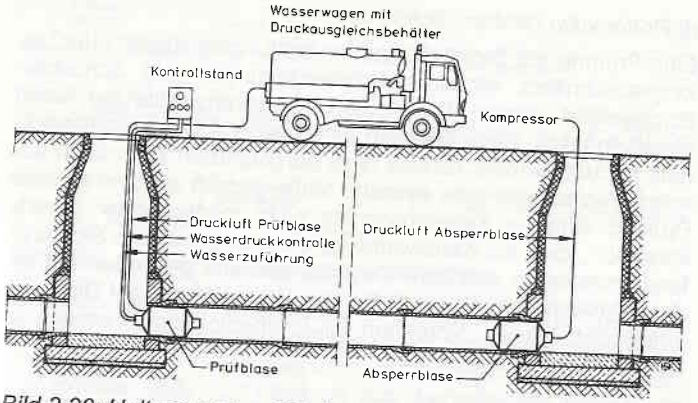


Bild 3.30: Haltungsweise Dichtheitsprüfung mit Wasser [18]

Der Prüfabschnitt ist dicht, wenn die innerhalb 30 Minuten gemessene Wasserzugabe, die erforderlich ist, um den Prüfdruck aufrecht zu erhalten, nicht die Werte der DIN überschreitet. Die wiederkehrende Dichtheitsprüfung alter Freispiegelleitungen wird mit einem geringeren Wasserdruck durchgeführt, z. B. 0,05 bar über dem höchsten Punkt am Rohrscheitel oder Wasserauffüllung bis Rohrscheitel.

c) Luftdruckprüfung

Die Dichtheitsprüfung ist auch mit Luftüber- oder -unterdruck möglich. Während es für die Unterdruckprüfung noch keine normierten Prüfkriterien gibt, können neu erstellte Kanäle und Schächte nach DIN-EN 1610 alternativ zur Wasserdruckprüfung auch mit Luftüberdruck geprüft werden. Wegen ihrer vielen Vorteile wird die Prüfung mit Luft immer häufiger eingesetzt. Die wesentlichen Vorteile gegenüber der Wasserdruckprüfung sind:

- schnelle Durchführbarkeit (ca. 30 min je Haltung),
- keine Wasserbeschaffung notwendig,
- Kosteneinsparung,
- keine hohen Drücke im unteren Bereich von Steilstrecken.

d) Prüfobjekte (Muffen, Schächte)

Eine Prüfung auf Dichtheit kann an Haltungen, Kanal- oder Leitungsabschnitten, einzelner Rohrverbindungen und Schächten durchgeführt werden. Um Kosten zu sparen, sollte der Kanal soweit möglich, haltungsweise einschließlich der Anschlusskanäle geprüft werden. Ist dies nicht durchführbar, kann auch abschnittsweise oder jede einzelne Muffe geprüft werden. Ist eine Prüfung längerer Kanalabschnitte nicht möglich oder unwirtschaftlich, kann die Kanalwandung einer eingehenden Sichtprüfung unterzogen und jede Verbindungsstelle gesondert mit einem Muffenprüfgerät und Luft- oder Wasserdruck auf Dichtheit untersucht werden. Vorgaben für Prüfbedingungen werden in DIN-EN 1610 beschrieben.

3.9.3 Schadenbehebung

Wurden bei der Inspektion Kanalschäden festgestellt, sind Maßnahmen zu deren Behebung durchzuführen. Die geeignete Schadensbehebungsmaßnahme ist von den Randbedingungen im Einzelfall abhängig.

Die Schadensbehebung in der Kanalisation ist eine Pflichtaufgabe der Betreiber. Das Betriebspersonal wird nur selten Kanalschäden selbst beheben. Es ist aber unerlässlich für den Betrieb, dass das Personal Kenntnisse darüber besitzt, wo und wie im Kanalnetz Schäden behoben werden bzw. wurden.

Einen Überblick über die praktizierten Verfahren gibt das Buch „Instandhaltung von Kanalisationen"[18]. Hier drei besonders häufig eingesetzte Verfahren:

Roboterverfahren

Durch den Einsatz ferngesteuerter Roboter können nichtbegehbare Kanäle mit Rissen, kleinen Scherbenausbrüchen, undichten Muffen und nicht fachgerecht eingebundenen Seitenzuläufen oder Wurzeleinwüchsen Instand gesetzt werden. Der Anwendungsbereich dieses Reparaturverfahrens erstreckt sich auf Nennweiten zwischen DN 150 und DN 800.

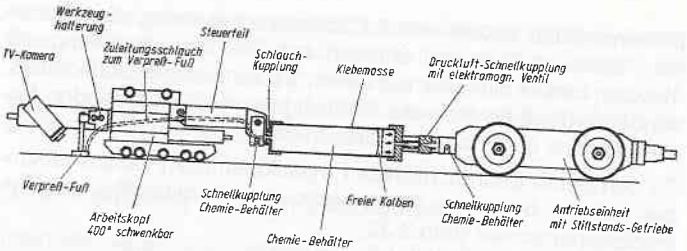


Bild 3.31: Roboter mit Überwachungskamera

Kernstück der Roboter-Systeme sind selbstfahrende Trägergeräte, die u. a. mit Fräs- und Bohrköpfen, Spachtelvorrichtungen und Schalungen mit Mörtelzufuhr ausgerüstet werden können. Der Roboter (Bild 3.31) besteht aus drei gelenkig miteinander verbundenen Maschinenteilen, der Antriebseinheit, dem Steuerteil und dem Arbeitskopf. Eine TV-Kamera zur Beobachtung ist notwendig.

Injektionsverfahren

Injektionen werden eingesetzt, wenn örtlich begrenzte und wenige Schadstellen in einem Kanal vorliegen (z. B. Risse, undichte Muffen).

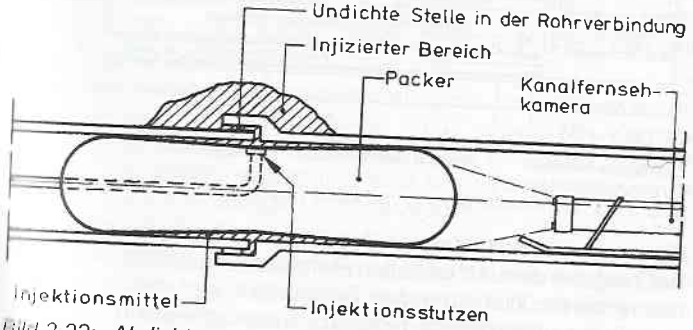


Bild 3.32: Abdichtung einer Rohrverbindung mit Epoxidharz [18]

Die endgültige bautechnische Schadensbehebung aber zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen soll. Die Abdichtwirkung der Injektion beruht nicht nur auf einem Verschluss der Schadstelle, sondern vor allem auf eine Verfestigung des umgebenden Lockergesteins durch das Injektionsmittel.

Zu den heute gebräuchlichsten Injektionsmitteln zählen Lösungen auf der Basis von Wasserglas oder Kunststoffen und Zementsuspensionen (Bild 3.32).

Schlauchrelining

Das Schlauchrelining ist ein Verfahren zur Sanierung von Kanalabschnitten oder Haltungen. Dabei wird durch Einbringen eines mit Kunstharz getränkten, flexiblen Schlauchgewebes (z. B. Polyestergewebe, Glasfasern), ein neues selbsttragendes Innenrohr geschaffen.

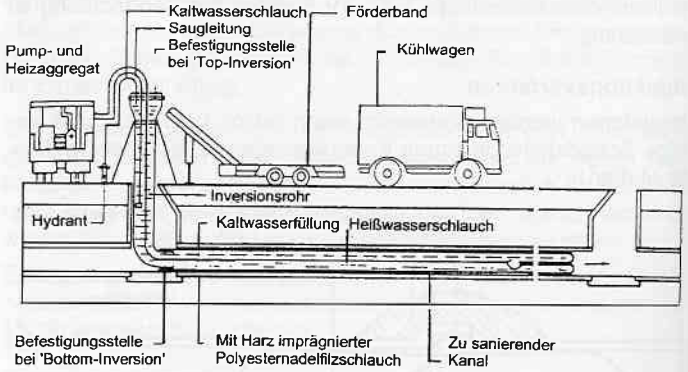


Bild 3.33: Schlauchrelining mit dem Insituform-Verfahren [18]

Es entsteht eine muffenlose Auskleidung, die formschlüssig an der bestehenden, schadhaften Rohrwandung anliegt. Durch die relativ dünne Wandung des Schlauches wird der Kanalquerschnitt nur unwesentlich reduziert. Die eingesetzten Verfahren unterscheiden sich vor allem in der Art der Einbringung des Schlauches über den Schacht und in der Art der Aushärtung

des Kunstharzes (evtl. unterstützt durch Wärme oder UV-Licht). Das Auffräsen von Seitenzuläufen erfolgt mittels Roboter von innen. Das dichte Einbinden der Seitenzuläufe sowie der Übergänge zwischen Rohr und Schacht muss dann noch durch geeignete Maßnahmen gewährleistet werden.

3.10 Kontrolle von Indirekteinleitern

Indirekteinleiter sind Gewerbe- und Industriebetriebe, die ihr Abwasser nicht direkt in ein Gewässer einleiten, sondern über ein öffentliches Kanalnetz und eine Kläranlage. An den Kanal sind sie aber direkt oder über eine Vorbehandlungsanlage angeschlossen.

Der Gegensatz dazu sind Einleiter, die ihre Abwässer über werkseigene Kanäle und Abwasserbehandlungsanlagen direkt in ein Gewässer einleiten, also Direkteinleiter. Gemeinden und Städte sind normalerweise Direkteinleiter.

Das in öffentliche Abwasseranlagen einzuleitende betriebliche Abwasser muss entsprechend der Entwässerungssatzung so beschaffen sein, dass insbesondere

- das Betriebs- und Überwachungspersonal nicht durch H_2S, SO_2, CO_2, Säuren oder Laugen mit extremen pH-Werten, zu hohe Abwassertemperaturen, feuergefährliche und explosible Stoffe sowie leichtflüchtige organische Lösemittel (wie z. B. CKW) gefährdet wird,
- die Bauwerke der Abwasseranlage nicht durch Abwasser mit extremen pH-Werten, hohe SO_4- oder NH_4-Konzentrationen, kalklösende Kohlensäure oder Lösemittel angegriffen oder zerstört werden und dass keine Feststoffablagerungen oder Verkrustungen auftreten können,
- die Funktion der Kläranlage nicht durch hohe Konzentrationen und Frachten an Schwermetallen, Säuren, Laugen, toxischen Stoffen oder Stoßbelastungen (auch durch abbaubare organische Abwasserinhaltsstoffe) gestört wird.

Industrie- und Gewerbebetriebe mit problematischen Abwasserinhaltsstoffen sind vor allem

Obst- und Gemüseverarbeitung, Brauereien, Brennereien, Schlachthöfe, fleischverarbeitende Betriebe, Molkereien, Metallbe- und -verarbeitung, Färbereien, Chemische Reinigungen, Großwäschereien, Papier- und Pappefabriken, Lederfabriken.

Gemeinden und Städte schreiben in ihren jeweiligen Entwässerungssatzungen Einleitungsverbote für bestimmte Stoffe bzw. Benutzungsbeschränkungen vor (siehe Abschnitt Wasserrecht).

Ein wichtiger Aufgabenbereich des Kanalbetriebes ist es, die Festlegungen in der Satzung zu überwachen. Da hierzu auch die Entnahme von Abwasserproben und deren analytische Untersuchung gehören, werden diese Aufgaben in großen Städten oft eigenen Abteilungen mit entsprechenden Labors zugewiesen. Viele der notwendigen Untersuchungen können von einem durchschnittlichen Kläranlagenlabor nicht mehr vorgenommen werden. Dazu bedarf es einer besonderen personellen und gerätemäßigen Laborausstattung.

Kleine Gemeinden schalten dafür Laborfirmen ein, denen die Proben zugesandt werden. Wenn Proben regelmäßig genommen werden müssen empfiehlt es sich, automatische Probenahmegeräte einzusetzen. Manchmal helfen hier die Fremdlabors oder die größere Nachbarstadt aus. In kleinen Gemeinden sind im Allgemeinen die für eine Überwachung in Frage kommenden Betriebe gut bekannt und nicht zahlreich. In manchen Fällen kann die Zusammenarbeit mit dem Betrieb bei der Überwachung nützlich sein. Hilfreich ist es, einen eigenen Messschacht für die Überwachung anzuordnen, in dem Proben gezogen und Abflussmessungen durchgeführt werden können, ohne das Werksgelände zu betreten. Betriebe können zur regelmäßigen Selbstüberwachung im Rahmen der Satzung verpflichtet werden, mit der sie die Inhaltsstoffe (Konzentration und Fracht) ihres Abwassers nachweisen müssen.

4. Vorgänge bei der Abwasserreinigung

Die naturwissenschaftlichen Grundlagen über die natürlichen Selbstreinigungsvorgänge in den Gewässern sind auch die Grundlagen für die Vorgänge der Abwasserreinigung in Kläranlagen. Was im Fluss Tage und Wochen dauert, wird dort in wenigen Stunden erreicht. Dies trifft vor allem für die biologisch wirkenden Teile einer Kläranlage zu. Die Bakterien, meistens schon im ankommenden Rohabwasser enthalten, werden dort künstlich in großen Mengen gezüchtet, indem für günstige Lebensbedingungen mit ausreichend Sauerstoff und Nahrung (Schmutzzufuhr) gesorgt wird. Um Betriebsstörungen zu vermeiden und die Anlage wirtschaftlich betreiben zu können, muss das Abwasser vorbehandelt werden, z. B. mit Rechen, Sandfang, Vorklärung. Die im biologischen Teil entstehenden Bakterienflocken werden in der Nachklärung zurückgehalten.

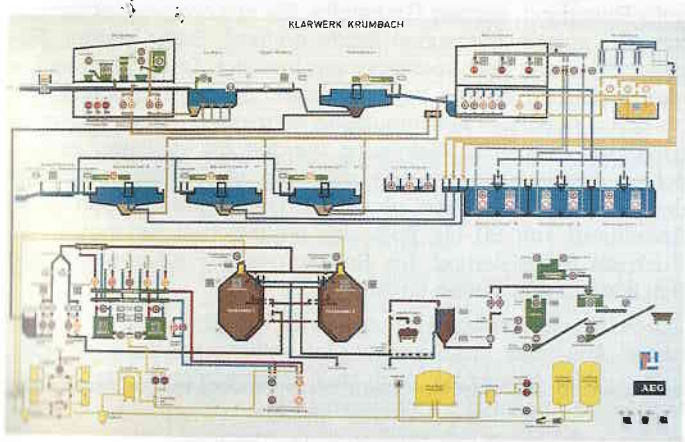


Bild 4.1: Schaltbild einer Kläranlage

Bild 4.1 zeigt die verschiedenen Reinigungsschritte einer konventionellen Kläranlage.

Die abgesetzten Stoffe aus Vor- und Nachklärung werden als Schlamm in der Faulanlage ausgefault und dabei im Volumen verringert. Danach wird er verwertet.

Bei der Abwasserbehandlung wird zwischen Sammelkläranlagen (Zentralkläranlagen) und Betriebskläranlagen (Industriekläranlagen) unterschieden. Sammelkläranlagen reinigen das Abwasser von Kommunen und Zweckverbänden. Betriebskläranlagen dagegen behandeln das Gewerbeabwasser mit speziellen Verfahren (z. B. Entgiften, Neutralisieren, Entschlammen). Wird das Industrieabwasser in der Betriebskläranlage nur soweit behandelt, dass es entsprechend der Entwässerungssatzung in das Kanalnetz einer Gemeinde eingeleitet (Indirekteinleiter) werden kann, werden diese als „Vorreinigungs"- oder „Vorbehandlungsanlagen" bezeichnet.

In Kläranlagen werden verschiedene Klär- und Reinigungsverfahren angewandt. Bei der *mechanischen* (physikalischer Begriff) Reinigung werden Grobstoffe, Sand sowie die absetzbaren und aufschwimmenden Stoffe entfernt. Dafür werden Rechen, Sandfang und Absetzbecken benötigt. Durch die mechanische Klärung werden bei häuslichem Schmutzwasser 20 bis 30 % der Abwasserverschmutzung vermindert. Durch die nachfolgende biologische Reinigung werden die gelösten organischen Abwasserinhaltsstoffe mit Hilfe von Mikroorganismen durch ihren Stoffwechsel abgebaut. Damit erreicht man einen Abbaugrad von 90 bis 98% der organischen Schmutzstoffe. Auch die Stabilisierung des Schlammes in Faulbehältern wird durch Mikroorganismen erreicht.

Die zulässige Restverschmutzung für die Einleitung der gereinigten Abwässer ins Gewässer ist entsprechend der Ausbaugröße in der AbwV bzw. auch im Wasserrechtsbescheid festgelegt (siehe Abschnitt 1.2 Wasserrecht).

Da auch Stickstoff und Phosphor das Gewässer als Nährstoffe belasten, müssen sie vermindert werden. Stickstoff wird in der Regel durch biologische Verfahren, Phosphor auch durch chemische Fällung verringert.

Wenn die jeweiligen Bauteile, z. B. Vorklärung, biologische Anlage und Nachklärung in einem einzigen Bauwerk kombiniert sind, spricht man von Kompaktanlagen oder Kombinationsbecken. Wenn sie in bestimmter Form von Herstellerfirmen für verschiedene Größen angeboten werden von Typenbauweisen. Um die Personalkosten zu vermindern, werden auch bei kleinen Kläranlagen automatisch gesteuerte Maschinen verwendet. So sehr das zu begrüßen ist, darf nicht vergessen werden, dass die Störanfälligkeit und Wartungsaufwendungen mit jeder Maschine wachsen.

4.1 Mechanische Vorgänge

Alle Feststoffe verhalten sich im turbulenzfreien Abwasser grundsätzlich nach dem Gesetz der Schwerkraft. Stoffe, die eine größere Dichte als Wasser haben setzen sich ab, Stoffe mit geringerer Dichte schwimmen auf.

Im Sandfang wird die Turbulenz so verringert, dass sich die schweren Sandkörner gerade noch absetzen, während die feineren schlammigen Stoffe weitgehend in Schwebe bleiben. Im Absetzbecken wird die Fließgeschwindigkeit so verlangsamt, dass fast alle absetzbaren Stoffe absinken. Voraussetzung ist, dass das Becken gleichmäßig durchströmt wird. Verstopfte Einlaufvorrichtungen oder ungleichmäßiger Abfluss an der Ablaufkante (z. B. bei starkem Wind) machen die Strömung ungleichmäßig und behindern den Absetzvorgang.

Ähnliche Folgen hat es, wenn kaltes Abwasser – z. B. bei Schneeschmelze – zufließt. Da es dann eine größere Dichte hat als das im Becken, drängt es verstärkt nach unten. Dies wird Dichteströmungen genannt mit der Auswirkung, dass der Absetzbereich im Becken durchgewirbelt wird und dadurch ein sedimentieren des Schlammes verringert wird.

4.2 Biologische Vorgänge

Ein großer Teil der organischen Inhaltsstoffe des Abwassers, bei Hausabwasser etwa zwei Drittel, besteht aus gelösten oder sehr fein verteilten Stoffteilchen, die sich in einem Absetzbecken nicht absetzen. Mit Hilfe der biologischen Verfahren ist es möglich, auch diese Stoffe weitgehend zu vermindern.

Dabei werden die organischen Stoffe von Mikroorganismen aufgezehrt, insbesondere von Bakterien (einzellige Lebewesen). Sie vermehren sich rasch und bilden so „biologischen Rasen" im Tropfkörper bzw. die „Belebtschlammflocke" in Belebungsanlagen. Neben Bakterien sind im biologischen Rasen bzw. in der Belebtschlammflocke auch höhere Organismen wie Protozoen (einzellige Organismen) und Metazoen (mehrzellige Organismen) vorhanden, die sich meist von frei schwimmenden Bakterien und kleinen Schlammpartikeln ernähren. Sie tragen dadurch auch zur Reinigung des Abwassers bei. Sie sind auf Grund ihrer Größe im Mikroskop im Gegensatz zu den Bakterien leichter zu erkennen (Bild 4.2) und dienen als Merkmale zur Beurteilung der Artenvielfalt eines Belebtschlammes [11, 12].

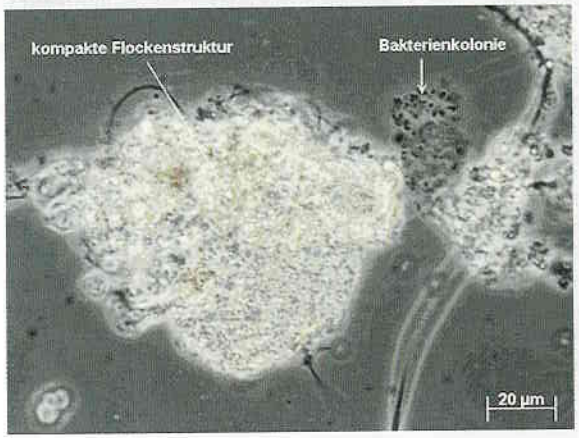


Bild 4.2: Organismen im Belebtschlamm

Die Gesamtheit der in einem Lebensraum vorhandenen Organismen wird als *Lebensgemeinschaft (Biozönose)* bezeichnet. Die Gesamtmasse der in einem Tropfkörper oder einem Belebungsbecken lebenden Organismen heißt Biomasse.

Die im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe werden also durch die Stoffwechseltätigkeit der Mikroorganismen abgebaut. Dabei werden die organischen Stoffe teilweise zu Kohlensäure und wasserlöslichen Mineralsalzen oxidiert (= verbrannt) und zum Zellaufbau der Mikroorganismen benötigt. Durch die Verbrennung wird die erforderliche Lebensenergie erzeugt. Der dazu benötigte Sauerstoff wird durch die Atmung aufgenommen. Damit die biologische Abwasserreinigung funktioniert ist es wichtig, dass die Mikroorganismen mit dem Abwasser in Berührung gebracht werden und gleichzeitig ausreichend Sauerstoff erhalten.



Bild 4.3: Drehsprenger am Tropfkörper

Der aus dem Tropfkörper herausgespülte oder aus der Belebungsanlage abgezogene Schlamm setzt sich in einem Nachklärbecken ab. Die biologischen Verfahren bestehen letzten Endes also darin, dass durch die Tätigkeit der Mikroorganismen die nicht absetzbaren, gelösten organischen Schmutzstoffe teils abgebaut und teils in absetzbare Schlammflocken umgewandelt werden.

Zu den biologischen Verfahren gehören Tropfkörper, Rotationstauchkörper und Belebungsanlagen.

Beim *Tropfkörper* (Bild 4.3) siedelt sich die Biomasse (Bakterien, Protozoen und Metazoen) auf dem Füllmaterial als biologischer Rasen an, über den das vorgeklärte Abwasser rieselt. Ein ähnlicher Bakterienbewuchs bildet sich auf den Scheiben oder den Kunststoffgebilden der Rotationstauchkörper, die im Abwasser, etwa zu 1/3 eingetaucht, langsam gedreht werden.

Bei B*elebungsanlagen* (Bild 4.4) wird die Biomasse in großen „Betonaquarien" (= Belebungsbecken) bei intensiver Belüftung (Sauerstoffversorgung) in ständiger Turbulenz gehalten und so mit dem Abwasser gemischt, dass die Schmutzstoffe (Nahrungsangebot) schnell aufgenommen werden können. Nahrungsangebot und Biomasse müssen zueinander in ein bestimmtes Verhältnis gebracht werden.

In schwachbelasteten Anlagen „nagen" die Bakterien, bildlich gesprochen, am Hungertuch, und vermehren sich auch nur in geringerem Maße. In mittel belasteten Anlagen entwickeln sie sich schneller, da größeres Nahrungsangebot in kürzerer Zeit vorhanden ist. Schwachbelastete Anlagen brauchen, bezogen auf die BSB_5-Belastung, große Beckennutzräume, hochbelastete kleinere; dafür muss dann der Schlamm noch weiter stabilisiert werden.

Tatsächlich sind die Abbauvorgänge komplizierter als hier dargestellt werden kann und von vielen Einflüssen wie Temperatur, Zeit, pH-Wert, Nahrungsangebot, Nahrungszusammensetzung usw. abhängig.



Bild 4.4: Belebungsbecken

Ein anderer biologischer Vorgang ist noch die Algenentwicklung. Die im Abwasser reichlich vorhandenen Nährstoffe, wie Stickstoff und Phosphat, begünstigen je nach Jahreszeit an gut belichteten, nassen Stellen das Ansiedeln von Algenbewuchs. Er bildet dann vor allem in Ablaufrinnen oder auf der Tropfkörperoberfläche grüne Ränder und Flächen. Das hat keine schädlichen Auswirkungen auf die Abwasserreinigung, allerdings sind in den Gerinnen von Nachklärbecken Algen dennoch zu entfernen, da sie zur Erhöhung der Ablaufverschmutzung beitragen. Die Algen selbst tragen nahezu nichts zur konventionellen Abwasserreinigung bei. Sie belasten jedoch das Gewässer. Bei der weitergehenden Reinigung können sie mitwirken Restverschmutzungen (z. B. in einem Schönungsteich) zu beseitigen, wenn die Algen anschließend nicht in das Gewässer gelangen.

In aeroben Abwasserteichen findet zeitweise eine sehr kräftige Algenbildung statt. Auch hier verzehren die Algen selbst keinen Schmutz, aber bei Lichteinstrahlung produzieren sie Sauerstoff,

der wiederum den Bakterienwuchs fördert. Diese Sauerstoffproduktion wird als Fotosynthese bezeichnet. Nachts verbrauchen die Algen wieder Sauerstoff, aber erheblich weniger, als sie produzieren. Wenn sie allerdings absterben, führt das zu einer weiteren Verschmutzung.

4.2.1 Kohlenstoffabbau

Den Hauptanteil der gelösten organischen Stoffe im Abwasser bilden die Kohlenstoffverbindungen. Die wichtigsten sind Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette. Sie werden bei der biologischen Abwasserreinigung durch Bakterien zuerst umgesetzt.

Der dafür benötigte Sauerstoffverbrauch wird als „biochemischer Sauerstoffverbrauch (BSB)" gemessen. Er ergibt sich aus dem Kohlenstoffabbau und dem Baustoffwechsel der Bakterien. Mit Hilfe dieser Messgröße kann der Grad der organischen Verschmutzung im Abwasser festgestellt werden (siehe Kapitel 9.4).

4.2.2 Stickstoffentnahme

Nitrifikation

In einer nachfolgenden Reaktion kann die Umsetzung der Stickstoffverbindungen von bestimmten Organismen erfolgen. Für ihre Umsetzung wird die rd. vierfache Menge Sauerstoff wie für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen etwa benötigt.

Im kommunalen Abwasser kommt der Stickstoff (N) größtenteils aus den menschlichen Ausscheidungen, und zwar aus dem Urin, überwiegend in Form von Harnstoff, der schon im Kanal zu Ammoniumstickstoff (NH_4-N) zerfällt, dies nennt man Ammonifikation. Je länger die Fließzeit zur Kläranlage ist, umso weiter ist dieser Vorgang fortgeschritten. Im mechanischen Teil wird dann weiter organischer Stickstoff in NH_4-N umgewandelt, so dass im Ablauf der Vorklärung der größte Teil des Stickstoffes als Ammoniumstickstoff vorliegt (Bild 4.5). Organischer Stickstoff und Ammoniumstickstoff als Summe werden Kjeldahl-Stickstoff (TKN) genannt:

$$TKN = orgN + NH_4\text{-}N$$

Ammoniumstickstoff wird im Gegensatz zu den Kohlenstoffverbindungen nicht abgebaut, sondern über Nitrit (NO_2-N) zu Nitrat (NO_3-N) oxidiert. Dieser Vorgang wird *Nitrifikation* genannt.

Die nitrifizierenden Bakterien sind empfindlicher als die kohlenstoffabbauenden Bakterien, haben wesentlich geringere Wachstumsraten und werden daher leicht von den kohlenstoffabbauenden verdrängt. Daneben wird ihre Aktivität durch die Konzentration an gelöstem Sauerstoff und durch die Temperatur beeinflusst. Die Aktivität ist bei Sauerstoffkonzentrationen unter 1,5 mg/l im Belebungsbecken – auch im Gewässer – und Temperaturen unter 10 °C, stark eingeschränkt; der pH-Wert soll im neutralen Bereich liegen.

Voraussetzung für die Nitrifikation ist daher neben ausreichendem Sauerstoffgehalt und höheren Abwassertemperaturen, ein weitgehender Kohlenstoffabbau, also eine ausreichend lange Belüftungszeit mit niedriger Schlammbelastung und ein hohes Schlammalter.

Denitrifikation

Die bei der vorbeschriebenen Nitrifikation entstehenden Nitrate wirken im Gewässer als Düngestoffe und sind daher nach Möglichkeit weitgehend zu verringern. Dies ist nur möglich, wenn die Kohlenstoffverbindungen im Rohabwasser mit nitrathaltigem Abwasser zusammen geführt werden und kein gelöster Sauerstoff vorhanden ist. Die Bakterien holen sich dann den zum Leben notwendigen Sauerstoff vom Nitrat. Dieser Vorgang wird als *Denitrifikation* bezeichnet. Der Stickstoff (N_2) entweicht dann als Gas in die Atmosphäre.

Voraussetzung dafür ist also eine Beckenzone, in die keine Luft (Sauerstoff) eingeblasen und in die auch kein sauerstoffhaltiges Abwasser eingeleitet wird; der gelöste Sauerstoff muss 0 mg/l sein, damit die Bakterien gezwungen werden, den gebundenen Sauerstoff aus dem Nitrat aufzunehmen. Diese Zone wird „anoxische Zone" genannt. Außerdem muss möglichst leicht abbaubares Substrat in dieser Zone vorhanden sein, das den Bakterien zur ausgewogenen Nahrungszusammensetzung dient.

Diese vorbeschriebene verfahrenstechnische Art der Denitrifikation ist auch aus anderen Gründen vorteilhaft: Ein Teil der zur Nitrifikation aufgewendeten Belüftungsenergie kann zurückgewonnen und eine ungewollte Denitrifikation mit Schwimmschlamm auf dem Nachklärbecken vermieden werden. Gleichzeitig verbessern sich die Absetzeigenschaften des Belebtschlammes.

Stickstoffbilanz

Die im Kanalnetz und in der Kläranlage ablaufenden Vorgänge der Stickstoffumsetzung können mengenmäßig erfasst und den einzelnen Verfahrensschritten zugeordnet werden.

Um die Zusammenhänge zu verdeutlichen, wurden die einzelnen Stufen in der Bilanz (Bild 4.5) vereinfacht und mögliche Einflüsse vernachlässigt. Belastungsspitzen aus Rückbelastungen durch Schlammwasser der Schlammbehandlung blieben unberücksichtigt. Verdünnung (Fremdwasser) vermindert die Stickstoffkonzentration.

Die Stickstoffganglinie unterliegt den üblichen Schwankungen der Abwasserinhaltstoffe. Bei kommunalem Abwasser liegt im Rohabwasser die Stickstoffkonzentration TKN = orgN + NH_4-N zwischen 50 und 60 mg/l. Der Anteil an NH_4-N ist dabei höher als der Anteil an orgN. Man rechnet auf den Einwohner bezogen mit täglich 11 g TKN.

Im Zulauf zur Kläranlage

Bei der Annahme eines täglichen Schmutzwasseranfalls von 200 l je Einwohner ergibt sich eine rechnerische Konzentration von 11 000 mg TKN /(E · d) : 200 l/(E · d) = 55 mg/l

Nach der mechanischen Reinigung

Der Prozess der Ammonifikation setzt sich im mechanischen Teil fort, so dass weiter orgN in NH_4-N umgewandelt wird. Der in der Vorklärung abgesetzte Schlamm enthält eine Masse von rund 1 g N/(E · d). Dies entspricht einem Stickstoffgehalt von etwa 5 mg/l, der dadurch aus dem Abwasser entfernt ist. Diese Zahlen gelten nicht für Abwasserteiche; durch Rücklösungen in-

folge der Fäulnisprozesse des Schlammes im 1.Teich liegen hier andere Verhältnisse vor.

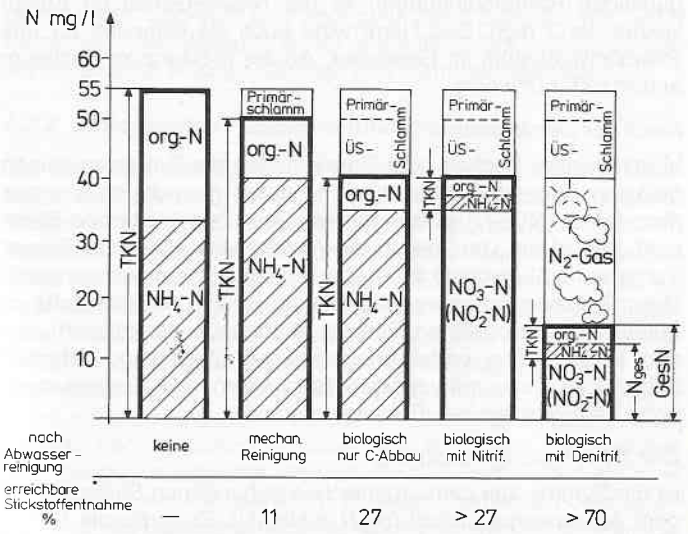


Bild 4.5 : Stickstoffbilanz im Abwasser

Nach der biologischen Reinigung (nur Kohlenstoffabbau)

Jetzt liegt fast der gesamte Stickstoff als NH_4-N vor. In der biologischen Stufe wird organische Substanz in Bakterienmasse eingebaut und als Überschussschlamm entnommen. Für die Bildung dieser Biomasse wird Stickstoff benötigt. Der Stickstoff der dabei entfernt wird, liegt etwa bei 0,05 · BSB_5 = 0,05 · 40 g/(E · d) = 2 g N/E, das entspricht 10 mg/l N im Abwasser.

Nach der Nitrifikation

Im Belebungsbecken wird mit Hilfe von reichlich Sauerstoff NH_4-N über Nitrit (NO_2-N) zu Nitrat (NO_3-N) oxidiert. Auch bei schwachbelasteten Tropfkörpern oder Rotationstauchkörpern erfolgt dies in „ähnlicher" Weise. Diesen Vorgang nennt man

Nitrifikation oder Stickstoffoxidation. Bei ausreichendem Schlammalter bzw. niedriger BSB_5-Schlammbelastung und günstigen Randbedingungen ist der NH_4-N-Gehalt im Ablauf kleiner als 3 mg/l. Das Nitrat wirkt auch als Nährstoff für das Pflanzenwachstum im Gewässer. An der N-Bilanz im Schlamm ändert sich nur wenig.

Nach der Denitrifikation

In anoxischen Becken oder Zonen finden die Bakterien keinen gelösten Sauerstoff mehr; sie sind daher gezwungen, ihn aus dem Nitrat (NO_3-N) aufzunehmen. Der übrig bleibende Stickstoff (N_2) ist ein Gas, der in die Atmosphäre entweicht. Dieser Vorgang heißt Denitrifikation. Zur Einhaltung von wasserrechtlichen Grenzwerten muss mehr als die Hälfte des Stickstoffs im Zulauf zum biologischen Teil der Kläranlage denitrifiziert werden können. Die verfahrenstechnische Umsetzung erfordert neben den dazu notwendigen Bauwerken und Einrichtungen hohe Fachkenntnis des Betriebspersonals.

Der TKN (Kjeldahl-Stickstoff)

ist die Summe aus dem organischen gebundenen Stickstoff und dem Ammoniumstickstoff (orgN + NH_4-N). Er ist für die Ermittlung der Stickstofffracht im Rohabwasser und die Ermittlung des Abbaugrades von Interesse. In der Praxis wird meistens der GesN gemessen. Im Ablauf liegt die Konzentration an orgN so niedrig, dass bei hohem CSB-Abbaugrad die Messung des orgN nicht mehr wichtig ist. Die Werte liegen zwischen 1 bis 2 mg/l.

Der Gesamtstickstoff im Ablauf (N_{ges})

Nach dem Abwasserabgabengesetz (AbwAG) ist beim Einleiten von Abwasser in ein Gewässer für den Stickstoff Abgabe zu zahlen. Der Stickstoff (N_{ges}) ist nach der Abwasserverordnung und dem AbwAG als Summe von NH_4-N, NO_3-N und NO_2-N definiert – also ohne den organischen N. Bei einer wirkungsvollen Stickstoffverminderung ist der N_{ges} kleiner als 12 mg/l im Ablauf der Kläranlage.

Der Gesamtstickstoff im Zulauf (GesN)

Zur Unterscheidung zum N_{ges} wird die Summe aus organisch gebundenen Stickstoff und anorganischem Stickstoff mit GesN bezeichnet. Die Messung ist vor allem im Zulauf wichtig, da hier der organische N (orgN) 20 mg/l und mehr betragen kann.

4.2.3 Biologische Phosphorentnahme

Die Bakterien benötigen zum Aufbau ihrer Zellsubstanz Nährstoffe, dafür wird ein gewisser Anteil der im Abwasser gelösten Phosphor- und Stickstoffverbindungen gebraucht und in die Biomasse eingelagert. Phosphor liegt im Abwasser immer in Form von Verbindungen mit anderen Elementen vor, z. B. mit Sauerstoff als PO_4 (Phosphat). Die Bakterien haben die Eigenschaft, dass sie unter Stressbedingungen wesentlich mehr Phosphor aufnehmen können als normal, nämlich bis zu 5 % der Trockenmasse. Dieser Zustand tritt dann ein, wenn die Bakterien einem ständigen Wechsel von anaeroben (also weder gelöster noch gebundener Sauerstoff enthalten) und aeroben Bedingungen ausgesetzt werden. Dieses Verhalten nutzt man zur biologischen P-Entfernung. In einem Vorbecken oder in einem Teil des Belebungsbeckens werden anaerobe Verhältnisse hergestellt. Im anschließenden belüfteten Teil wird von speziellen Bakterien vermehrt P aufgenommen, im anaeroben Bereich kommt es zu Rücklösungserscheinungen.

Kennzeichnend für eine gute Funktion des Verfahrens ist also eine gegenüber dem Zulauf deutlich höhere Phosphat-Konzentration in den anaeroben Zonen. Im nachgeschalteten aeroben Beckenteil nehmen aber die Bakterien vermehrt Phosphor auf, so dass letztlich die Phosphat-Konzentration im Ablauf niedriger als die im Zulauf ist. Das aus dem Abwasser in den Bakterien eingelagerte Phosphat wird mit dem Überschussschlamm aus dem Kreislauf entnommen. Dabei ist zu erwähnen, dass anaerobe Bedingungen immer von merklicher Geruchsentwicklung begleitet werden.

Die einzelnen Verfahrensabläufe der Phosphorverminderung in einer Kläranlage sind in der Beschreibung zu Bild 4.6 erläutert.

4.3 Chemische Vorgänge

Durch die chemische Abwasserbehandlung sollen vor allem folgende Ziele erreicht werden:

- Neutralisation saurer oder alkalischer Abwässer,
- Überführung gelöster anorg. Stoffe in unlösliche Form, anschließende Abtrennung als Schlamm (Entgiften von Galvanikabwasser oder P-Verminderung),
- Abtrennung kolloidal gelöster Stoffe,
- Verbesserung des Wirkungsgrades von Absetz-, Flotations- und Filteranlagen.

4.3.1 Grundlagen

Neutralisation, Fällung von Metallsalzen und Entgiftung gehören verfahrenstechnisch in den Bereich der Vorbehandlung von Abwasser bestimmter Herkunft. Sie muss am Anfallort des Abwassers durchgeführt werden, damit die anschließende Behandlung zusammen mit kommunalem Abwasser nicht gestört wird. Andererseits sind die Konzentrationen der Schwermetalle im kommunalen Abwasser meist nicht so hoch, dass eine Schädigung der aeroben biologischen Stufe erfolgen würde. Die Metallsalze reichern sich aber im Schlamm an. Dadurch kann nicht nur die landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme in Frage gestellt werden. Stark schwermetallhaltige Schlämme stellen ganz allgemein eine Umweltbelastung dar. Aus diesem Grunde ist die gezielte Vorbehandlung solcher metallsalzhaltiger Abwässer erforderlich.

Neutralisation

Unter *Neutralisation* versteht man die Aufhebung der ätzenden Wirkung von Säuren oder Laugen. Die Grundlage beruht auf der Tatsache, dass sich die Wirkungen von Säuren oder Laugen beim Mischen nicht addieren, sondern aufheben. Hierbei entstehen Salze und Wasser. Da für die biologische Abwasserreinigung der neutrale Bereich mit pH-Werten zwischen 7 und 7,5 besonders günstig ist, müssen Einleitungen von Abwasser

aus Industrie- und Gewerbe mit hohem oder niedrigem pH-Wert neutralisiert werden; dafür werden verschiedene Säuren oder Laugen verwendet.

Fällung

Bei der *Fällung* werden gelöste Abwasserinhaltsstoffe durch chemische Reaktion mit einem Fällungsmittel in ungelöste Formen überführt. Ein Anwendungsgebiet ist die Entfernung von Schwermetallsalzen aus dem Abwasser. Sie kann vielfach gleichzeitig mit der Neutralisation in entsprechenden Vorbehandlungsanlagen der Betriebe durchgeführt werden. Andererseits weisen die unterschiedlichen Metallsalze jeweils einen bestimmten pH-Bereich auf, bei dem die Fällungsreaktion am wirksamsten verläuft. Dieser muss besonders eingestellt werden.

Entgiftung

Entgiftung bedeutet die Zerstörung giftig wirkender Stoffe oder Verbindungen und deren Überführung in eine auf Bakterien nicht giftig wirkende Form. Zu den wichtigsten im Abwasser enthaltenen Giftstoffen gehören

Cyanid (CN^-), Chromat(CrO_4^{--}), Nitrit (NO_2^-) und Sulfid (S^{--}).

Cyanid ist beispielsweise der giftigste Bestandteil anorganisch verschmutzter Abwassers. Die Überführung erfolgt über eine Oxidation mit Natriumhypochlorit (NaOCl) zu Stickstoff und Kohlendioxid.

Flockung

Unter *Flockung* versteht man die Erzeugung von absetzbaren Flocken aus ungelösten, fein verteilten Stoffen. Als Flockungshilfsmittel werden Chemikalien bezeichnet, die im Abwasser selbst Flocken bilden (z. B. Metasllsalze). Da diese oft nur eine geringfügig höhere Dichte als Abwasser haben, ist häufig der Zusatz von Flockungshilfsmitteln (z. B. Polyelektrolyte) erforderlich. Diese ermöglichen die Zusammenlagerung kleiner Flocken zu größeren mit höherer Dichte, die sich dadurch besser absetzen. Die Flockung wird gelegentlich eingesetzt, um die schlech-

ten Absetzeigenschaften von belebten Schlämmen im Nachklärbecken zu verbessern. Flockungshilfsmittel werden aber zur Verbesserung der statischen Eindickung von Schlamm und zu seiner maschinellen Entwässerung benötigt.

4.3.2 Phosphatfällung

Eine besondere Bedeutung bei der Abwasserreinigung hat die Phosphatfällung. Phosphate wirken im Gewässer als Pflanzennährstoffe so dass sie aus dem Abwasser entfernt werden müssen. Früher erfolgte dies allein durch chemische Fällung. Inzwischen ist bekannt, dass Bakterien unter bestimmten Bedingungen (vgl. Abschnitt 4.2.3) vermehrt P aufnehmen können. Daher hat die chemische Fällung mehr eine unterstützende und ergänzende Aufgabe.

Phosphor-Bilanz

Eine Bilanzierung der im Abwasser gelösten Phosphor-Verbindungen ist nur möglich, wenn – ähnlich wie beim Stickstoff – die Messwerte auf P umgerechnet werden. Für die Messung müssen alle P-Verbindungen zu Phosphat aufgeschlossen werden. Man erhält dann den Gesamtphosphor = P_{ges}.

Die in der Kläranlage in den einzelnen Verfahrensstufen ablaufende P-Verminderung ist in Bild 4.6 dargestellt. Bei der Bilanz sind zusätzliche Rückbelastungen aus dem Schlammwasser bei der Schlammbehandlung oder der maschinellen Schlammentwässerung nicht berücksichtigt. Dies trifft ebenso auf das Problem der Rücklösung von Phosphor zu, wenn Überschussschlamm anaerob wird. Diese Fälle würden die Einfachheit der Darstellung erschweren.

Im kommunalen Abwasser kommt das Phosphat zum überwiegenden Teil aus Wasch- und Reinigungsmitteln sowie menschlichen Ausscheidungen. Die Phosphorkonzentrationen im Zulauf der Kläranlage sind in den letzten Jahren stetig zurückgegangen; sie liegen bei kommunalen Abwässern zwischen 8,0 bis 12,5 mg/l. Man rechnet auf den Einwohner bezogen mit täglich 1,8 g P_{ges}.

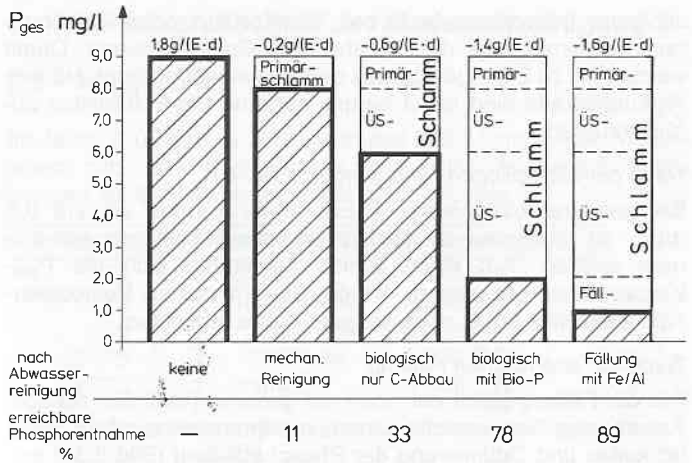


Bild 4.6: Phosphorbilanz im Abwasser

Im Zulauf zur Kläranlage

Bei der Annahme eines täglichen Schmutzwasseranfalls von 200 l ergibt sich eine rechnerische Konzentration von

1 800 mg P/(E · d) : 200 l/(E · d) = 9,0 mg/l

In der Praxis liegen die Konzentrationen oft niedriger. Dies ist meist durch einen hohen Fremdwasserzufluss oder einen großen Anteil an gewerblichem Abwasser begründet. Unterschiedliche Fließzeiten im Kanalnetz führen zu keiner Veränderung der P-Konzentration.

Nach der mechanischen Reinigung

Bei einer vermehrten Rechengutentnahme (z. B. Siebrechen) wird deutlich mehr Phosphor entfernt, aber mit der Rechengutwäsche wird er dem Abwasser wieder zugeführt.

Nach der biologischen Reinigung (nur C-Abbau)

Bei der biologischen Reinigung im Belebungsbecken werden etwa 0,4 g/(E · d) Phosphor durch Bakterien im Überschuss-

schlamm gebunden. Auch bei Tropfkörpern oder Rotationstauchkörpern erfolgt dies in ähnlicher Größenordnung. Damit werden bis zu 2,0 mg/l P_{ges} aus dem Abwasser entfernt. Höhere Wirkungsgrade sind meist bereits auf eine Bio-P Reaktion zurückzuführen.

Nach der biologischen Reinigung (mit Bio-P)

Bei gezielter biologischer P-Entnahme können weitere 0,8 g/(E · d) an Phosphor mit dem Überschussschlamm entnommen werden. Auf diese Weise vermindert sich die P_{ges}-Konzentration um weitere 4 mg/l. Bei optimierten Betriebsverhältnissen sind sogar noch bessere Werte erreichbar.

Nach der chemischen Fällung

Für die Fällung bleibt nur noch ein geringer Rest. Bei richtiger Anwendung der verschiedenen verfahrenstechnischen Möglichkeiten und Optimierung der Phosphatfällung (Bild 5.36) und der unterschiedlichen Fällmittel sind Ablaufwerte erreichbar, die sicher unter P_{ges} = 1,0 mg/l liegen. Mit Flockungsfiltration sind sogar Werte unter 0,3 mg/l zu erreichen.

Der Gesamtphosphor im Ablauf

Bei kommunalem Abwasser ist gemäß der AbwV in der Größenklasse ab 10 001 EW im Ablauf ein P_{ges} von 2 mg/l einzuhalten; größer als 100 000 EW liegt dieser Wert bei 1 mg/l.

Verfahrenstechnik

Die verschiedenen verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Phosphatfällung sind in Kapitel 5.10 erläutert. Dabei müssen die von der Dosieranlage zugegebenen Fällmittel intensiv mit dem Abwasser vermischt werden, gleichgültig, an welcher Stelle die Zugabe erfolgt. Allgemein kann man davon ausgehen, dass bei allen chemischen Fällungsverfahren die Schlammengen bis zu 20 % zunehmen.

5. Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung

5.1 Allgemeines

Im Jahre 2008 gab es in Deutschland 9 262 kommunale Kläranlagen; dabei sind Kleinkläranlagen mit einer Ausbaugröße von weniger als 50 Einwohnern nicht berücksichtigt.

Anzahl	Ausbaugröße der Kläranlagen
239	größer 100 000 EW
1 873	10 001 bis 100 000 EW
935	5 001 bis 10 000 EW
2 515	1 000 bis 5 000 EW
3 773	kleiner 1 000 EW

Bild 5.1: Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Deutschland

Die Abwasseranlage ist oft die teuerste Einrichtung die eine Gemeinde oder Stadt betreiben muss. Dazu einige Zahlen zu Bau und Betrieb von Kläranlagen:

Ausbaugröße EW	Baukosten €/EW	Baukosten Mio. €
100 000	325 - 500	32 - 50
10 000	350 - 600	3 - 6
1 000	500 - 1 000	0,5 - 1

Bild 5.2: Richtwerte für Baukosten von Kläranlagen

Ausbaugröße EW	Jahreskosten €/EW · a	Gesamtkosten €/m³
100 000	15 - 35	0,40 - 0,80
10 000	30 - 45	0,50 - 1,00
1 000	50 - 100	1,00 - 2,00

Bild 5.3: Jahreskosten bei der Abwasserreinigung

Bezogen auf die Ausbaugröße einer Kläranlage sind kleinere Anlagen teurer als große. Dazu kommen noch Bau- und Betriebskosten für das Kanalnetz und die dazugehörigen Bauwerke, wie Regenbecken oder Pumpwerke, die zwischen 30 bis 40 €/(E · a) liegen. Kostenechte Abwassergebühren liegen deshalb meistens bei 1,50 bis 4,00 €/m^3.

Wichtig bei der Entscheidung die wirtschaftlichste Lösung zu finden und die zweckmäßigste Kläranlage zu planen, ist die Abwasserzusammensetzung. Auch die örtlichen Gegebenheiten, wie Hochwasserschutz, Gewässerverhältnisse, Landschaftsschutz, Baugrundverhältnisse, Grundstücksgröße, Nähe zur Bebauung, sind von entscheidender Bedeutung. Dies zeigt, wie differenziert diese Vorgaben für die Planung einer Abwasseranlage sind. Die logische Folge ist, dass es verschiedene Reinigungsverfahren mit unterschiedlichen Eigenschaften gibt. Als wesentliche Systeme sind hier zu nennen:

- Abwasserteiche
- Belüftete Teichanlagen
- Pflanzenkläranlagen
- Tropfkörper
- Rotationstauchkörper
- Belebungsverfahren.

Auch für die technische Umsetzung der mechanischen (physikalischen), biologischen und chemischen Vorgänge gibt es häufig mehrere Möglichkeiten, die jeweils bestimmte Vor- und Nachteile haben. Auch müssen die maschinentechnischen Einrichtungen und Bauwerke aufeinander abgestimmt sein, letztlich mit dem Ziel, wirtschaftliche und betriebssichere Einrichtungen für die Abwasserbehandlung zu schaffen.

Beschreibung der einzelnen Reinigungsschritte

Das Abwasser fließt in einer Kläranlage durch mehrere Verfahrensbereiche (Bild 5.4). Der mechanische Teil umfasst Rechen, Sandfang mit Schwimmstoffsammlung sowie Vorklärbecken. Bei kleinen Kläranlagen wird bei Anwendung des Belebungsverfahrens häufig auf die Vorklärung verzichtet.

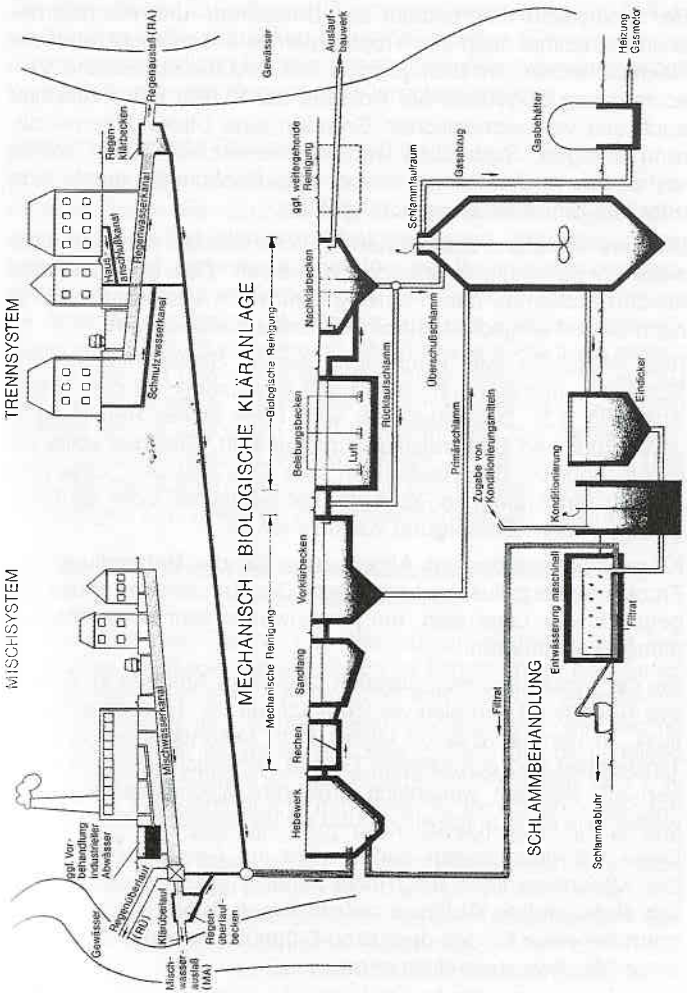


Bild 5.4: Verfahrensfließbild einer Kläranlage

Der biologische Teil besteht aus Belebungs- und Nachklärbecken manchmal auch aus Tropfkörper/Rotationstauchkörper mit Nachklärbecken. Im biologischen Teil wird die organische Verschmutzung abgebaut, bei Anlagen ab 10 000 EW muss hier auch aus wasserrechtlichen Gründen eine Stickstoffverminderung erfolgen. Schließlich wird im chemischen Teil – soweit vorhanden – die Verminderung des Phosphors, durch Vor- oder/und Simultanfällung durchgeführt.

Die dem Abwasser entnommenen Stoffe müssen teilweise einer weiteren Behandlung unterzogen werden. Das gilt besonders für den Schlamm, der in einer gesonderten Verfahrensstufe je nach Bedarf eingedickt, stabilisiert und entwässert wird.

Alle Reststoffe wie Rechengut, Sand, Schwimmstoffe und Schlamm, müssen umweltverträglich entsorgt werden (siehe Abschnitt 6.3). Das Abwasser wird nach seiner Reinigung in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt. Gleiches sollte die Richtschnur bei den Reststoffen sein. Das bedeutet, dass jede Art der Verwertung, sei es in der Landwirtschaft oder als Energieträger, einer Entsorgung vorzuziehen ist.

Kläranlagen werden im Allgemeinen für die Behandlung des Trockenwetterzuflusses bemessen. Die Kanalisation muss dagegen in der Lage sein, bei Regenwetter sehr hohe Wassermengen abzuführen.

Bei der Mischwasserkanalisation sind diese Abflüsse zu Beginn des Regens oft genauso verschmutzt wie der Trockenwetterabfluss. In der Kanalisation lagern sich, besonders bei längerer Trockenheit und schwachem Gefälle, erhebliche Schmutzmengen ab. Bei den wesentlich größeren Mischwasserabflüssen werden sie dann aufgewirbelt und weiter transportiert.

Diese Schmutzmengen dürfen nicht ins Gewässer gelangen. Die Kläranlage kann aber nicht beliebig groß gebaut werden, um diese großen Abflüsse aufzunehmen. Kläranlagen werden normalerweise für den doppelten Schmutzwasseranfall, also für einen Mischwasserzufluss bemessen:

$$Q_M = 2\,Q_T = 2 \cdot Q_S + Q_F$$

Die über diesen Zulauf zur Kläranlage hinausgehenden Zuflüsse müssen in Regenbecken behandelt werden. Der abgesetzte Schlamm und das im Becken gesammelte Mischwasser werden nach Abklingen des Regens zur Kläranlage geleitet.

Bauwerksarten und Reinigungsverfahren

In den folgenden Unterkapiteln werden die Bauwerk und die unterschiedlichen Reinigungsverfahren beschrieben. Dabei wird auch auf den Betriebsaufwand eingegangen. Nachdem dieser von der Erfahrung und Fachkenntnis des Betriebspersonals abhängig ist, wurde von Vorgaben für den Zeitaufwand für einzelne Arbeiten abgesehen. Maßgebend ist die Festlegung in der Dienst- und Betriebsanweisung, die für jede Kläranlage eigens aufzustellen ist und die in der Kläranlage aufliegen muss. Sie wird normalerweise durch das planende Ingenieurbüro oder Bauamt erstellt und durch den Dienstherrn für das Betriebspersonal vorgeschrieben (DWA-Regelwerk A 199, die DWA Themen "Muster-Betriebsanweisung für das Personal von kleinen Kläranlagen") [1] sowie die Betriebssicherheitsverordnung.

Das Klärwärter-Taschenbuch ersetzt keinesfalls eine Betriebsanweisung!

Häufig ist in den Dienst- und Betriebsanweisungen vom Betriebsleiter die Rede; diese Person ist schriftlich zu definieren. Bei kleinen und mittleren Anlagen ist darunter für Verwaltungsangelegenheiten der Bürgermeister zu verstehen. Für technische Belange ist es meist so, dass gerade bei den kleinen Kläranlagen der Klärwärter sein eigener Betriebsleiter sein soll, wenn nicht ein Stadtbauamt mit einem fachkundigen Ingenieur da ist. Wenn der Klärwärter als „Betriebsleiter" technischen Rat benötigt, z. B. bei besonderen Vorkommnissen, wendet er sich zweckmäßig – entsprechend der Dienstanweisung oder dem Dienstweg – an das Ingenieurbüro, das die Anlage geplant hat. Auch die zuständige technische Fachbehörde steht zur Verfügung. In den DWA Kanal- und Kläranlagen-Nachbarschaften kann auch der Obmann oder der Lehrer helfen. Diese Anschrif-

ten und Rufnummern sind deshalb in der Betriebsanweisung oder im Betriebstagebuch einzutragen.

Wenn von Nachsehen oder Überprüfen (Inspektion) gesprochen wird, sind darunter im Bedarfsfall auch Reinigung, Räumung oder kleine Reparaturen zu verstehen.

Bei einigen Bauwerken werden Anregungen für die planerische Gestaltung von Einzelheiten gegeben, um Betrieb und Wartung zu erleichtern und zu vereinfachen.

5.2 Mischwasserentlastung

Um die Kläranlage bei stärkeren Regenfällen hydraulisch nicht zu überlasten und dem Gewässer die abgeschwemmten Schmutzstoffe aus der Kanalisation fernzuhalten, müssen Regenbecken vorgeschaltet werden. Näheres dazu wird im Abschnitt 3 Abwasserableitung – Sonderbauwerke erläutert.

5.3 Rechen, Siebe

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Rechen und Siebe sollen vor allem Textilien, Haare, Wattestäbchen, Zigarettenkippen, Slipeinlagen, Büchsen, größere Steine, in nachfolgenden Teilen der Kläranlage (Rohrleitungen, Pumpen, Räumvorrichtungen, Faulraum) keine Betriebsstörungen verursachen. Je nach Abstand der Rechenstäbe werden sie als Fein- oder Grobrechen bezeichnet, mit Spaltweiten kleiner 10 mm als Feinstrechen. Bei Sieben ist dafür die Lochgröße maßgebend. Manchmal ist ein Schutzrechen vorgeschaltet. Je geringer die Stababstände sind, umso mehr Rechengut wird aus dem Abwasser entfernt.

Eine Verminderung des Stababstandes auf die Hälfte bringt oft ein Vielfaches an Rechengut (Achtung bei Umbaumaßnahmen: die Fließgeschwindigkeit vor dem Rechen wird dadurch stark verringert und kann zu vermehrten Ablagerungen von Sand führen). Die nachfolgenden Einrichtungen der Kläranlage werden

weniger mit diesen Stoffen belastet. Der Schlamm wird homogener und enthält kaum noch Fremdstoffe (Wattestäbchen, Kunststoffabfälle).

Die anfallende Menge des Rechenguts hängt auch von den Tageszeiten und vom Wetter ab (Starkregen bringen zusätzlich Rechengut). Die durchschnittliche Menge liegt bei etwa 5 bis 25 l/(E · a), nach dem Gewicht etwa 4 bis 20 kg/(E · a), d. h. je 1 000 Einwohner 5 bis 25 m^3 jährlich.

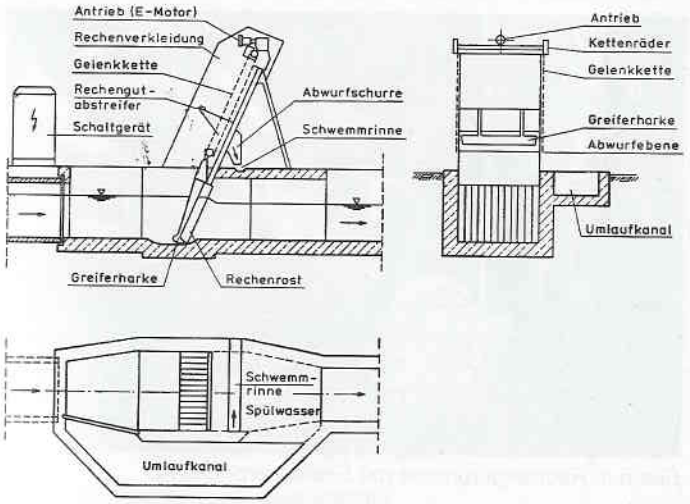


Bild 5.5: Harkenrechen mit Kettenantrieb

Bei einstraßigen Rechen sollte ein Notumlauf mit Grobrechen vorhanden sein. Rechen sind außerordentlich überwachungsbedürftig. Rechen mit Handräumung oder ohne automatische Steuerung entsprechen nicht den heutigen Anforderungen.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Auch kleine Anlagen sind mit automatischen Rechen auszustatten und, um Störungen im Winter zu vermeiden, zu überbauen; Heizung und Platz für Container vorsehen, die Abluftbehandlung ist hier besonders wirkungsvoll.
- Eine automatische Austragsvorrichtung mit Rechengutpresse und Absackeinrichtung für das Rechengut vorsehen, dessen Abwurf hoch genug für die ortsüblichen Container ist (Bild 5.6). Wöchentliche Leerung ist notwendig.



Bild 5.6: Rechengutpresse mit Endlosverpackung

- Auf- und Abfahrten für den Rechengutcontainer ohne Schwelle und waagrecht anlegen. Boden säurefest machen.
- Im Container – ggf. wenn keine Presse vorhanden ist – Löcher zur Entwässerung des Rechengutes vorsehen.
- Nur robuste, korrosionsbeständige Rechenkonstruktionen halten dem Dauerbetrieb stand (Edelstahlausführung).
- Notumlaufgerinne bei einstraßigen Rechen so hoch anordnen, dass es wirklich nur in Notfällen durchflossen wird. Der Querschnitt muss den maximalen Zufluss fassen können.

Rechenanlagen

Der in dem verbreiterten Gerinne unmittelbar vor dem Rechen häufig abgelagerte Sand ist zu entfernen. Der Notumlaufrechen ist sauber zu halten. Im Übrigen muss auch das ganze Rechenbauwerk von Schmutzrändern und Ablagerungen am besten durch tägliches Abspritzen freigehalten werden. Wenn Rechengut schon angefasst werden muss, sind Gummihandschuhe zu benutzen (siehe Abschnitt 10.3 Arbeitshygiene).

Maschinell geräumte Rechen sind Trommel-, Radial-, Greifer-, Filterstufen- und Wanderrostrechen. Teilweise werden die Begriffe Mitstromrechen und Gegenstromrechen verwendet. Beim Gegenstromrechen greift die räumende Rechenharke gegen den Wasserstrom durch die Rechenharke, beim Mitstromrechen mit dem Strom.

Die maschinelle Räumvorrichtung ist wenigstens ein- bis zweimal täglich zu überprüfen. Die allgemeinen Hinweise zu maschinellen Vorrichtungen und die besonderen Betriebsanleitungen der Herstellerfirma sind zu befolgen: Ölwechsel, Abschmieren, Nachstellen usw.

Die Steuerungsanlage der Ein- und Ausschalt-Automatik ist täglich nachzusehen, wasserspiegelabhängige Einrichtungen sind wöchentlich zu säubern. Bei der Steuerung mittels Lufteinperlverfahren sind die Austrittsöffnungen täglich zu säubern.

In strengen Wintern kann auch in Gebäuden Vereisungsgefahr bestehen; Heizstrahler sind hier notwendig.

Filterstufenrechen und Siebanlagen

In den letzten Jahren werden verstärkt Filterstufenrechen und Siebanlagen eingesetzt, da hiermit mehr Faserstoffe entnommen werden können, die Betriebsstörungen verursachen; Siebe haben sich im Betrieb nicht besonders bewährt. Bei starkem Fettanteil im Abwasser (Metzgereien, Gasthöfe) verkleben die Siebe leicht. Für die Reinigung empfiehlt sich ein fest eingebautes Heißwasser-Hochdruckstrahlgerät. Siebanlagen können die Vorklärung nicht ersetzen.

Stufen- und Filterstufenrechen mit einem Stababstand von 6 bis 8 mm, oder einer Lochweite von 6 mm werden vermehrt eingebaut. Der Vorteil hierbei ist, dass das im Abwasser mitgeführte Papier wie ein Filterpapier wirkt und somit auch viele Faserstoffe und Haare aus dem Abwasser entfernt werden können, wenn die Abreinigung durch Bürsten und Hochdruckwasser vorgenommen wird.

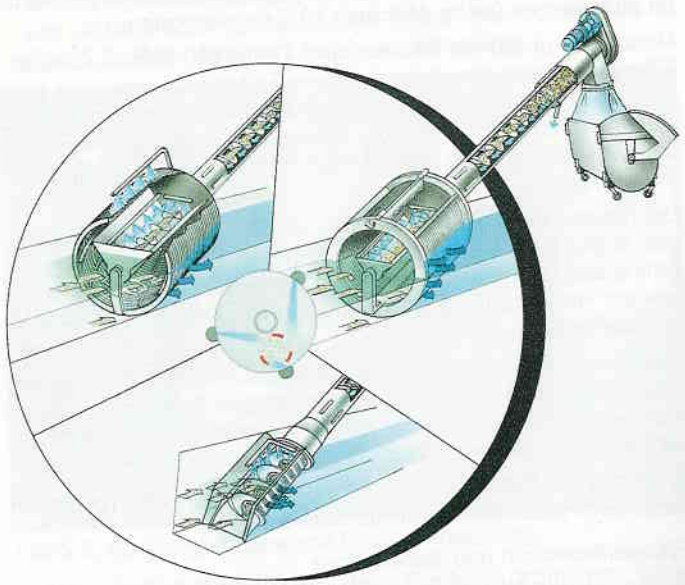


Bild 5.7: Rechen mit Wäsche und Presse (Fa. Huber)

Rechengut-, Siebgutpressen

Die gute Wirkung der neuen Rechen führt zu einem höheren Rechengutanfall mit einem hohen Anteil an fäkalen Stoffen. Deshalb werden Rechengutwäscher (Bild 5.7) vor dem Pressvorgang eingesetzt, die einen Großteil der fäkalen Substanzen wieder auswaschen. Auf diese Weise kann der Fäkalanteil im

Rechengut deutlich vermindert werden. Das gewaschene Rechengut lässt sich besser entwässern und ist nicht so geruchsintensiv; die ausgewaschenen Stoffe werden wieder dem Abwasser zugeführt als leicht abbaubarer Kohlenstoff.

Entsorgung des Rechengutes

Rechengut hat eine starke Anziehungskraft für Ratten, Krähen und Möwen. Es ist äußerst lästig und unhygienisch, wenn sie die Stoffe auf dem Gelände umherstreuen. Um dies zu verhindern, aber auch um Fliegenplage, Geruchsbelästigung und den hässlichen Anblick zu vermeiden, ist das Rechengut in mit Deckel verschlossenen Tonnen oder Containern zu sammeln, bis es zur Verwertung abgefahren wird. Bei kleineren Anlagen empfiehlt sich die Verwendung von biologisch abbaubaren und geruchsdichten Endlosschläuchen (Bild 5.8).



Bild 5.8: Absackeinrichtung für das Rechengut

Gemäß der TA Siedlungsabfall darf der organische TR-Anteil von Stoffen, die deponiert werden sollen, 5 % nicht überschreiten (siehe auch Abschnitt 6.3 Reststoffe aus der Kläranlage); Rechengut kann nie so behandelt werden, dass es deponiert werden darf. In großen Anlagen sind zum Transport von Rechengut manchmal Förderbänder oder -schnecken eingesetzt.

5.4 Sandfang

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Der besonders beim Mischverfahren im Abwasser vorhandene Sand (Streusand bei der Schneeschmelze) muss im Sandfang zurückgehalten werden. Er verursacht in den Schlammpumpen einen starken Verschleiß und führt im Faulraum leicht zu Verhärtungen (Zusammenbacken) des Schlammes.

Beim unbelüfteten Langsandfang wird durch eine Querschnittvergrößerung des Gerinnes die Fließgeschwindigkeit so verlangsamt, dass die gegenüber dem Wasser schwereren Sandkörner nicht mehr weitertransportiert werden und auf den Boden sinken. Da der Wasserzufluss schwankt, ist die Fließgeschwindigkeit meistens nicht immer gleich groß. Deshalb setzen sich bei geringem Zufluss auch andere Stoffe, wie Fäkalien, ab.

Unbelüftete Sandfänge sind sehr wartungsintensiv und entsprechen nicht mehr der heutigen Technik.

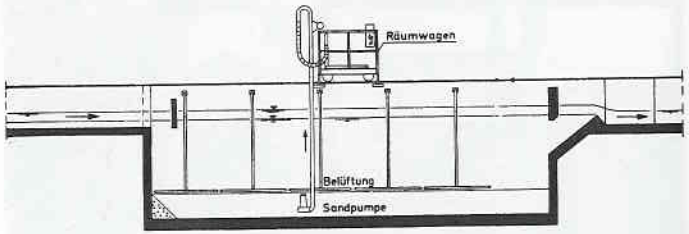


Bild 5.9: Belüfteter Langsandfang

Ein belüfteter Sandfang besteht aus einem langen Rechteckbecken mit meist rechteckigem Querschnitt, einer Sandablagerungsrinne an der Sohle und einer Belüftungseinrichtung, die den durchfließenden Abwasserstrom in eine spiralförmige Bewegung versetzt. Die Sandräumung verläuft maschinell mittels Räumschild und Druckluftheber oder speziellen Sandpumpen (Bild 5.9). Ein solcher Sandfang ist eine Konstruktion, bei der unabhängig vom Durchfluss, nahezu mit gleichem Wirkungsgrad der Sand ausgeschieden wird. Die Bemessung wird für den maximalen Zulauf mit 20 Minuten Aufenthaltszeit durchgeführt. Die Sand-Schlammtrennung erfolgt durch Umwälzströmung und den Dichteunterschied mit Hilfe des Lufteintrages an einer Beckenlängsseite.



Bild 5.10: Belüfteter Sandfang mit Schwimmstoffkammer

Beim belüfteten Sandfang ist die Vorbelüftung des Abwassers eine manchmal erwünschte Begleiterscheinung (Bild 5.10). Als zusätzliche Funktion ist eine Schwimmstoffabscheidung in seitlich angehängten Längsbecken, vom turbulent durchströmten Sandfangbecken durch Tauchwand und Beruhigungseinrichtungen getrennt, möglich.

Bei mehrstraßiger Anordnung von Sandfängen erfolgt ggf. die Zu- bzw. Abschaltung zusätzlicher Einheiten automatisch durch Schiebersteilung oder über ein einstellbares Überfallwehr. Manchmal ist auch eine automatische Aufteilung des Abwassers in Abhängigkeit vom Durchfluss sinnvoll.

Die Steuerung der maschinellen Sandräumung erfolgt über Zeitschaltung oder durchflussabhängig automatisch; wichtig ist immer die rechtzeitige Sandentfernung, damit der Sandfang stets seine Funktion optimal erfüllen kann. Der entnommene Sand kann dann gewaschen werden zur Verminderung des organischen Anteils oder nur klassiert. Gewaschener Sand kann beim Rohrleitungsbau zum Einsanden verwendet werden. Sand aus dem Sandfang ist, auch wenn er gewaschen wird, fast immer schwarz. Diese Färbung wird durch die im Abwasser vorhandene Verbindung von Eiweiß verursacht. Der durchschnittliche Sandanfall beträgt je nach Bebauung und Straßenoberfläche 2 bis 20 l/(E · a).

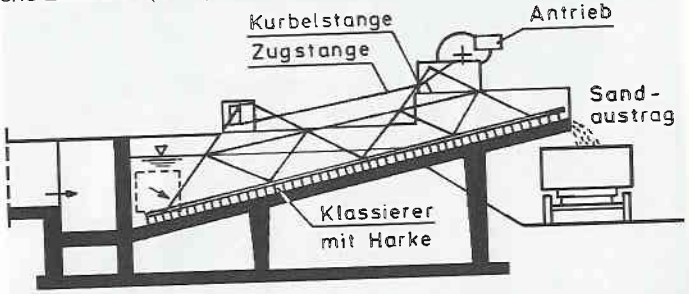


Bild 5.11: Sandklassierer

Gelegentlich ist die Wirksamkeit eines Sandfanges durch einen Aufschlämmversuch mit dem Vorklärbeckenschlamm zu kontrollieren. Dabei kann festgestellt werden, wie groß der Sandteil ist, der durch den Sandfang nicht zurückgehalten wurde. Das Aufschlämmen kann so vorgenommen werden:

Ein 1-l-Standzylinder wird bis zum 500-ml-Strich mit Schlamm aus der Trichterspitze der Vorklärung gefüllt (dabei ist die Probeentnahme ziemlich zu Beginn des Schlammablassens vorzunehmen). Der Standzylinder wird dann mit Leitungswasser bis zum 1 000-ml-Strich vollgefüllt, mit der Hand abgedeckt (Handschuhe!) und kräftig geschüttelt. Nach kurzer Standzeit wird der Überstand wieder bis zum 500-ml-Strich abgegossen (dekantiert). Dann wieder aufgefüllt wie vorher usw. Nach 3- bis 5maligem Dekantieren ist ein Sandgehalt recht gut zu erkennen. Jetzt die Menge bestimmen und die Korngröße des Sandes prüfen.

Wenn deutlich Sand im Bodensatz zu finden ist, sollte eine Kontrolle der Funktion des Sandfangs erfolgen, da er seine Aufgabe nicht mehr richtig erfüllt.

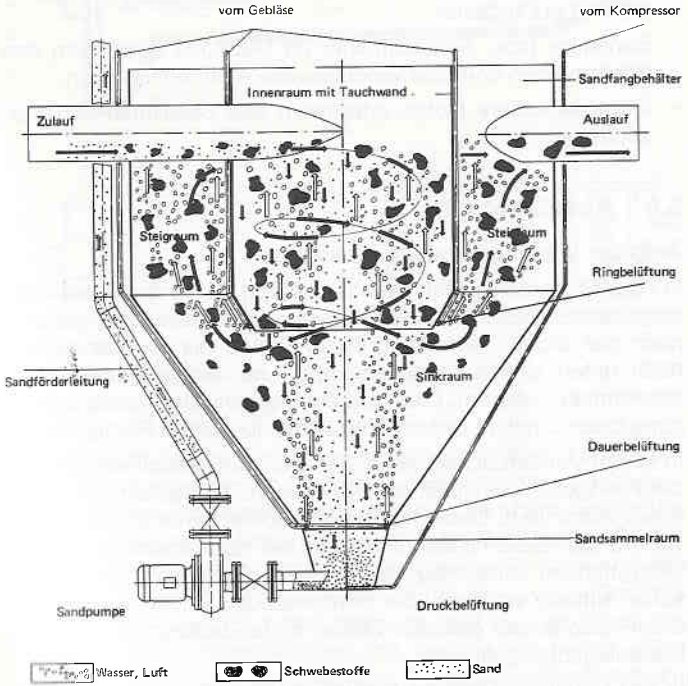


Bild 5.12: Querschnitt eines Rundsandfanges

Im *Rundsandfang* sammelt sich der Sand durch die Rundströmung im Trichter und wird entnommen. Um den Schlammanteil gering zu halten, wird vor dem Räumen mit Druckluft bei geschlossenem Entnahmeschieber der Sand gespült. Eine Dauerbelüftung hält die Schlammstoffe leichter in Schwebe.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Belüftete Sandfänge sind auch bei kleinen Anlagen notwendig mit Schwimmstoffentnahme und automatischem Sandaustrag in Container.
- Sandsilos bzw. Sandcontainer im Gebäude erleichtern den Winterbetrieb und eine wirkungsvolle Abluftbehandlung.
- Gut ausbaubare Rohre erleichtern das Beseitigen von Verzopfungen.

5.5 Absetzbecken

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

In Absetzbecken werden die absetzbaren Stoffe des Abwassers abgetrennt. Dabei wird das Gesetz der Schwerkraft genutzt, nach der Stoffe, die eine größere Dichte als Wasser haben, nach unten sinken (sedimentieren) und leichtere nach oben schwimmen (flotieren). Dies wird als mechanische Abwasserreinigung bezeichnet im Unterschied zur biologischen Reinigung.

In einem Vorklärbecken mit ca. 0,5 Stunden Aufenthaltszeit wird die Fließgeschwindigkeit des Abwassers im Becken auf einige mm/s vermindert. Dabei können die absetzbaren Stoffe, die etwa 1/3 der Gesamtverschmutzung bei Hausabwasser ausmachen, nahezu vollständig als Schlamm (Sediment) zur Beckensohle sinken, während die restlichen 2/3, nicht absetzbaren Schwebstoffe und gelösten Stoffe, in den biologisch wirkenden Kläranlagenteil gelangen.

In der Vorklärung treiben Schwimmstoffe (Fett, Öl) nach oben und werden durch eine Tauchwand vom Ablauf zurückgehalten. Manchmal, wenn Reste des Bodenschlamms zu lange im Becken verbleiben, steigen auch Schlammfladen durch anhaftendes Faulgas als Schwimmschlamm auf. Das ist immer ein Zeichen, dass etwas nicht in Ordnung ist, z. B. Schaberleiste am Räumschild beschädigt oder Räumungshäufigkeit zu gering.

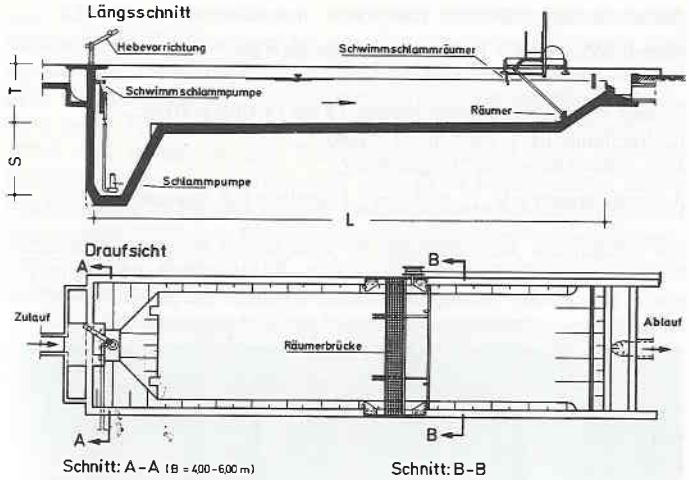


Bild 5.13: Vorklärbecken

Bei Nachklärbecken von Belebungsanlagen mit Oxidation der Stickstoffverbindungen und langen Aufenthaltszeiten des belebten Schlammes im Nachklärbecken zeigt sich öfters, besonders bei unterbelasteten Anlagen, eine deutliche Schwimmschlammbildung (nicht mit Blähschlamm verwechseln). Sie kann dadurch entstehen, dass im Bodenschlamm durch eine „wilde Denitrifikation" gasförmiger Stickstoff frei wird (nicht verwechseln mit Faulgas), der Schlammteilchen mit nach oben nimmt. Eine Tauchwand und eine wirkungsvolle Schwimmschlammentnahme ist deshalb auch in der Nachklärung notwendig.

Die theoretische Aufenthaltszeit im Absetzbecken lässt sich durch folgende Rechnung bestimmen: Der Nutzraum des Beckens (in m^3) wird durch den Abwasserzufluss (in m^3/h) geteilt.

Beispiel:
Mittlere Wassertiefe des Rechteckbeckens (ohne Trichter)
vorne 2,0 m, hinten 1,8 m, im Mittel hm = 1,9 m.
Breite des Beckens b = 4 m, Länge des Beckens l = 15 m.

Wasserfläche A = Breite · Länge = b · l = 4 m · 15 m = 60 m^2,

Beckenvolumen V = Tiefe · Wasserfläche = hm · A =
1,9 m · 60 m^2 = ~ 114 m^3,

Zufluss in der Mittagsspitze (gegen 13 bis 14 Uhr) = 40 l/s;
(Umrechnung l/s · 3,6 = m^3/h) also
40 · 3,6 = 144 m^3/h = Q (Quantum),

Aufenthaltszeit t = V : Q = 114 m^3 : 144m^3/h = 0,8 Stunden (48 min).

Die tatsächliche Aufenthaltszeit ist stets kleiner als die rechnerische. Viele Einflüsse können das bewirken, z. B. schwach durchströmte Zonen in den Ecken, verstopfte Einläufe, ungleichmäßiger Abfluss an der Ablaufkante, Temperaturschichtung durch Dichteströmungen.

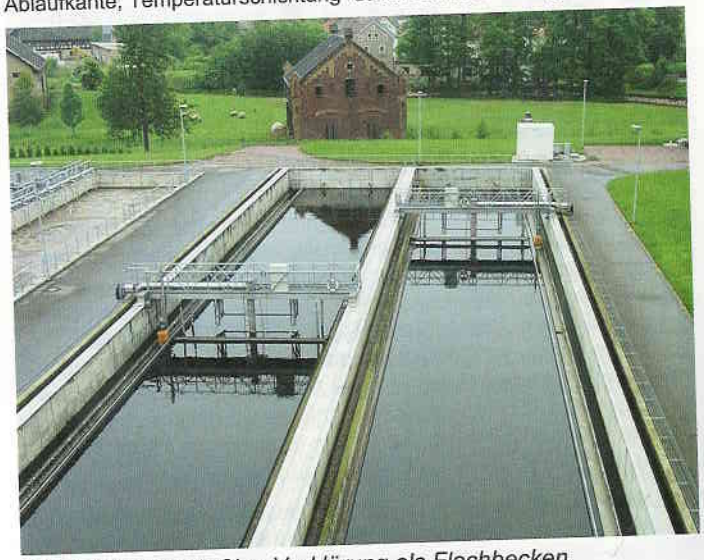


Bild 5.14: Zweistraßige Vorklärung als Flachbecken

Die Beckenformen unterscheiden sich nach der Strömungsbewegung des Wassers:

Rechteckige Flachbecken (Bild 5.14) werden nahezu horizontal

vom Abwasser durchflossen, runde von der Mitte aus zum Außenrand; bei Trichterbecken (vertikal durchflossen) steigt das Wasser von unten nach oben. Bei Nachklärbecken zeigt sich oft eine deutlich sichtbare Schlammgrenze (Flockenfilter). Während beim Trichterbecken der Schlamm durch das eigene Gewicht von selbst in die Trichterspitze absinkt und an den Schrägwänden abrutschen soll, wird er in Flachbecken durch Räumschilde in Sammeltrichter (auch Schlammtasche genannt) geschoben. Während Rundräumer kontinuierlich betrieben werden müssen Längsräumer, angehoben, immer wieder ans andere Ende zurückfahren (Bild 5.15).



Bild 5.15: Räumschild angehoben auf dem Rückweg

Bei rechteckigen Vorklärbecken reicht es, den Räumer mehrmals täglich einzuschalten; bei rechteckigen Nachklärbecken von Belebungsanlagen muss der Räumer kontinuierlich betrieben werden. Für Schwimmstoffe sind eigene Räumschilde an der Räumerbrücke in Wasserspiegelhöhe angebracht. In Längsbecken werden auch Band- oder Saugräumer eingesetzt (Bild 5.16).

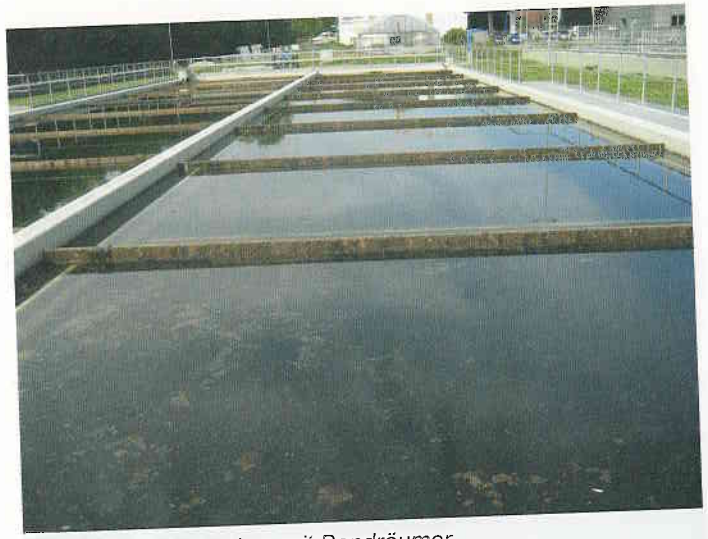


Bild 5.16: Längsbecken mit Bandräumer

Der sich im Schlammtrichter ansammelnde Primärschlamm dickt dort etwas ein und muss mind. täglich abgelassen und zum Faulraum gefördert werden. Ggf. vorhandene Schlammschächte sind nach dem Ablassen auszuspritzen. Wenn der Rohschlamm ans Freie kommt, riecht er sehr unangenehm. Deshalb das Ablassen und Schachtreinigen möglichst zügig vornehmen. Durch eine Brauch- oder Betriebswasserleitung mit sehr kleinen Löchern, etwa 1 m über dem höchsten Schlammspiegel rundumgeführt, kann man die Schlammschachtreinigung vereinfachen; durch den entstehenden Wasserschleier werden Geruchsbelästigungen wirkungsvoll gemindert.

Eine eigene Bauform von Absetzbecken stellt das Emscherbecken dar, bei dem der Schlamm von selbst in den im gleichen Bauwerk darunter liegenden Faulraum rutscht. Einzelheiten siehe unter Abschnitt „Emscherbecken". Für den Absetzraum des Emscherbeckens gelten die folgenden Hinweise, mit Ausnahme des Schlammablassens, sinngemäß.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- In Schlammschächten sind leicht ablesbare Markierungen anzubringen, um den Schlammanfall messen zu können.
- In Schlammpumpensümpfen die Schrägfläche am Ansaugstutzen möglichst steil bauen und die Saugleitung kurz.
- Schächte mit Schutzgeländer werden leichter sauber gehalten als solche mit Gitterrostabdeckung; Betriebswasseranschluss mit mindestens 6 bar ist notwendig.
- Für Zahnschwellen, Rinnen und Tauchwände abwasserbeständiges Material verwenden (Edelstahl, kein Aluminium).
- In Absetzbecken immer Schwimmschlammentnahme vorsehen.
- Schwimmschlammrinnen mit starkem Gefälle ausführen. Am Hochpunkt ist ein Betriebswasseranschluss und am Tiefpunkt ein Schnellschlussschieber zweckmäßig.
- Vorklärbecken vor einer Belebungsanlage sollen eine Umgehungsleitung haben, außer es sind mehrstraßige Vorklärbecken vorhanden.
- Längsräumer müssen so verfahren werden können, dass Wartung und Reparaturen über festem Boden möglich sind.
- Räumer mit Verschiebebühnen sind oft störanfällig.
- Räumerendschalter mit zuschaltbaren Heizungen ausrüsten.
- Räumerlaufflächen sind ggf. heizbar zu bauen.

Betrieb und Wartung

Die Schwimmstoffe in den Einlaufkammern sind 1- bis 2mal täglich zu entnehmen und mit dem Rohschlamm zu behandeln. Die Beckeneinläufe sind täglich zu überprüfen und mit einem gekrümmten Stabeisen oder der Wasserstrahllanze freizumachen, um eine einseitige Beschickung und Verstopfungen zu vermeiden. Schwimmschlamm im Becken ist täglich abzuziehen. Schlammablassen mehrmals täglich, auch sonn- und feiertags. Dabei Farbe des Schlammes beobachten; wenn er hellgrau wird, ist der Ablassschieber zu schließen und nach 5 bis 10 Minuten nochmals zu öffnen; endgültig schließen, wenn er wieder hellgrau wird. Eine Änderung der Farbe lässt sich nicht immer

erkennen. Dann kann der dicke Schlamm an seinem Fließverhalten im Strahl vom dünnen unterschieden werden: Geschlossener Strahl, dumpfer Ton = dicker Schlamm; zerrissener Strähl, plätschernder Ton = dünner Schlamm.

Schlammmenge durch Vermerken der Pumpzeit oder über Anzeige des Pumpensumpfinhaltes feststellen (Messlatte) und ins Betriebstagebuch eintragen. Desgleichen die Analysenergebnisse (TS, GV) der Absetzproben. Wenigstens einmal wöchentlich ist der Schlamm auf den Schrägflächen der Schlammtrichter mit einem Schaber nach unten zu schieben. Je sorgfältiger das gemacht wird, umso weniger Schlammfladen steigen auf.



Wöchentlich sollten die Überfallkanten und Rinnen gesäubert sowie Fettränder entfernt werden. Automatisch arbeitende Rinnenbürsten erleichtern die Reinigung (Bild 5.17).

Bild 5.17: Automatische Rinnenbürste

Von der Verwendung chemischer Reinigungsmittel ist abzuraten, da diese Mittel meistens Chlorbenzol, andere Chlorkohlenwasserstoffe oder Säuren enthalten, die eine Beeinträchtigung der Vorgänge bei der Abwasserreinigung verursachen.

Gut geeignet sind Dampfstrahlgeräte mit Wasserstrahllanzen.

5.6 Tropfkörper

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Zur Tropfkörperanlage gehört neben dem Tropfkörper auch ein Nachklärbecken (Bild 5.18). Ein Pumpwerk ist meistens erforderlich, da das Abwasser nicht mit natürlichem Gefälle auf den Tropfkörper gelangt.

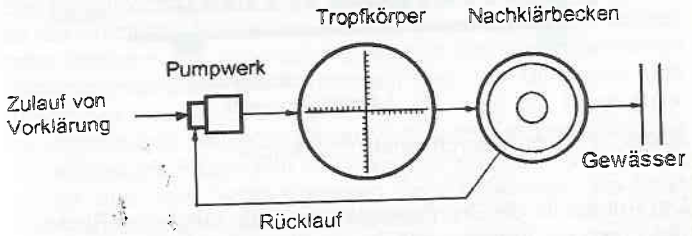


Bild 5.18: Fließverlauf bei einem Tropfkörper

Der Tropfkörper besteht aus geschichteten Brocken oder Schlacke, die auf einem wasserdurchlässigen Bodenrost ruhen und von einer zylinderförmigen Umfassungsmauer umgeben sind. Diese Mauer hat in Höhe des Bodenrostes Lüftungsöffnungen. Das für die Füllung verwendete Material muss frost- und witterungsbeständig, sauber und sandfrei sein mit rauer Oberfläche und gleichmäßiger Körnung. Häufig wird Lavaschlacke verwendet, ebenso kann z. B. Granit oder Kalkstein genommen werden. Die gebrochenen Steine haben im Allgemeinen eine Korngröße von 40 bis 80 mm, in der Stützschicht über dem Bodenrost von 80 bis 150 mm. Es gibt auch Füllmaterial aus Kunststoff, das den Vorteil einer größeren spezifischen Oberfläche hat.

Das vorgeklärte Abwasser wird durch einen Drehsprenger gleichmäßig auf der Oberfläche der Tropfkörperfüllung verteilt. Die Arme des Drehsprengers werden meistens als einseitig gelochte Rohre ausgeführt, die in der Mitte des Tropfkörpers in einem drehbaren Lager (Königsstuhl) befestigt sind (Bild 5.19).

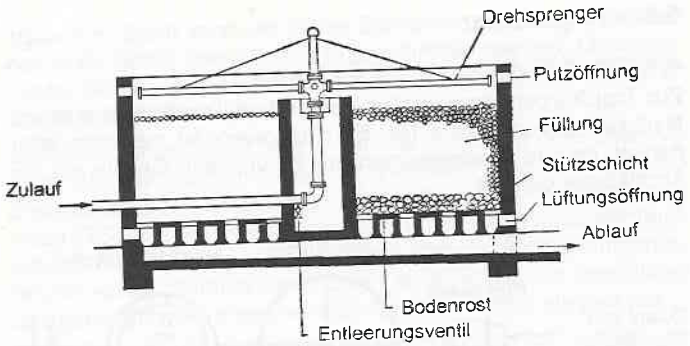


Bild 5.19: Schnitt durch einen Tropfkörper

Der Antrieb für die Drehbewegung entsteht durch den Rückstoß des durch die Verteilungslöcher ausfließenden Wassers, bedarf also keines Motors (Bild 5.20).



Bild 5.20: Tropfkörperbeschickung

Das auf den Tropfkörper gepumpte Abwasser rieselt durch den Füllkörper bis zum Bodenrost und über die Ablaufrinne zum Nachklärbecken. Auf dem Weg nach unten bildet sich auf der Oberfläche des gesamten Füllmaterials eine Bakterienschicht. Dieser sog. biologische Rasen ist mehrere mm dick. Gleichzeitig zieht Luft durch den Tropfkörper wie durch einen Kamin.

Das Wasser löst auf seinem Weg durch die Hohlräume Teile des biologischen Bewuchses ab. Ohne diese Spülwirkung würde der durch das Wachstum der Organismen gebildete biologische Schlamm die Hohlräume zwischen den Gesteinsbrocken allmählich ausfüllen und verstopfen, und den Durchfluss des Abwassers und der Luft unterbinden. Je mehr der Tropfkörper mit organischen Stoffen belastet wird, umso schneller wächst der biologische Rasen und umso stärker muss er mit Rücklaufwasser aus dem Nachklärbecken gespült werden. So kann auch der Abbaugrad gesteigert werden.

Zur Bemessung von Tropfkörpern mit Lavabrocken werden je m^3 Füllung eine BSB_5-Raumbelastung von 400 g/d angesetzt. Bei einer Abwasserreinigung mit Nitrifikation darf die BSB_5-Raumbelastung nicht über 200 g/d je m^3 Lavabrockenfüllung liegen. Wegen der größeren Oberfläche kann bei Kunststoffelementen die Raumbelastung höher angesetzt werden.

Die Füllhöhen liegen zwischen 3 und 5 m. Der Abwasserzufluss, der auf die Oberfläche der Füllung (einschließlich Rücklaufwasser) gebracht wird, hat hier eine besondere Bedeutung, da er ein Maß für die Spülwirkung gibt. Ein einfaches Beispiel für die überschlägige Berechnung einer solchen *Oberflächenbeschickung:*

Abwasserzufluss Q = 20 l/s = 72 m^3/h; (u. U. ablesbar am Pumpenschild, aber dann die Pumpzeit berücksichtigen);
Tropfkörperdurchmesser = Ø 10 m;

$$\text{Kreisoberfläche } A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 3{,}14}{4} = 78{,}5 \text{ m}^2;$$

Oberflächenbeschickung q = Q : A

$$q = 72 \text{ m}^3/\text{h} : 78{,}5 \text{ m}^2 = \sim 0{,}9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) = 0{,}9 \text{ m/h}.$$

Im Tagesdurchschnitt über 24 Stunden soll die Oberflächenbeschickung eines Tropfkörpers 0,8 m/h nicht unterschreiten, sicherer ist 1 m/h.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Mit Tropfkörpern kann gegenüber Belebungsverfahren Energie gespart werden. Bei Anlagen bis 5 000 EW sind Tropfkörper wegen ihrer Robustheit im Betrieb besonders zu empfehlen. Wartungsfehler sind nahezu ausgeschlossen. Tropfkörperschlamm entwässert besser.
- Tropfkörper mit verstopfungssicherer Kunststoff-Füllung verfügen über eine besonders große spezifische Oberfläche.
- Bei richtiger Bemessung ist eine weitgehende Stickstoffoxidation (Nitrifikation) zu erreichen. Auch eine gezielte Denitrifikation ist möglich.
- Zugang zum Arbeitspodest über Treppe (nicht Steigleiter) mit Gitterrosten vorsehen.
- Vom Arbeitspodest aus Aufstiegsvorrichtung bis auf Mauerhöhe führen zur Erleichterung der Sichtkontrolle von Drehsprenger und Oberfläche. Überstiegsholme nicht vergessen.
- Reinigungsöffnung für Drehsprenger mindestens 40/40 cm.
- Gute Wärmeisolierung der Tropfkörperwände ist wichtig.
- Lüftungsöffnungen müssen bei Frost, abgedeckt werden können; ggf. Windschutzbepflanzung vorsehen.
- Abgedeckte Tropfkörper sind in kalten Gegenden empfehlenswert; zumindest einen „Kälteschutzrand" (Kragplatte) vorsehen (Bild 5.21).
- Laub von der Tropfkörperoberfläche fernhalten, es verstopft.

Betrieb und Wartung

Der Wirkungsgrad des Tropfkörpers hängt auch von der richtigen Funktion des Drehsprengers ab. Dieser muss täglich daraufhin kontrolliert werden, ob die Ausflussöffnungen frei sind und das Abwasser ungehindert und gleichmäßig austreten kann. Wenn die Öffnungen verstopft sind, müssen die Drehsprengerarme mit der dafür vorgesehenen Bürste gereinigt werden. Dazu werden die Pumpen abgestellt und die Reinigungsdeckel an den Rohrenden geöffnet. Es kann auch zweckmäßig sein, zur Ausspülung des Drehsprengerrohres die Pumpen laufen zu lassen und das Wasser mit den herausgespülten Stoffen am Rohrende in einem Sieb aufzufangen. Diese Stoffe sind zusammen mit dem Rechengut zu entsorgen. Je besser die Vorklärung funktioniert und je sauberer die Gerinne gehalten werden, umso weniger Verstopfungen gibt es.



Bild 5.21: Tropfkörper mit Kragplatte

Mit täglichen *Absetzproben* vom Tropfkörperablauf (Probenahmestelle vor der Nachklärung) können Veränderungen der Spülwirkung frühzeitig erkannt werden.

Wasserpfützen auf der Tropfkörperoberfläche oder auch ein fauliger Geruch sind Anzeichen für eine Verschlammung des Tropfkörpers; Pfützenbildung kann außerdem auch durch Pilzwachstum an der Oberfläche hervorgerufen werden. Bei diesen

Störungen können folgende Maßnahmen helfen:

1. Schrittweises Spülen des Tropfkörpers mit dem Drehsprenger. Die Spülwirkung wird stärker, wenn der Drehsprenger festgebunden (arretiert), mit allen Pumpen beschickt und in längeren Zeitabständen (eine Stunde oder mehr) um jeweils einen Schritt vorgerückt wird.
2. Verstärkung der Spülung durch Herabsetzen der Umdrehungsgeschwindigkeit des Drehsprengers. Die Bewegung des Drehsprengers kann gebremst werden, indem einer der Drehsprengerarme um die Längsachse so gedreht wird, dass sich der Rückstoß in Drehrichtung verkleinert. Den gleichen Zweck erfüllen auch Prallteller oder Bremsöffnungen im Drehsprengerrohr, die gegen die Drehrichtung wirken.
3. Die Mischwasserkonzentration (Ablauf der Vorklärung und Rücklauf aus der Nachklärung) am Drehsprenger darf im Tagesmittel 130 mg/l BSB_5 nicht überschreiten. Dadurch wird sichergestellt, dass die Spülkraft zur Verminderung der Verstopfungsgefahr einerseits und das Anwachsen des biologischen Rasens andererseits ausreichend gesichert ist.

Wenn der Tropfkörper mit Unterbrechungen beschickt oder nur schwach gespült wird, kann es an der Oberfläche, besonders in der Nähe der Umfassungswand, und auch in der Umgebung der Lüftungsöffnungen zur Entwicklung von Tropfkörperfliegen kommen. Diese kleinen Insekten (Psychoda-Fliegen) sind vor allem auf Schwachlasttropfkörpern zu finden. Sie fliegen nicht sehr weit, können aber vom Wind in größere Entfernungen getragen werden und zu erheblichen Belästigungen der Anwohner führen. Gegen die Fliegenplage hilft die ständige Beschickung und stärkere Spülung des Tropfkörpers.

Bei einigen Anlagen befinden sich Würmer (Fadenwürmer, Wenigborster) im Tropfkörper. Sie stören im Allgemeinen die Reinigungswirkung nicht sodass keine besonderen betrieblichen Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen. Auch von Schnecken in einem Tropfkörper wurde berichtet. Dies scheint problematischer zu sein, da die Schneckenhäuser das Tropfkörpermaterial verstopfen können.

Im *Nachklärbecken* müssen die Ablaufrinnen und auch die Rohre oder Schlitze am Einlauf, saubergehalten werden. Aufschwimmende Schlammfladen oder aufsteigende Gasblasen zeigen faulenden Schlamm im Becken an. Der Schlamm, der abzulassen ist, muss dann häufiger abgezogen werden und die Trichterflächen sind sorgfältiger abzuschaben. Zur Prüfung der Klärwirkung des Nachklärbeckens ist täglich an einer Wasserprobe aus dem Ablauf der im Imhofftrichter nach zwei Stunden abgesetzte Schlamm zu messen. Die täglich zu messende Sichttiefe soll mindestens 50 cm betragen.

5.7 Rotationstauchkörper

Ein anderes Reinigungsverfahren ist der Rotationstauchkörper. Hier siedelt sich der biologische Rasen auf 2 bis 3 m großen Kunststoffscheiben an, die mit 2 cm Abstand auf Achsen montiert sind und so zu großen Walzen zusammengefasst werden. Auch Kunststoffelemente verschiedenster Bauformen werden verwendet. Durch langsames Drehen im Abwasser, worin die Scheiben etwa zu 1/3 bis 1/2 eintauchen, werden die Kleinstlebewesen abwechselnd mit O_2 aus der Luft und Nahrung aus den organischen Schmutzstoffen des Abwassers versorgt. Bei Überbelastung kann es vorkommen, dass der Bewuchs die Abstände zwischen den Scheiben oder die Kunststoffelemente ausfüllt. Dann muss der Bewuchs soweit ausgespült werden, dass die Scheibenoberflächen wieder für die Reinigungsarbeit zur Verfügung stehen. Eine höhere Rückführung aus der Nachklärung hilft auch hier. Der Stromverbrauch liegt sehr niedrig; die Baukosten entsprechen denen der anderen Tropfkörper.

Bei Rotationstauchkörpern ist es möglich, in einem getrennten Teil der Anlage die Stickstoffelimination ebenfalls mit diesem Verfahren durchzuführen. Eine Denitrifikation wird beispielsweise erreicht, indem ein vorgeschalteter Tauchkörper luftdicht abgedeckt oder ein vollständig überstauter Tauchkörper eingesetzt wird (Bild 5.22).

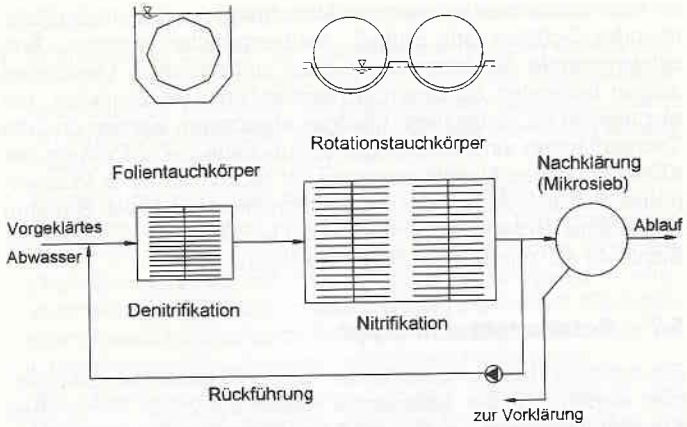


Bild 5.22: Tauchkörper mit vorgeschalteter Denitrifikation

5.8 Belebungsanlagen

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Beim Belebungsverfahren (Bild 5.23) wird das Abwasser in einem Belüftungsbecken zusammen mit dem „Rücklaufschlamm" aus dem Nachklärbecken belüftet und durchmischt. Die Bakterien in den schwebenden Schlammflocken nehmen dabei die organischen Schmutzstoffe aus dem Abwasser als Nahrung auf und setzen sich im Nachklärbecken ab. Der auf biologischem Wege gebildete Flockenschlamm enthält unzählige Mikroorganismen (Biozönose) und heißt deshalb als „Belebtschlamm". Er wird aus dem Nachklärbecken ständig in das Belebungsbecken zurückgeführt, damit dort möglichst viele belebte Flocken ihre Reinigungsarbeit verrichten können. Da sich die Bakterien ständig vermehren, nimmt die Menge des Belebtschlammes zu. Der nicht benötigte „Überschussschlamm" muss deshalb abgezogen werden. Er wird meistens zum Einlauf des Vorklärbeckens geführt; dickt dort ein, um dann gemischt mit dem Vorklärschlamm zur Schlammfaulung gepumpt zu werden.

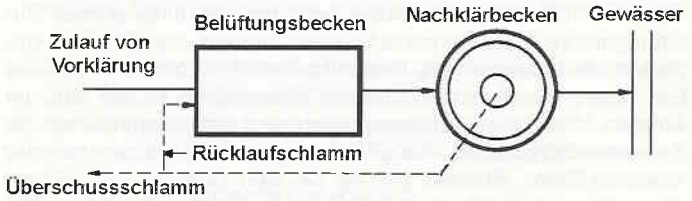


Bild 5.23: Schema einer Belebungsanlage

Die Belüftung, Umwälzung und Durchmischung des Abwassers und Belebtschlammes im Becken erfolgt im Gegensatz zum Tropfkörper auf künstlichem Wege. Dem Belebungsbecken werden also Abwasser, Rücklaufschlamm und Luft zugeführt. Die Zuführungsmethoden sind verschiedenartig. Rücklaufschlamm wird z. B. vielfach an einer einzigen Stelle am Beckenanfang (vor Kopf) zugegeben, während die Abwasserzufuhr manchmal auf das erste Drittel der Beckenlänge verteilt ist. Luft wird dem ganzen Becken zugeführt; soweit Steuerungsmöglichkeiten bestehen, wird oft am Anfang mehr und am Beckenende weniger Luft eingetragen. Bei den Belüftungssystemen ist zu unterscheiden zwischen der Druckluftbelüftung und der mechanischen Belüftung mit Hilfe von Belüftungswalzen (Rotoren mit horizontaler Achse und kreiselförmigen Oberflächenbelüftern mit vertikaler Achse) (Bild 5.24).

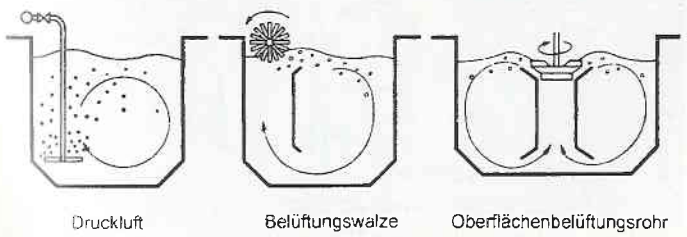


Bild 5.24: Belüftungseinrichtungen

Die Druckluft wird mit Gebläsen erzeugt und durch poröse Belüftungsrohre (Belüfterkerzen) oder Platten ins Wasser gepresst; sie bestehen aus Keramikmaterial, Kunststoff oder aus Filz; auch mit Gummischläuchen überzogene Rohre sind im Einsatz. Von den Belüftungswalzen sind am bekanntesten die Kessener-Bürste, die Käfig-Walze, die Stab-Walze und der Mammut-Rotor. Ebenso gibt es bei den Oberflächenbelüftern (Kreiseln) verschiedene Ausführungen. Weitere Belüftungseinrichtungen, die vorwiegend eine gerichtete Strömung erzeugen (z. B. strahlförmig), sind ebenfalls im Einsatz.

Eine besondere Verfahrenstechnik von Belebungsanlagen ist die Langzeitbelüftung. Sie wird vor allem für kleinere Ausbaugrößen eingesetzt, bei denen sich eine Schlammbehandlung in anaeroben Faulräumen finanziell nicht rentiert. Infolge der langzeitigen Belüftung werden der Belebtschlamm und damit die organische Verschmutzung so weitgehend von den Organismen aufgezehrt und oxidiert, dass ein stabilisierter Überschussschlamm anfällt. Dieser biologische Vorgang wird als aerobe Schlammstabilisierung bezeichnet.

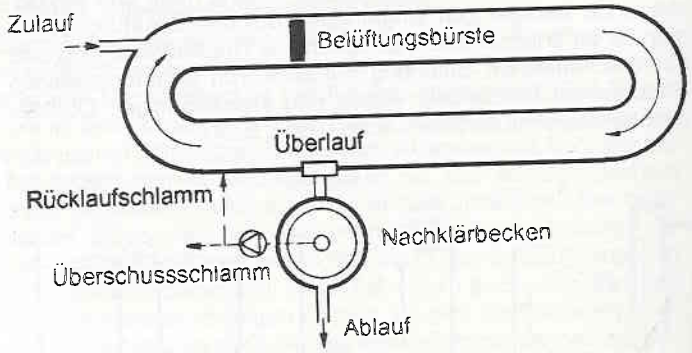


Bild 5.25: Oxidationsgraben

Das Belebungsverfahren hat sich heute weitgehend für die Behandlung fast aller Abwasserarten durchgesetzt. Es hat gegenüber dem Tropfkörper vor allen Dingen folgende Vorteile:

- größere Betriebssicherheit auch bei niedrigen Abwassertemperaturen,
- die Vorklärung kommt mit einer geringeren Aufenthaltszeit aus,
- man kann den Sauerstoffeintrag, den Schlammgehalt und das Rücklaufschlammverhältnis weitgehend steuern oder regeln und den Belastungen und Erfordernissen anpassen.

Dem stehen als Nachteile gegenüber:

- ein höherer Aufwand für die Betriebsüberwachung,
- wesentlich höhere Energiekosten,
- der Schlamm hat einen höheren Wassergehalt und lässt sich nicht so gut entwässern,
- die Absetzeigenschaften des Belebtschlammes können in weiten Grenzen schwanken,
- das Nachklärbecken muss deutlich größer sein.



Bild 5.26: Belebungsbecken mit hohem Sauerstoffeintrag

Kohlenstoffabbau

Entsprechend den dargelegten Zusammenhängen werden im Belebungsbecken zunächst nur die Kohlenstoffverbindungen abgebaut. Das gilt bis zu einer Schlammbelastung $B_{TS} > 0{,}3$ kg BSB_5/(kgTS · d), bzw. bis zu einem Schlammalter $t_{TS} < 4$ Tage, d. h. bei relativ kurzen Aufenthaltszeiten des Abwassers im Belebungsbecken. Für diese Verhältnisse gilt auch das in Bild 5.23 dargestellte Grundschema des Belebungsverfahrens.

Stickstoffentnahme

Bei einer Verringerung der Schlammbelastung, verbunden mit einer Verlängerung der Aufenthaltszeit, werden nicht nur die Kohlenstoffverbindungen weitgehend abgebaut. Bei $B_{TS} < 0{,}15$ kg BSB_5/(kgTS · d) beginnt auch die Oxidation der Stickstoffverbindungen, die *Nitrifikation,* und zwar umso vollständiger, je niedriger die Belastung und je höher die Temperatur ist.

Entscheidend ist die mit der Verringerung der Belastung verbundene Verlängerung des Schlammalters auf $t_{TS} > 10$ Tage. Hierdurch erhalten die empfindlicheren und langsamer wachsenden Bakterien, die zur Oxidation des Stickstoffs notwendig sind, die Möglichkeit, sich im Belebtschlamm anzusiedeln. Je weiter das Schlammalter gesteigert wird, desto bessere Voraussetzungen finden die Nitrifikanten vor, und umso sicherer erfolgt die Nitrifikation (Umwandlung von Ammonium- in Nitratstickstoff). Dafür muss der Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken immer ≥ 2 mg/l betragen (Bild 5.26). Durch die Nitrifikation werden die Nährstoffe im Abwasser nicht nennenswert vermindert, sie liegen nur in einer anderen chemischen Bindung vor, als Nitratstickstoff NO_3-N.

Der weitere Schritt der Nährstoffverminderung kann aber jetzt gezielt durch die *Denitrifikation* erfolgen. Dafür darf im Abwasser kein gelöster Sauerstoff (anoxische Zone) vorhanden sein, sonst würden die Bakterien nicht den im Nitrat gebundenen Sauerstoff ausnützen. In den anoxischen Zonen muss genügend leicht abbaubares Substrat (Kohlenstoffverbindungen im Rohabwasser) für die Mikroorganismen vorhanden sein.

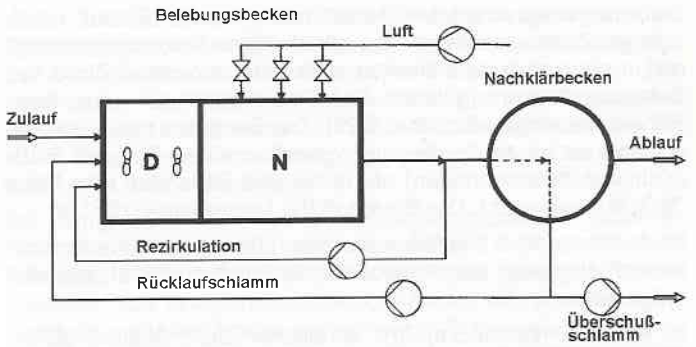


Bild 5.27: Vorgeschaltete Denitrifikation

Die Stickstoffverminderung kann also nur funktionieren, wenn das Belebungsbecken belüftete (aerobe) und unbelüftete (anoxische), nur umgewälzte Zonen oder Bereiche, aufweist. Technisch ist das zu erreichen, wenn anoxische Becken oder Zonen vorschaltet werden (Bild 5.27).

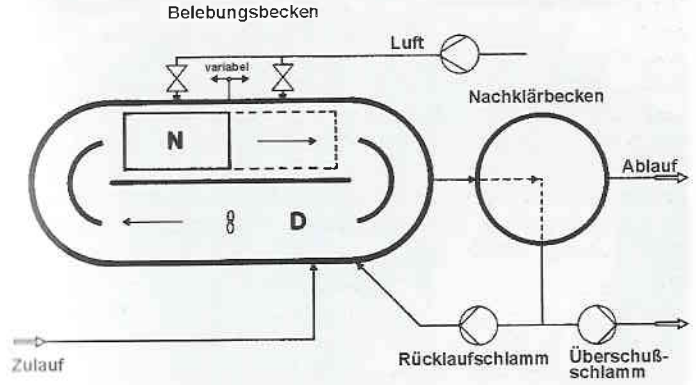


Bild 5.28: Simultane Denitrifikation

Eine andere Möglichkeit besteht darin, in einem Umlaufsystem aerobe und anoxische Bereiche herzustellen (Bild 5.28).

Bei einer vorgeschalteten Denitrifikation werden Zulauf, nitrathaltiger Rücklaufschlamm und nitrathaltiges Rezirkulationswasser in ein anoxisches Becken oder eine anoxische Zone des Belebungsbeckens geleitet. Der Beckeninhalt wird nur durch Rührwerke umgewälzt (Bild 5.29). Die Bakterien des Rücklaufschlammes bauen in diesem Vorbecken einen Teil des BSB_5 (Kohlenstoffverbindungen) ab; dabei wird Sauerstoff vom Nitrat (NO_3-N) verbraucht. Der Stickstoff (N_2) entweicht in die Luft.

Im nachfolgenden belüfteten (aeroben) Becken wird weiter Kohlenstoff abgebaut und Ammonium-Stickstoff zu Nitrat-Stickstoff umgesetzt.

In einem Umlaufbecken mit simultaner Denitrifikation stellen sich von selbst im belüfteten Teil aerobe Verhältnisse (N-Zone) und durch die Sauerstoffzehrung des Abwasser-Schlamm-Gemisches nach einiger Fließzeit anoxische Verhältnisse (D-Zone) ein.



Bild 5.29: Rührwerk im Denibecken bei Wartungsarbeiten

Wenn Rücklaufschlamm und Zulauf im Bereich der anoxischen Zone zugegeben werden, laufen die beschriebenen Vorgänge der Denitrifikation ab. Anoxische Verhältnisse im ganzen Becken lassen sich auch mit gesteuertem Ein- und Ausschalten der Belüftung (intermittierende Nitrifikation/Denitrifikation) erreichen. Eine eigene Umwälzung zur Verhinderung einer Absetzwirkung ist dann erforderlich.

Bei richtiger Betriebsweise ist der Wirkungsgrad der beschriebenen Verfahren (es gibt noch viele weitere Varianten, auf die hier nicht eingegangen werden kann) etwa gleich, sie unterscheiden sich in ihrem baulichen Aufwand. Die simultane Denitrifikation hat den Vorteil der einfachen Bau- und Betriebsweise, sie benötigt dafür etwas mehr Beckenvolumen. Wenn Mischwasser mit hohem O_2-Gehalt in die Denitrifikationsstufe gelangt, wird die Stickstoffverminderung beeinträchtigt.

Das Schlammalter t_{TS} ist eine wichtige Kenngröße, um die Stickstoffoxidation beurteilen zu können. Je höher das Schlammalter, desto besser die NH_4-N-Abnahme. Das Schlammalter entspricht der mittleren Aufenthaltszeit der Mikroorganismen im Belebungsbecken. Es darf nicht mit der Durchflusszeit des Abwassers verwechselt werden.

Zur Bestimmung müssen Trockensubstanzgehalt und Abzug des täglichen Überschussschlammes (Überschussschlammproduktion) bekannt sein, damit die abgezogene Masse an Feststoffen mit der Masse an Feststoffen im Belebungsbecken ins Verhältnis gesetzt werden kann. Der Schlammabtrieb aus dem Nachklärbecken (auch bei Mischwasserzufluss) darf nicht vernachlässigt werden. Zur Ermittlung sind der Zufluss (Q) und die abfiltrierbaren Stoffe (AS), hilfsweise die absetzbaren Stoffe, erforderlich.

$$\text{Schlammalter } t_{TS} = \frac{TS_{BB} \cdot V_{BB}}{TS_{\ddot{U}S} \cdot Q_{\ddot{U}S} + AS \cdot Q} \text{ in d}$$

auf die richtige Dimension achten:

$$t_{TS} = \frac{mg/l \cdot m^3}{mg/l \cdot m^3/d + ml/l \cdot m^3/d} \text{ in d.}$$

Nur bei sehr gut wirkenden Nachklärbecken kann der Schlammabtrieb (AS · Q) vernachlässigt werden.

Biologische Phosphorentnahme

Verfahrenstechnisch muss für die erhöhte Aufnahme von Phosphor durch die Bakterien dafür gesorgt werden, dass Rücklaufschlamm und Zulaufwasser gemeinsam in ein sauerstofffreies Vorbecken oder eine sauerstofffreie Zone des Belebungsbeckens gelangen. Sauerstofffrei heißt: auch ohne Nitrat. Der Rücklaufschlamm muss also vorher die Denitrifikationszone durchflossen haben.

Nach Durchlaufen dieses streng sauerstofffreien (anaeroben) Vorbeckens bzw. der anaeroben Zone des Belebungsbeckens nehmen die Bakterien später in der belüfteten (aeroben) Nitrifikationszone vermehrt Phosphor auf, der sich im Rücklaufschlamm anreichert. Durch die Entnahme des Überschussschlamms ergibt sich eine P-Verminderung.

Wegen der Schwankungen des Phosphat-Gehaltes im Abwasser ist nach bisher vorliegenden Betriebserfahrungen zwar eine betriebssichere erhöhte biologische P-Entnahme möglich. Die Einhaltung eines bestimmten Grenzwertes ist jedoch schwierig. Daher ist eine unterstützende Zugabe von Fällmitteln zur chemischen Phosphatentnahme die Regel.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Bei Oberflächenbelüftern sind Spritzblenden oder Abdeckhauben ausreichend groß vorzusehen; häufig sind sie zu klein.
- Vor der Bauabnahme der Belüftungseinrichtung ist es zweckmäßig, den Nachweis des garantierten Sauerstoffeintrages im Reinwasser zu verlangen.
- Der Lufteintrag muss stufenlos regelbar sein auch für die Grundlast, angesteuert von Sauerstoffelektroden.

- Sauerstoffmesssonden so anordnen, dass Messergebnisse repräsentativ sind. Unmittelbar hinter Belüftungswalze oder Überlaufschwelle sind sie das meistens nicht.
- Die Belüftungskerzen müssen für Reinigung und Reparatur leicht und sicher ausgebaut werden können.
- Drehkolbengebläse an Saug- und Druckseite mit Flanschen versehen, um Reparaturen zu erleichtern.
- Gebläseräume sorgfältig schallisolieren und nicht im gleichen Gebäude mit Aufenthaltsräumen anordnen.
- Rücklaufschlammleitung im Belebungsbecken nicht unterhalb des Wasserspiegels ausmünden lassen, es sei denn es ist an anderer Stelle möglich den Rücklaufschlamm zu beobachten und Proben zu entnehmen.
- Die Wartung ist geringer, wenn die Verbindungsleitungen für Abwasser und Schlamm zwischen den Bauwerken als Rohrleitungen ausgebildet werden, anstatt als offene Gerinne.
- Bei mehreren Belebungsbeckenstraßen wird die Verteilung des Rücklaufschlammes ungleichmäßig, wenn die Rücklaufschlammleitung unmittelbar vor der gemeinsamen Zulaufverteilung einmündet (Druckverluste in verschieden langen Leitungen).
- Bei Belebungsanlagen mit Vorklärung ist eine Umgehung sinnvoll, um diese zeitweise außer Betrieb nehmen zu können.
- Die Zuführung von Abwasser und Rücklaufschlamm vor Kopf erleichtert die Einrichtung von anoxischen Zonen.

Betrieb und Wartung

Es ist häufig notwendig, den Belebtschlamm täglich zu untersuchen. Dazu wird aus dem Belebungsbecken eine Probe entnommen und in einem Standzylinder das nach 30 Minuten abgesetzte Schlammvolumen gemessen.



Bild 5.30: Probenahme aus dem Belebungsbecken

Am Schlammvolumen und aus der Schlammtrockensubstanz ist zu ersehen, wie viel Überschussschlamm abgezogen werden muss. Besonderes Augenmerk ist auf Veränderungen des Aussehens und der Flockungs- und Absetzeigenschaften des Schlammes zu legen. Zur Kontrolle ist es sinnvoll, gelegentlich eine Absetzkurve des Belebtschlammes aufzunehmen, indem alle 5 Minuten an dem Standzylinder das jeweilige Schlammvolumen abgelesen und in einem Diagramm über die Zeitachse aufgetragen wird. Bei schlecht absetzendem Schlamm (wie Blähschlamm) kann ein zu großer Schlammgehalt vorgetäuscht werden und es würde zuviel Überschussschlamm entfernt werden. Bei ungewöhnlich rascher Veränderung des Schlammvolumens sind umgehend der Schlammtrockensubstanzgehalt zu bestimmen und der Schlammindex zu errechnen.

Der Schlammindex sollte zwischen 50 bis 150 ml/g liegen. Steigt er über 150 ml/g an und enthält der Belebtschlamm Fadenorganismen, so spricht man von Blähschlamm; er setzt sich

sehr schlecht ab. Er „schwebt" im Nachklärbecken, teilweise treibt der leichte Schlamm über die Ablaufschwelle des Nachklärbeckens ab.

Blähschlamm kann sich immer dann stark entwickeln, wenn ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sind (Nährstoffverhältnis, Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert), die für Fadenbakterien besonders günstig sind. Darum hat es meist wenig Erfolg, den belebten Schlamm zu entfernen und neuen Schlamm heranzuziehen. Nur wenn man die Betriebsverhältnisse ändert, können die Lebensbedingungen der Bakterien so verbessert werden, dass die weitere Blähschlammentwicklung verhindert wird.

Eine Vielzahl verschiedener Bakterienarten kann Blähschlamm verursachen. Dies erklärt auch, dass es viele Gründe für die ungünstige Bakterienentwicklung gibt und nicht immer die gleichen Bekämpfungsmaßnahmen zum Erfolg führen. Oft entwickeln sich die Fadenbakterien nur zu bestimmten Jahreszeiten, z. B. häufig im Frühjahr, was auf Temperatureinfluss schließen lässt. Auch besondere Belastungszustände durch angeschlossene Kampagnebetriebe, wie Konservenfabriken oder Brennereien, fördern die Blähschlammneigung. Ebenso wirkt sich angefaultes Abwasser sowie ein Mangel an Stickstoff oder Phosphor aus.

Bestimmte Betriebsweisen scheinen die Blähschlammentwicklung zu fördern. So neigen BSB_5-Raumbelastungen (B_R) zwischen 0,5 und 0,7 kg/($m^3 \cdot d$) besonders dazu. Volldurchmischte Belebungsbecken sind gefährdeter als längsdurchströmte Becken. Die geringe hydraulische Belastung eines Nachklärbeckens kann die Betriebsprobleme noch verstärken. So ist ein hydraulisch knapp bemessenes Nachklärbecken schon bei geringer Blähschlammneigung überfordert, während ein Nachklärbecken mit Belastungsreserven auch Blähschlamm in gewissen Grenzen zurückhalten kann.

So verschieden die Bakterien und ihre Ursachen sein können, so unterschiedlich sind sie auch zu bekämpfen. Eine bestimmte Gegenmaßnahme, die mit Sicherheit in allen Fällen hilft, gibt es nicht. Schlüssige Aussagen darüber lassen sich nur von *mikro-*

skopischen Beurteilungen durch Biologen in Instituten erwarten.

Sobald in einer Kläranlage im Belebungsbecken durch Nitrifikation Nitrat gebildet wird, kann es im Nachklärbecken durch Denitrifikation zum Schlammtreiben kommen, dies wird als wilde Denitrifikation bezeichnet. Das Aufschwimmen von an sich gut absetzbarem Schlamm ist nicht mit Blähschlamm zu verwechseln, denn da setzt sich der fadenförmige Schlamm erst gar nicht ab, sondern bleibt in Schwebe.

In diesem Fall schwimmt der Schlamm durch die Entwicklung von Stickstoff-Gasblasen in der Belebtschlammflocke auf. Es kann durchaus sein, dass nach dem Entweichen der Stickstoff-Gasblasen an der Oberfläche der Schlamm sich einwandfrei absetzt. Dieser Vorgang dauert allerdings mehrere Stunden und diese Zeit steht im Nachklärbecken nicht zur Verfügung. Im Messzylinder ist diese Erscheinung gut zu beobachten.

Dieser Prozess der Denitrifikation beruht darauf, dass viele Bakterienarten bei Mangel von gelöstem Sauerstoff den im Nitrat enthaltenen Sauerstoff verwenden können (Nitrat-Atmung).

Gegen Blähschlammbildung oder Schlammabtrieb durch Denitrifikation im Nachklärbecken kommen folgende Maßnahmen in Betracht, die unter Umständen helfen, aber nicht immer:

1. Rücklaufschlamm aus dem Nachklärbecken verstärken. Das Rücklaufschlammverhältnis (RV) berechnet sich

$$RV = \frac{TS_{BB} \cdot 100}{TS_{RS} - TS_{BB}} \; [\%]$$

TS_{BB} = Trockensubstanzgehalt in der Belebung [mg/l]

TS_{RS} = Trockensubstanzgehalt im Rücklauschlamm mg/l]

2. Die Aufenthaltszeit des abgesetzten Schlammes am Boden der Nachklärung verkürzen (weniger als 1 Stunde), in dem die Geschwindigkeit des Nachklärbeckenräumers etwas vergrößert wird (bei Rundräumern bis zu 6 cm/s). Evtl. sind auch die Räumschilde zu verlängern oder zu verdoppeln.
3. Aufenthaltszeit in der Vorklärung vermindern, z. B. durch Außerbetriebnahme einer Einheit. Dies gilt besonders, wenn das Rohabwasser angefault in der Kläranlage ankommt.
4. Wertvolle Hinweise dazu sind [14] zu entnehmen.
5. Wenn die Ursache bei Industrieabwässern, z. B. Zuckerfabrik, Brauerei, Molkerei, vermutet wird, kann das einseitige Nährstoffangebot das die Fadenbakterien begünstigt, durch Zugabe von Stickstoff und Phosphor-Düngesalzen verbessert werden (vorher mikroskopische Untersuchung durch Biologen) (Verhältnis BSB_5 : N : P etwa 100 : 5 : 1).
6. Durch Zugabe von Fällungsmitteln, z. B. Eisensulfat, Eisenchlorid, Aluminiumsulfat, kann der Schlamm beschwert und die Flockenbildung und seine Absetzeigenschaft verbessert werden. Auch Kalkzugabe kann gegen Blähschlamm helfen. Wegen der Erhöhung des pH-Wertes und der Verkrustungsgefahr muss man hier besonders sorgfältig vorgehen.
7. Mit der Dosierung von 8 g H_2O_2/(kgTS · d) Wasserstoffperoxid (H_2O_2) kann Blähschlamm ggf. bekämpft werden.
8. Bei langen Belebungsbecken hilft meistens wenn Abwasser und Rücklaufschlamm vor Kopf, also an der Stirnseite des Belebungsbeckens, eingeleitet werden und gleichzeitig eine gut durchmischte anoxische Zone möglich ist.

Die Maßnahmen 3, 5, 6, 7 und 8 sollten nur nach Rücksprache mit der technischen Aufsichtsbehörde erfolgen.

Die regelmäßige mikroskopische Beobachtung des Belebtschlammes ist notwendig (dazu Kapitel 9.5). Dadurch kann womöglich das Entstehen von Blähschlamm schon im Anfangsstadium erkannt und verhindert werden. *Das Erkennen der fadenförmigen Organismen und deren Bekämpfungsmöglichkeiten sind für den Laien nicht einfach. Die Einschaltung einer Fachkraft mit mikroskopischen Kenntnissen und der Erfahrung in der Beurteilung bei Abwasseranlagen ist oft wesentlich billiger als die Zugabe von „Wundermitteln".*

Wichtig für die Überwachung des Belebtschlammes ist die Kontrolle des Sauerstoffgehaltes im Belebungsbecken. Er soll mindestens 2 mg/l betragen, bei Druckluftbelüftung wird der

O_2-Eintrag durch Zu- und Abschalten der Gebläse gesteuert. Bei Oberflächenbelüftern sind meist Umdrehungszahl und Eintauchtiefe (Freibord) regelbar. Die Änderung der Eintauchtiefe liegt im Bereich von 5 bis 30 cm. Eine möglichst vollkommene Durchmischung (ausreichende Turbulenz) muss immer erhalten bleiben, um Ablagerungen zu vermeiden, selbst wenn aus irgendeinem Grund, z. B. Ausfall der Rohabwasserpumpen, kein Abwasser mehr zufließen würde. D. h. Belüftungsvorrichtung und Schlammrückführung müssen auch in diesem Fall weiter betrieben werden, da sonst der Belebtschlamm wegen Sauerstoffmangel sehr schnell faulen würde und die Biomasse abstirbt. Einige Stunden ohne Luft reichen dazu aus.

Schaum- bzw. Schwimmschlammbildung in Belebungsbecken kann auch zu starkem Schlammabtrieb führen und ist deshalb problematisch, weil sich im Schaum Organismen anreichern (Bild 5.29). Dabei ist dann zu klären, ob die Schaumbildung durch hydrophobe (wasserabstoßend) und/oder oberflächenaktive Abwasserinhaltsstoffe verursacht wird oder durch Organismen.



Bild 5.31: Schaumbildung im Belebungsbecken

Unspezifische Abhilfemaßnahmen sind:

- Besprühen mit kaltem Wasser,
- Vermindern von turbulenzarmen Zonen,
- Entnehmen aus dem gesamten Kreislauf.

Die Beckenwände über dem Wasserspiegel sind alle 2 bis 3 Tage von Fett- und Schaumrändern zu säubern, um Geruchsbildung und Entstehung von Fettsäuren zu vermeiden.

Der Belebtschlamm aus dem Nachklärbecken ist ständig (kontinuierlich) in das Belebungsbecken zurückzuführen. Wenn dieser Schlamm mehr als eine Stunde im Nachklärbecken verbleibt, verliert er schon sehr an Aktivität, d. h. die Mikroorganismen sterben dann rasch ab.

Vor *Inbetriebnahme* sind sämtliche Leitungen (Luft, Schlamm, Abwasserzu- und -ablauf) auf Baustellenreste zu überprüfen (Bild 5.32).



Bild 5.32: Vor Inbetriebnahme Luftleitungen prüfen

Zur *Einarbeitung* ist dem Belebungsbecken das gesamte vorgeklärte Abwasser zuzuführen. Gleichzeitig sind die Rücklaufschlammpumpen mit etwa einem Rücklaufverhältnis von 1,0 zu betreiben. Überschussschlamm darf erst abgezogen werden, wenn der vorgesehene Schlammgehalt erreicht ist. Der Schlammgehalt ist während dieser Zeit laufend zu überprüfen. Die Einarbeitungszeit dauert 10 bis 20 Tage. Die auftretende verstärkte Schaumbildung ist nicht beängstigend; es findet ja nur eine teilweise biologische Reinigung statt. Im Winter lassen sich Belebungsanlagen schwer einarbeiten. Hier sollte mit einer langsam zu steigernden Teilbeschickung begonnen werden.



Bild 5.33: Reinigen der Belüfterkerzen

Bei der Druckluftbelüftung ist vor den Gebläsen an der Frischluft-Ansaugstelle ein Luftfilter angebracht, um Luftverunreinigungen von den Belüftungskerzen im Belüftungsbecken fernzuhalten. Diese Luftfilter neigen bei Frost zu Vereisungen, die den Lufteintritt verhindern. Die Eisbildung kann vermieden werden, wenn eine Luftleitung aus einem warmen Raum bis vor das Luftfilter geführt wird.

Die Belüftungskerzen müssen laufend nachgesehen und in regelmäßigen Abständen, je nach Anlage, alle 3 bis 5 Jahre gereinigt werden (Bild 5.33). Wenn bei feinblasiger Belüftung die Poren der Kerzen zu verstopfen beginnen, zeigt das Amperemeter der Gebläse eine ansteigende Stromaufnahme; auch am Manometer zu beobachten. Verstopfungen einzelner Kerzen ist meistens durch verminderte Turbulenz und geringeren Luftblasenaustritt erkennbar, Blasenbild beobachten.

In manchen Fällen kann das aufwändige Ausbauen der Kerzen zur Reinigung erspart werden, wenn man in das jeweilige Luftrohr säurehaltiges Reinigungsmittel mit hohem Druck zerstäubt. Der Erfolg ist dann am Amperemeter bzw. Manometer ablesbar.

Auch Dampfstrahlgeräte eignen sich zur Reinigung, wenn die Kerzenaggregate aus dem Becken ausgehoben und am Ende der Strahllanze eine poröse Manschette angebracht wird, die man über der Belüftungskerze hin und her schiebt.

Die Betriebsanleitungen der Lieferfirmen sind sorgfältig zu beachten. Für die Untersuchung des Ablaufes der Nachklärung gilt das gleiche wie im Abschnitt Tropfkörper beschrieben.

Die Betriebsführung stellt bei Belebungsanlagen unabhängig von der Ausbaugröße (d. h. ebenso für 100 EW wie für 100 000 EW) hohe Anforderungen an das Betriebspersonal. Hier müssen die Untersuchungen und Messungen in einer Häufigkeit durchgeführt werden, die weitgehend in der Entscheidung des Betriebspersonals liegen. Auf die Angabe der Häufigkeit wurde deshalb bewusst verzichtet. Aussagen treffen die Anforderungen an die Selbstüberwachung, die in jedem Bundesland eigens festgelegt sind. In vielen Fällen stellt dies aber wirklich nur den Mindestaufwand dar. Sobald Probleme erkennbar sind und nach Ursachen gesucht werden muss, wird der zeitliche und finanzielle Aufwand größer. Die Untersuchungen sind überdies nicht ganz leicht, bedürfen großer Sorgfalt und erfordern ein beträchtliches Maß an Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit.

5.9 Kombinationsbecken

Kombinationsbecken sind Bauwerke, in denen mehrere Bauteile mit verschiedenen Funktionen zusammen in einem gemeinsamen Bauwerk vereinigt sind. Die häufigsten werden nachfolgend kurz beschrieben.

5.9.1 Emscherbecken

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Das Emscherbecken, auch Emscherbrunnen genannt, hat seinen Namen vom Fluss Emscher. Der Schlammfaulraum ist durch Trennwände und Rutschflächen (Imhoffrinne) vom Absetzraum getrennt. Die sich absetzenden Stoffe rutschen durch den Schlammschlitz in den darunter liegenden Faulraum (siehe Bild 5.34).

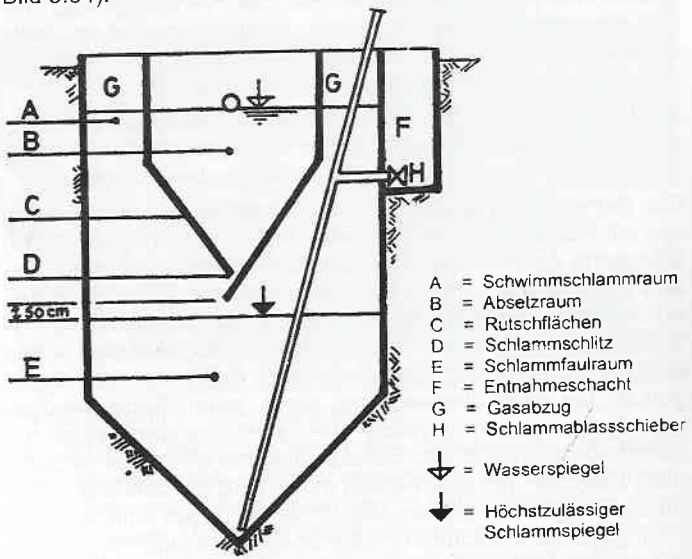


Bild 5.34: Emscherbecken

Häufig sitzt das Emscherbecken im Grundwasser und hat dadurch eine Temperatur, die etwa 1 bis 2°C über der des Grundwassers liegt. Pumpen zur Schlammumwälzung sind auch hier zweckmäßig.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Eine stationäre Pumpe zum Umwälzen und Ablassen des Schlammes ist zweckmäßig.
- Eine Rohrleitung mit Betriebswasseranschluss zur Trichterspitze für die Schlammauflockerung ist fest einzubauen.

Betrieb und Wartung

Zu den Wartungsregeln und den täglichen Arbeiten, wie sie für das Betriebstagebuch vorgeschrieben und für Absetzanlagen notwendig sind, kommen noch einige Wartungsarbeiten hinzu, die mindestens wöchentlich durchzuführen sind. Der Schlammstand im Faulraum ist festzustellen, indem mit einem Schlammtaster der Abstand vom Wasserspiegel bis zum Schlammspiegel gemessen und ins Tagebuch eingetragen wird.

Höchstzulässiger Stand ist 50 cm unter Schlammschlitz. Die Höhe des Schlammstandes kann anhand der Planzeichnung errechnet werden und damit auch der zulässige Abstand von der Wasserspiegelfläche. Die Rutschflächen sind abzuschaben, die Schlammschlitze sind durchzuziehen. Gasbläschen im Absetzraum sind sichere Zeichen für faulenden Schlamm auf den Rutschflächen oder mangelhaft ausgebildeten Schlammschlitz oder einen zu hohen Schlammspiegel im Faulraum.

Besteht eine Umwälzmöglichkeit, ist der Schlamm aus der Trichterspitze über den Schwimmschlammraum bei gleichzeitiger Benetzung der Schwimmdecke umzupumpen (sehr geruchsintensiv).

Mindestens alle 3 Monate ist der ausgefaulte Schlamm abzulassen, je nach Schlammstand auch früher. Eine Restschlammmenge muss jedoch zur Neueinarbeitung im Faulraum verbleiben. Verstopfungen können durch Wasserspülung (am besten mit Hochdruckspülgerät) gelöst werden.

5.9.2 Kompaktbauweisen

Kompakte Belebungsanlagen in zusammengesetzter Bauweise werden von mehreren Firmen hergestellt und führen verschiedene Namen. Ein Beispiel ist in Bild 5.35 dargestellt.

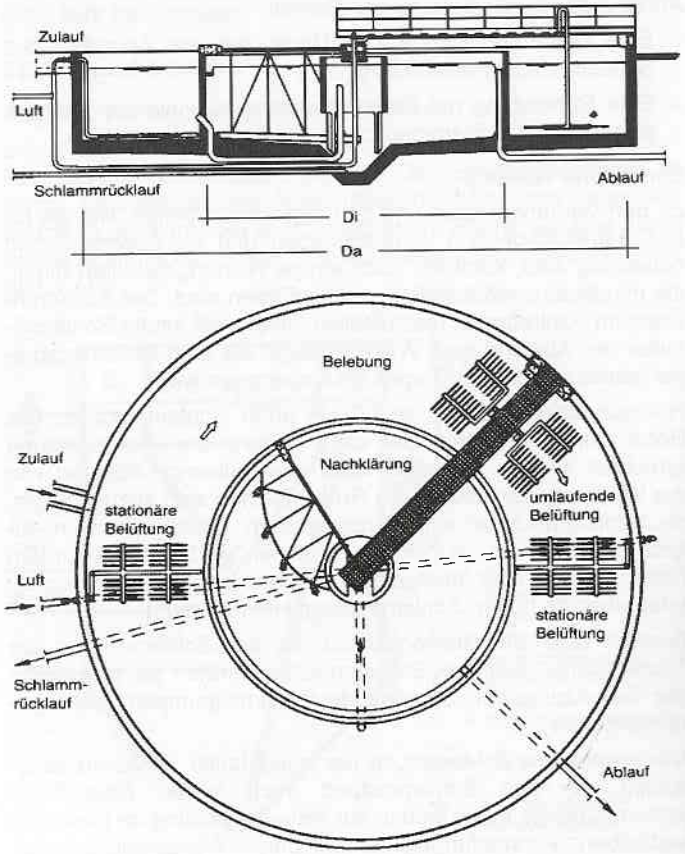


Bild 5.35: Belebungsbecken mit Gegenstrombelüftung

Solche Kompaktanlagen haben meistens keine Vorklärung; sie werden als Belebungsbecken mit gemeinsamer Schlammstabilisierung durch Langzeitbelüftung betrieben. Einzelne Typen haben auch eine getrennte aerobe Schlammstabilisierung. Alle Wartungshinweise für Belebungsanlagen gelten auch hier, d.h. auch diese kleinen Anlagen müssen sorgfältig überwacht und betrieben werden. Die für einen ordnungsgemäßen Betrieb erforderlichen Arbeitsstunden reichen nur dann, wenn bei der Wartung auch die erforderlichen Messungen und Untersuchungen mit berücksichtig werden.

5.9.3 Schreiberklärwerk

In einigen kleineren Gemeinden wurden zur Abwasserreinigung sog. Schreiberklärwerke errichtet. Hierbei handelt es sich um ein kompaktes Bauwerk, das Vorklärung, Pumpwerk, Tropfkörper, Nachklärung und Schlammfaulung vereinigt. Teilweise wurde bei diesem Anlagentyp das Nachklärbecken auch getrennt erstellt.

5.10 Phosphatfällung

Die Phosphatreduzierung ist notwendig zur Verminderung des Nährstoffeintrags ins Gewässer und trägt dadurch zur Verringerung des Pflanzenwachstums bei. Die Mikroorganismen nehmen zwar Phosphor als Nahrung auf (beim Baustoffwechsel) und verringern dadurch schon die Ablaufkonzentration; dies alleine ist jedoch meist nicht ausreichend für die Einhaltung der wasserrechtlichen Werte. Deshalb muss chemisch Phosphat gebunden werden, der nach Absetzen als Schlamm dann aus dem Abwasser entfernt wird.

Durch Zugabe von Eisen- (z. B. $FeSO_4$) oder Aluminium- (z. B. $AlCl_3$) salzen werden die im Abwasser gelösten Phosphate in schwer lösliche Verbindungen übergeführt, die mit dem Schlamm auf Grund der höheren Dichte abgeschieden werden können. Kalk wird ebenfalls zur Fällung eingesetzt, wobei im Wesentlichen die Verschiebung des pH-Wertes in den stark al-

kalischen Bereich die Fällungsreaktion auslöst. Diesen Vorgang bezeichnet man als Phosphatfällung.

Die verschiedenen verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Phosphatfällung sind in Bild 5.36 dargestellt. Bei allen Fällungsverfahren ist davon auszugehen, dass die Schlammmengen um bis zu 20 % zunehmen.

Vorfällung

Wenn das Fällmittel in eine sehr turbulent gemischte Zone im Zufluss zur Vorklärung (evtl. auch in den Sandfang oder eine Vorbelüftung) zugegeben wird, spricht man von Vorfällung.

Nachdem sich die Flocken gebildet haben, setzt sich der Fällungsschlamm zusammen mit den absetzbaren Stoffen in der Vorklärung ab. Gleichzeitig erfolgt mit der Fällmittelzugabe und die dadurch bewirkte Flockenbildung eine bessere Abscheidung feinster Schwebstoffe und auch eine Geruchsverminderung durch H_2S-Bindung. Der Wirkungsgrad der Vorklärung kann auf 40 bis 70 % der organischen Stoffe gesteigert werden. Als Folge wird auch die BSB_5-Verschmutzung so vermindert, dass kein ausgewogenes Nährstoffverhältnis im biologischen Teil für die Stickstoffumsetzung vorhanden sein kann.

Vorteilhaft an der Vorfällung ist, dass außer der Dosiereinrichtung und der Lagertanks (Gefahrstoffdatenblatt beachten!) für das Fällmittel keine weiteren Bauwerke benötigt werden.

Die Investitionskosten sind also gering. Nachteilig ist die Schwierigkeit, die Dosierung des Fällmittels an die stark schwankenden Konzentrationen im Zulauf anzupassen. Außerdem kann je nach Pufferwirkung und Konzentration der übrigen Abwasserinhaltstoffe der Fällmittelverbrauch unwirtschaftlich sein.

Simultanfällung

Bei Dosierung des Fällmittels in das Belebungsbecken – besser in dessen Ablauf – spricht man von Simultanfällung, auch hier ist eine turbulent gemischte Zone notwendig. Die Reaktion des

Fällmittels zur Flockenbildung die zur Phosphatfällung führt, läuft nämlich gleichzeitig mit dem biologischen Abbau der organischen Stoffe im Belebungsbecken ab. Fällungsschlamm und Belebtschlamm werden gemeinsam im Nachklärbecken sedimentiert. Als Ablaufwerte sind Werte < 1,0 mg/l für P_{ges} erreichbar, wenn der Schlammabtrieb < 10 mg/l liegt (5 mg/l abfiltrierbare Stoffe verursachen ca. 0,1 mg/l P_{ges}-Erhöhung).

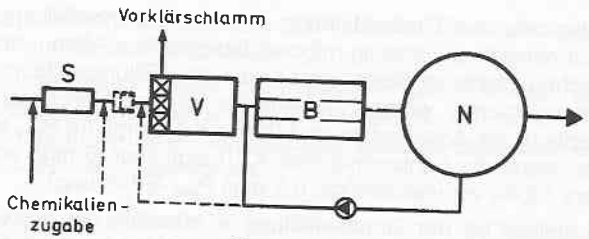
Vorteilhaft bei der Simultanfällung ist ebenfalls die Nutzung der vorhandenen Bauwerke der Kläranlage. Man benötigt also nur Vorratsbehälter, Dosiereinrichtung und Online-Messergebnisse für die optimierte Regelung der Dosierung.

Bei der Beurteilung des Schlammgehaltes ist zu berücksichtigen, dass der anorganische Anteil des Belebtschlammes durch die Fällmittelzugabe ansteigt.

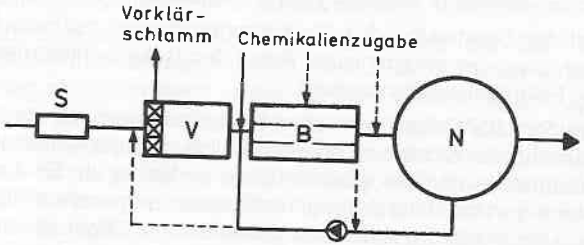
Die Simultanfällung wird sehr häufig angewendet, da die Anpassung der Dosierung an die deutlich geringer schwankenden Ablaufwerte der biologischen Stufe einfacher ist. Es sind P_{ges}-Werte von im Mittel 0,5 mg/l erreichbar. In manchen Fällen hat es sich auch gezeigt, dass fadenförmige Organismen (Blähschlammbildung durch Microthrix parvicella) stark durch Verwendung von aluminiumhaltigen Salzen vermindert werden.

Nachfällung

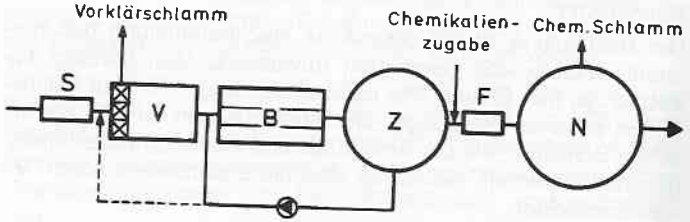
Die Nachfällung ist die chemische Nachbehandlung des mechanisch-biologisch gereinigten Abwassers. Man benötigt zusätzlich zu den Dosier- und Lagereinrichtungen für das Fällmittel ein weiteres Flockungs- und Absetzbecken für den chemischen Schlamm, die der Anlage als besondere Einheiten nachgeschaltet werden. Nachteilig sind die zusätzlichen hohen Investitionskosten.



VORFÄLLUNG



SIMULTANFÄLLUNG



NACHFÄLLUNG

S = Sandfang F = Flockung B = Belebung
Z = Zwischenklärung N = Nachklärung

Bild 5.36: Verfahrensfließbilder der Phosphatfällung

5.11 Natürliche Abwasserbehandlungsverfahren

Aufgabe, Wirkungsweise und Bauformen

Bei den Abwasserteichen wird zwischen Anlagen mit und ohne künstliche Belüftung unterschieden. Daneben gibt es auch Pflanzenkläranlagen. Alle diese Verfahren werden unter dem Begriff „naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren" zusammengefasst. Bei richtiger Bemessung und fachgerechtem Betrieb sind sie in der Lage, das Abwasser fast ganzjährig biologisch zu reinigen. Allen Verfahren der biologischen Abwasserreinigung gemeinsam ist, dass die Reinigungswirkung auch hier durch Bakterien erfolgt.

Abwasserteiche werden häufig durch Zwischenschaltung eines Tropfkörpers oder Tauchkörpers den wasserrechtlichen Anforderungen gerecht. Nach den Bauformen werden natürlich belüftete (unbelüftete) und technisch (künstlich) belüftete Teiche unterschieden. Folgende Verfahren kommen zum Einsatz:

Absetzteiche
für die mechanische Abwasserreinigung, als erstes Becken nur zur Abscheidung der absetzbaren Stoffe aus dem Rohabwasser. Dieses Becken ist immer für die nachfolgend genannten Verfahren notwendig

Unbelüftete (natürlich belüftete) Abwasserteiche
zur biologischen Abwasserreinigung, nach vorgeschaltetem Absetzteich.

Belüftete (technisch belüftete) Abwasserteiche
zur biologischen Abwasserreinigung, mit dem Vorteil des geringeren Platzbedarfs.

Abwasserteiche mit biologischen Reaktoren
z. B. mit zwischengeschalteten Tropfkörpern oder Tauchkörpern zur biologischen Abwasserreinigung.

Schönungsteiche
zur weitergehenden Reinigung nach der biologischen Abwasserreinigung.

Pflanzenkläranlagen
zur biologischen Reinigung oder zur Qualitätsverbesserung biologisch gereinigten Abwassers. Sie kommen meist nur für kleinste Ausbaugrößen in Frage.

Abwasserteiche haben einige Vorteile:
- Die Absetzwirkung ist gut.
- Sie haben ein großes Puffervermögen gegen Zuflussspitzen, z. B. bei Mischwasserzufluss und Konzentrationsstößen.
- Die Baukosten sind wegen der Erdbauweise bei dichtem bindigem Boden niedrig.
- Betriebskosten und Wartungsaufwand liegen weiter unter denen anderer Kläranlagen.
- Eine naturnahe Gestaltung ist möglich.

Nachteilig ist der verhältnismäßig große Flächenbedarf der Teiche. Wenn der Baugrund sehr durchlässig oder der Grundwasserstand hoch ist, entstehen beim Bau aber hohe Kosten. Geruchsbildungen sind nicht ganz auszuschließen. Wenn Schlamm geräumt werden muss, kann das sehr aufwändig sein.

Früher wurde häufig auf Rechenanlage verzichtet; Plastik- und Textilteile auf der Wasseroberfläche oder an den Böschungen waren die Folgen. Dies kann auch bei vorhandenen Tauchwänden meist nicht zu vermeiden werden. Neben dem unschönen Anblick führt dies zur Geruchsentwicklung an. Ebenso stören diese Grobstoffe im Schlamm, wenn dieser landwirtschaftlich verwertet wird. Deshalb sind auch bei naturnahen Abwasseranlagen Rechen erforderlich.

Naturnahe Abwasseranlagen eignen sich vor allem für kleine ländliche Orte (Bild 5.37). Meistens werden mehrere Teiche hintereinander vom Abwasser durchflossen. Der erste ist der Absetzteich. Die nachfolgenden reinigen biologisch und wirken als Oxidationsteiche. Der dort anfallende Schlamm wird durch seine flächenhafte Verteilung sehr weitgehend mineralisiert.

Die DWA hat das Arbeitsblatt A 201 „Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen“ [1] herausgegeben.



Bild 5.37: Abwasserteich

Beim Bau sollte darauf geachtet werden, dass Böschungen, die mehr als einen Meter hoch sind, zweckmäßig in der Nähe des Wasserspiegels mit einer Berme zur Wartungserleichterung unterbrochen werden. Auch bei Abwasserteichen ist ein Wärterraum mit 12 bis 18 m^2 notwendig, damit darin unabhängig vom Wetter die Eintragungen ins Betriebstagebuch vorgenommen werden können. Ein Platz für Laboruntersuchungen sowie eine Waschgelegenheit sind ebenso notwendig, wie die Unterbringung von Geräten. Zur Erleichterung der Aufzeichnungen für die Selbstüberwachung hat der DWA-Landesverband Bayern in Zusammenarbeit mit dem Bayer. Landesamt für Umwelt ein eigenes *Betriebstagebuch für naturnahe Abwasseranlagen* herausgegeben, das auch umfassende Erläuterungen enthält [6].

Manchmal wird angeregt die Teichlinsen (Wasserlinsen, Entengrütze) zu entfernen, die bei Massenauftreten den O_2-Eintrag

stören. Dies ist sehr arbeitsintensiv. Solange nicht die Ablaufqualität so verschlechtert wird, dass sie den Anforderungen nicht mehr entspricht, sollte darauf verzichtet werden. Manchmal helfen Enten; gerichtete Durchströmung durch Einbau von Leitwänden oder „Springbrunnen" sorgen für die Turbulenz zur Verminderung von Teichlinsen. Keinesfalls dürfen die Teichlinsen in das Gewässer abgeleitet werden. Auch die Beseitigung der Eisdecke, die im Winter manchmal den O_2-Eintrag behindert, lohnt sich meistens nicht.

Wenn hier der BSB_5 oder der CSB gemessen wird, müssen die Proben filtriert [15] werden, damit die Schwebstoffe, vorwiegend Plankton-Algen, entfernt werden. Die Algen würden sonst den BSB_5- oder CSB-Wert verfälschen. Die Verfälschung käme vom verstärkten O_2-Verbrauch der Algen. Algengetrübte Proben ergeben deshalb höhere Werte. Der Messfehler, der entsteht, wenn mit den Algen auch andere Schwebstoffe entfernt werden, ist bei Abwasserteichen so klein, dass er vernachlässigt werden kann.

Generell ist festzustellen, dass die Unterhaltung der Grasflächen bei Abwasserteichen meistens die größte Wartungsarbeit verursacht.

5.11.1 *Abwasserteiche ohne technische Belüftung*

Diesen natürlich belüfteten, man sagt auch unbelüftete Teichen, geht ein Absetzteich (Bild 5.38) voraus, der mit 0,5 m^3/E und einer Wassertiefe von 2 bis 3 m bemessen wird. Bei Mischverfahren kann im Absetzteich auch ein Aufstauraum vorgesehen werden, der die Aufgabe eines Regenbeckens übernimmt.

Im Absetzteich wird die Fließgeschwindigkeit so verlangsamt, dass die absetzbaren Stoffe auf die Beckensohle sinken. Der abgesetzte Bodenschlamm fault unter dem darüber wegziehenden Abwasser ohne Trennung zwischen Absetzvorgang und Faulung (siehe Schlammfaulung).

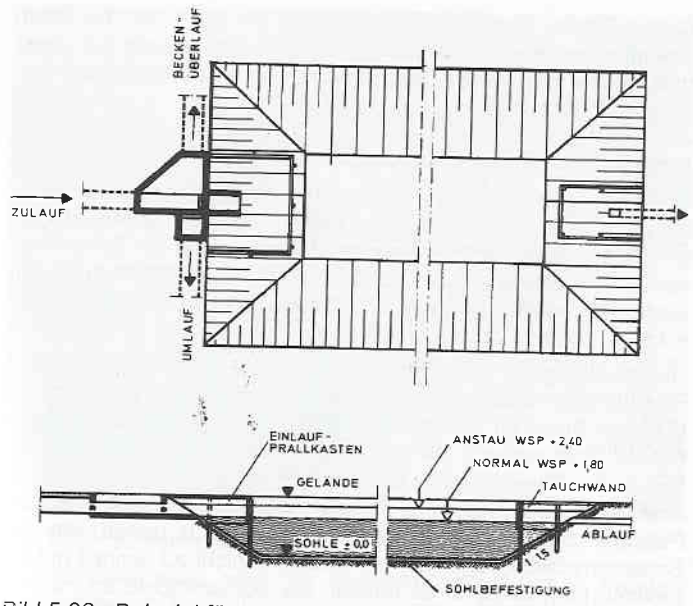


Bild 5.38: Beispiel für einen Absetzteich

Aufsteigendes Gas der Schlammfaulung reißt oft Schlammteilchen mit nach oben und es bildet sich eine dünne Schwimmschlammschicht, die den Betrieb im Gegensatz zu anderen Kläranlagen nicht stört. Schwimmstoffe werden durch die Tauchwände zurückgehalten. Zwischen Tauchwand und Ablauf ins Gewässer darf kein Schwimmschlamm verbleiben, er verschlechtert die Qualität. Während also im Absetzteich hauptsächlich eine mechanische Klärung stattfindet, werden die gelösten Stoffe und Schwebstoffe im zweiten Teich, unter aeroben Verhältnissen von Bakterien abgebaut. Der hierzu notwendige Sauerstoff wird durch die Wasseroberfläche und Wasserpflanzen, wozu auch Algen gehören, eingetragen.

Dieser unbelüftete Teich wird mit etwa 10 m^2/E bei Nutztiefen von 1,0 bis 1,5 m wesentlich größer. Hauptanwendungsbereich

dieser Teiche liegt bei Ausbaugrößen bis zu 1 000 E. Wenn Teichflächen über 3 000 m^2 notwendig sind, werden sie meistens in mehrere Teiche untergliedert. Die Aufenthaltszeiten betragen 20 bis 30 Tage.

Betrieb und Wartung

Wenigstens 3- bis 4mal wöchentlich sind Abwasserteiche nachzusehen. Ein- bis zweimal wöchentlich und nach jedem stärkeren Regen sind die erforderlichen Eintragungen ins Betriebstagebuch [6] vorzunehmen. BSB_5-, CSB- und NH_4-N-Analysen werden oft vom Personal benachbarter Kläranlagen übernommen.

Die Messung des Schlammstandes genügt vierteljährlich. Dabei wird die Wassertiefe bis zum Schlamm möglichst immer an der gleichen Stelle im vorderen Drittel der Becken bestimmt. Dazu benützt man einen 3 bis 4 m langen Stab, an dessen unterem Ende eine Scheibe mit ~ Ø 20 cm befestigt ist. Von dort nach oben wird jeder Dezimeter gekennzeichnet. Mit einem solchen Peilstab (Schlammtaster) spürt man ziemlich genau, wo die Schlammschicht beginnt, wenn man ihn nicht zu schnell hinunterlässt. Manchmal ist es besser, die Schlammtiefe an mehreren Stellen zu messen und das Mittel zu errechnen. Ein Bedienungssteg mit Geländer ist dafür notwendig - Unfallverhütungsvorschriften beachten!

Einmal wöchentlich sind Regenüberläufe, Schächte, Rinnen und Überlaufkanten zu säubern und Schwimmschlamm zwischen Tauchwand und Ablaufrinne abzuschöpfen.

Schlammräumung

Wenn die Messung des Schlammstandes im Absetzteich ergibt, dass etwa ein Viertel der Nutztiefe vom Boden bis zum Wasserspiegel voll Schlamm ist, muss geräumt werden. Am besten erfolgt die Räumung von August bis November.



Bild 5.39: Schlammräumung

Vor der Räumung wird der Abwasserzulauf in den zweiten Teich geleitet. Das über dem Schlamm stehende Abwasser wird aus dem zu räumenden Absetzteich in den zweiten Teich gepumpt. Das Überpumpen muss langsam, z. B. auf ein bis zwei Tage verteilt, erfolgen, um den anderen Teich nicht übermäßig zu belasten.

Der verbleibende, meist ziemlich flüssige Schlamm wird abgesaugt. Dies kann durch die bekannten Fäkalien-Saugwagen erfolgen. Gut bewährt haben sich dafür auch die Saugwagen, wie sie in der Landwirtschaft (Vakuumfass-Anhänger, Bild 5.40) eingesetzt werden. Auch Exzenterschnecken-, Gülle- oder Membranpumpen sind geeignet. Verschiedentlich werden kleine Moorraupenfahrzeuge mit breiter Ladeschaufel verwendet.



Bild 5.40: Vakuumfass

Der zähe Restschlamm muss manchmal mit Wasser flüssig gemacht werden, an ungünstigen Stellen ist mit einem Schaber nachzuhelfen. Möglich ist es auch, gleich den Schlamm mit Saugwagen unter Wasser abzuziehen. Meist wird aber bei dieser Methode auch sehr viel Abwasser mit abgesaugt.

Eine Restschlammschicht von 5 bis 10 cm Dicke muss immer auf der Teichsohle verbleiben, um das Neueinarbeiten der Faulung zu erleichtern. Der Sand am Einlauf kann auch unter Wasser mit einem kleinen Greifbagger herausgeholt werden. Vorsicht: Dichtung am Boden und an den Böschungen nicht zerstören. Wenn keine Felder zur Schlammverwertung zur Verfügung stehen, ist der Schlamm in einen Stapelraum zu bringen, wo er trocknen kann, bis er stichfest oder krümelig wird um dann abgefahren zu werden. Da das Abpumpen des überstehenden Wassers auf einen längeren Zeitraum verteilt werden muss, dauert die Schlammräumaktion oft mehrere Tage.

5.11.2 Abwasserteiche mit technischer Belüftung

Technisch belüftete Teiche haben den Vorteil, dass sie nur etwa ein Viertel der Fläche benötigen, wie sie für natürlich belüftete Teiche notwendig wäre. Die künstliche Belüftung wird auch

bei größeren Anlagen eingesetzt. Natürlich ist der Unterhaltungsaufwand bei dieser Technik höher, er ist aber geringer als bei konventionellen Anlagen. Andererseits kann der Betrieb durch Steuerung der Luftzufuhr (Sauerstoffgehalt) an geänderte Betriebsbedingungen angepasst werden. Kurzzeitige Schwankungen in Menge, Konzentration und Zusammensetzung haben wegen des großen Inhaltes nur geringe Auswirkung auf Betrieb und Reinigungswirkung. Belüftete Abwasserteiche haben sich auch bei stoßweisem Anfall von organisch hochbelastetem Abwasser aus Brauereien, Brennereien, Molkereien usw. bewährt. Die Bauweise ist ähnlich derjenigen der unbelüfteten Teiche, jedoch werden zur besseren Umwälzung und Sauerstoffausnutzung Wassertiefen von ca. 2,50 bis 3,00 m bevorzugt. Im Bereich des Wasserspiegels ist ein Wellenschutz aus Faschinen, Bachbettfolie oder Betonplatten zweckmäßig. Je nach Belüftungseinrichtung ist auch im Bereich hoher Turbulenz eine Befestigung von Sohle und Böschung notwendig.

Zur Belüftung haben sich schwimmende Belüfterketten bewährt, die im Wasser langsam hin- und herpendeln und an denen Belüftungskerzen hängen (Bild 5.41). Zur Belüftung von Teichen eignen sich auch Strahlbelüfter oder Tauchbelüfter.

Wenn durch eine gezielte Schlammrückführung ein entsprechendes Schlammvolumen im belüfteten Teich erreicht werden soll, geht der Vorteil des einfachen und sicheren Betriebes wieder verloren. Dann muss diese Teichanlage nach den Vorgaben einer Langzeitbelebungsanlage betrieben werden.

Mehrere in Serie geschaltete Teiche erhöhen die Betriebssicherheit. Das Nachschalten unbelüfteter Nachklärteiche (Schönungsteiche) führt meist zu einer besseren Ablaufqualität.

Die Wartungsarbeit entspricht der bei natürlich belüfteten Abwasserteichen. Zusätzlich muss die Belüftungseinrichtung nach Vorschrift des Herstellers regelmäßig kontrolliert und gewartet werden. Hinsichtlich der messtechnischen Selbstüberwachung gelten ähnliche Anforderungen wie an eine Belebungsanlage. Deshalb ist auch hier ein Wärterraum mit Laboreinrichtung, Kleiderspind und Waschgelegenheit notwendig.



Bild 5.41: Teichanlage mit Belüfterketten

Je nach Betriebsart müssen auch die technisch belüfteten Teiche regelmäßig entschlammt werden. Zu Schlammentnahme und Verwertung des Schlammes siehe Hinweise bei den natürlich belüfteten Teichen.

5.11.3 Abwasserteiche mit biologischen Reaktoren

Abwasserteiche mit zwischengeschalteten Tropfkörpern, Rotationstauchkörpern mit kleinen Nachklärbecken oder ähnlichen Verfahren als biologische Stufe, werden meist bei beengten Platzverhältnissen, bei klimatisch ungünstigen Gebieten oder bei größerem Anteil an gewerblichen Abwässern gebaut.

Absetzteich und Nachklärteich bleiben dabei als einfache Teichanlagen erhalten. Die Bemessung der biologischen Reaktoren erfolgt wie bei herkömmlichen Verfahren. Bei der Dimensionierung der Maschinen und beim Betrieb der meist kleineren Kläranlagen ist auf die oft sehr geringen Zuflüsse zu achten.

5.11.4 Schönungsteiche

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Teichen, sind Schönungsteiche keine selbständigen Kläranlagen, sondern werden konventionellen Kläranlagen zur Verbesserung der Reinigungswirkung nachgeschaltet. Sie werden nur mit biologisch gereinigtem Abwasser beschickt. Sie sind etwa 1 m tief und werden für 1 bis 5 Tage Aufenthaltszeit bemessen. Sie haben den Vorteil, dass Konzentrationsspitzen, die im Ablauf von Kläranlagen oft durchschlagen, weitgehend abgepuffert werden und dadurch die Ablaufkonzentrationen niedriger werden. Wartungsarbeit fällt außer der Unterhaltung der Grasflächen und dem Entfernen von Wasserlinsen kaum an. Schlamm wird nur in vieljährigen Abständen geräumt.

5.11.5 Pflanzenkläranlagen

Ein weiteres Reinigungsverfahren sind Pflanzenkläranlagen. Diese Anlagen werden sehr unterschiedlich bewertet. Die Berichte über Betriebserfahrungen und Kosten sind sehr widersprüchlich. Die Anlagen haben sich jedoch so weit bewährt; dass sie für kleine Einheiten eingesetzt werden können. Auch werden unterschiedliche Begriffe verwendet.

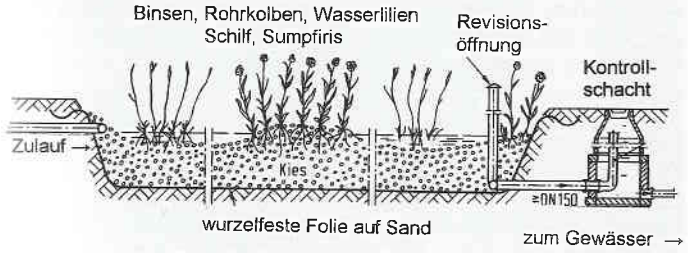


Bild 5.42: Pflanzenkläranlage

Sinnvoll erscheint folgende Zuordnung:

Pflanzenkläranlage (Bild 5.42) ist der Oberbegriff für Anlagen mit einem Bodenkörper, der mit ausgewählten Sumpfpflanzen

besetzt ist. Das Abwasser wird durch oder über diesen Bodenkörper geleitet.

Wurzelraumanlage, bewachsener Bodenfilter, Schilf-Binsen-*Kläranlage, hydrobotanische Stufe* usw. sind Bezeichnungen für bestimmte Verfahrensvarianten.

Dabei wird durch die Pflanzenwurzeln Sauerstoff und andere Wurzelausscheidungen in den abwassergesättigten Boden eingetragen. Der Sauerstoffeintrag ermöglicht es, dass neben den anaeroben gleichzeitig auch aerobe Abbauprozesse ablaufen. Von den übrigen Wurzelausscheidungen wird erwartet, dass sie sich am Umwandlungsprozess der organischen Substanzen beteiligen, pathogene Keime eliminieren oder Schwermetalle aufnehmen. Nährstoffe im Abwasser werden von den Pflanzen aufgenommen.

In jedem Fall ist eine vorhergehende wirkungsvolle Grobstoffentfernung und Grobentschlammung in Form von Absetzbecken notwendig. Plastikteile oder andere Grobstoffe haben auf Pflanzenbeeten nichts zu suchen.

Auch bei technischen Abwasserreinigungsanlagen bietet sich bei naturnaher Gestaltung die Verwendung von Sumpfpflanzen an. Immer häufiger ist zu beobachten, dass im Ablaufbereich von Teichen bewachsene Flachwasserzonen mit Sumpfpflanzen sind. Bei der Wartung ist zu beachten, dass der Aufwuchs regelmäßig geschnitten werden muss. [19]

Wirkungsweise

In *horizontal durchströmten Pflanzenbeeten* wird das Abwasser im Anschluss einer Mehrkammergrube zum Absetzen über eine Einlaufkulisse in das Pflanzenbeet eingeleitet. Das Abwasser durchströmt den bewachsenen Bodenfilter und folgt dabei dem natürlichen Sickerweg. Die Sickerlinie verläuft annähernd horizontal. Am Ende des Pflanzenbeetes wird das Abwasser gesammelt und in ein Gewässer eingeleitet.

Bei *vertikal durchströmten Pflanzenbeeten* wird die gesamte Beetoberfläche mit einem Abwasserschwall beaufschlagt und

sickert vertikal zur Sohle des Bodenfilters. Hier wird das Abwasser in Sammelleitungen gefasst und in ein Gewässer eingeleitet. Durch den intermittierenden vertikalen Sickervorgang des Abwassers wird der Porenraum des Bodenfilters immer wieder mit Luft gefüllt.

In den Pflanzenbeeten bildet sich ein Biofilm aus (sessilen) Mikroorganismen, durch die eine biologische Behandlung des Abwassers erfolgt. Mit der Bodenpassage wird das Abwasser aber auch durch physikalische und chemische Filterwirkungen, z. B. durch Adhäsion, das Aneinanderhaften zweier verschiedener Stoffe, und Adsorption, das Anlagern von gelösten Stoffen an der Oberfläche eines festen Stoffes, gereinigt.



Bild 5.43: Pflanzenbeete

Eingesetzte Pflanzen treiben im Bodenfilter Wurzeln. Die Durchwurzelung des Pflanzenbeetes soll einer Verstopfung des Porenraumes entgegenwirken. Gleichzeitig steht die Oberfläche der Pflanzenwurzeln den sessilen Mikroorganismen als Ansied-

lungsfläche zur Verfügung. Schilfpflanzen sind besonders gut geeignet, in Pflanzenbeeten eingesetzt zu werden. Sie sind den Bedingungen des Abwassermilieus optimal angepasst. In unmittelbarer Umgebung ihrer Feinwurzeln und Rhizomenspitzen (Wurzelspitzen) wurden kleine aerobe Zonen durch Sauerstoffeintrag über die Wurzeln beobachtet, die den biologischen Reinigungsvorgängen förderlich sein können.

5.12 Weitergehende Abwasserreinigung

Der Begriff der weitergehenden Abwasserbehandlung ist nicht klar bestimmt und ändert sich mit der Entwicklung der Abwassertechnik. Früher wurden die Phosphatfällung als 3. Reinigungsstufe ebenso wie die Stickstoff-Oxidation als weitergehende Abwasserbehandlung angesehen. Mit der wasserrechtlichen Notwendigkeit, diese Verfahrenstechnik auf vielen Kläranlagen anzuwenden, gehört sie zum Standard der Abwasserbehandlung gehört.

Alle Verfahren, die – im kommunalen Bereich – über die Anforderungswerte der Abwasserverordnung hinausgehenden Abbau bei Vollauslastung erbringen, zählen zur weitergehenden Abwasserbehandlung.

Verfahren der Flockungsfiltration zur Phosphatfällung werden der weitergehenden Abwasserreinigung zugerechnet. Gleiches gilt für die Mikrosiebung, Sandfilteranlagen, Abwasserentkeimung, Aktivkohlefiltration und Umkehrosmose. Die letztgenannten Verfahren werden auf kommunalen Kläranlagen, von Ausnahmen abgesehen, nicht angewendet, da sie in den Bereich der Vorbehandlung konzentrierter Abwässer oder Abwasserteilströme gehören. Sie werden hier nicht behandelt. Auch die Anwendung der Flockungsfiltration ist noch die Ausnahme.



Bild 5.44: UV-Entkeimung

Um die Anforderungen der europäischen Badegewässerrichtlinie in hygienischer Hinsicht zu erreichen, werden vermehrt UV-Entkeimungsanlagen während der Badesaison betrieben (Bild 5.44). Notwendig ist dann eine vorgeschaltete Sandfilteranlage.

6 Reststoffe aus Abwasseranlagen

6.1 Herkunft der Reststoffe

Fast in allen Einrichtungen zur Abwasserableitung und Abwasserbehandlung fallen Reststoffe an (Bild 6.1).

Bei der Kanalisation gehört hierzu das Räumgut aus den Straßensinkkästen, das sehr unterschiedlich zusammengesetzt ist. Auch Ablagerungen aus den Kanälen, Regenbecken oder Pumpensümpfen sind Reststoffe. Ferner gehören Fett, Öl und Benzin von Leichtstoffabscheidern aus der Grundstücksentwässerung dazu.

Schließlich fallen in Kläranlagen das Rechen- oder Siebgut sowie das Räumgut aus Sandfängen an. Auch Schwimmstoffe und Fett aus den Kammern belüfteter Sandfänge sind Reststoffe die entsorgt werden müssen. Bleibt noch der große Bereich des Klärschlammes übrig, der in den verschiedensten Konzentrationen und Eigenschaften in einer Kläranlage entsteht und dessen Verwertung i.d.R. die schwierigste Aufgabe ist.

Sobald diese Stoffe die Kläranlage verlassen, sind die genannten Stoffe nach dem Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG), „überwachungsbedürftige Abfälle". Sie unterliegen damit den im Zusammenhang mit dem KrW-/AbfG erlassenen Rechtsvorschriften.

Nach dem KrW-/AbfG sind Abfälle in erster Linie zu vermeiden (§ 4 Abs. 1, Ziff. 1 KrW-/AbfG). Im Fall der Abwasserreinigung ist das nur in geringem Maße möglich, was die Feststoffe angeht. Aber man kann (und macht das ja auch) das Volumen vermindern: Durch Entwässerung und vor der Entwässerung durch Verminderung der organischen Anteile (Rechen- und Sandfanggut durch Waschung, Schlamm durch Faulung).

In zweiter Linie sind Abfälle stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen (§ 4 Abs. 1, Ziff. 2 KrW-/AbfG),

das heißt also:

Verwertung im Landschaftsbau / in der Landwirtschaft

oder

Verbrennung mit Energienutzung und Ascheverwertung.

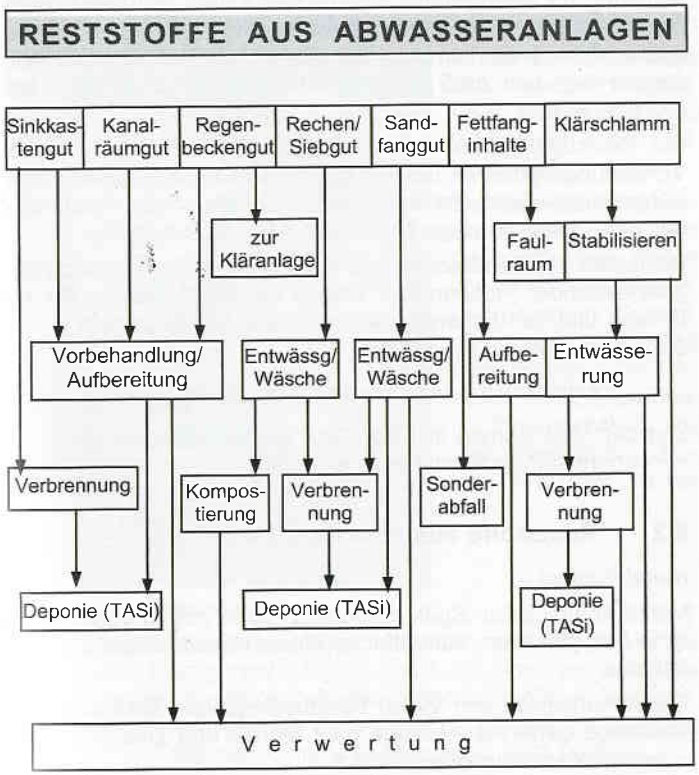


Bild. 6.1: Reststoffe aus Abwasseranlagen

Erst wenn diese Möglichkeiten der Verwertung erschöpft sind, sind Abfälle dauerhaft von der Kreislaufwirtschaft auszuschließen und zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit zu beseitigen (§ 10 Abs. 1 KrW-/AbfG).

Unter Beseitigung ist die Verbrennung bzw. thermische Behandlung zur Senkung des organischen Anteils im Klärschlamm unter 5 % zu verstehen. Zur Deponierung bleibt nur noch die Asche. Dies entspricht den Vorgaben der TA-Siedlungsabfall, die seit dem Jahr 2005 den organischen Anteil von Abfällen auf 5 % begrenzt.

Die Reststoffe lassen sich mit bewährten Behandlungs- und Verwertungsverfahren umweltgerecht entsorgen. Gemeinsame Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten aller Reststoffe aus der Abwasseranlage sollten dabei bevorzugt werden.

Reststoffe aus Kanalisation und Kläranlage sind ein nicht zu unterschätzender Problemstoff. Wegen der Restbelastung für die Umwelt und den hohen Kosten gilt daher wie allgemein in der Abfallwirtschaft der Grundsatz:

Verwertung ist besser als Beseitigung.

Ziel der Maßnahmen in einer Abwasseranlage sollte es sein, verwertungsfähige Produkte zu erzeugen.

6.2 Reststoffe aus dem Kanalnetz

Kanalräumgut

Mittels kombinierten Spül-, Saugfahrzeugen gibt es gute technische Möglichkeiten, auf einfache Weise Kanalräumgut zu entnehmen.

Die Abhängigkeit von vielen Randbedingungen lässt eine zuverlässige generelle Aussage über Menge und Zusammensetzung des Kanalräumgutes nicht zu.

Gemäß den Anforderungen der TASi ist eine Deponierung dieser Rückstände ohne eine entsprechende Vorbehandlung des

entwässerten Materials nicht zulässig. Auf dieser Grundlage wurden Verfahren zur Aufbereitung von Rückständen aus der Kanalreinigung entwickelt. Dies sind zum einen Räumgutwaschanlagen und zum anderen Sandrecyclinganlagen.

Sinkkasteninhalte

Die mit den Niederschlägen abgeschwemmten Feststoffe werden in den Straßensinkkästen zurückgehalten. I.d.R. sollten die Eimer 2 bis 3mal jährlich geleert werden.



Bild 6.2: Sinkkasteninhalt

Bei den Rückständen handelt es sich um Grobstoffe wie Abrieb von Straßenfahrzeugen (Bitumen, Gummireifen), Splitt, Laub und Bodenmaterial. In Ortszentren sind auch häufig Straßenabfälle, wie Zigarettenkippen, Dosen und Tüten zu finden.

Die Sinkkastenreinigung erfolgt mittels Spezialfahrzeugen; üblich ist eine Reinigungshäufigkeit von 1 bis 3-mal pro Jahr. Die Inhalte werden meistens in Müllverbrennungsanlagen beseitigt. Wegen der hohen Gehalte an organischen Stoffen ist eine Ablagerung auf Deponien ohne Vorbehandlung nicht zulässig.

Regenbeckenräumgut

Je nach Entwässerungsverfahren ist die Verschmutzung des Abwassers bei Regen sehr unterschiedlich. Gelangt das Ab-

wasser in ein Regenbecken, vermindert sich die Fließgeschwindigkeit so, dass die bisher in Bewegung gehaltenen absetzbaren Stoffe zu Boden sinken. Zunächst mineralische Grobstoffe wie Kies, Sand und Straßenabrieb, dann die leichteren organischen Partikel. Es bildet sich am Beckenboden eine unterschiedlich dicke Schlammschicht.

In aller Regel wird der Schlamm nicht aus dem Regenbecken entnommen, sondern mit dem Abwasserstrom zur Kläranlage geschickt. Moderne Regenbecken verfügen über automatische Spülvorrichtungen; ältere Regenbecken müssen teilweise nach jedem Regen von Hand gereinigt werden. Die Eigenschaften dieses Abfallstoffes (Mischwasserkanal) entsprechen grundsätzlich jenen des Kanalräumguts. Es bestehen allerdings große Unterschiede in der Zusammensetzung, je nach Dauer, Intensität und Vorgeschichte des Niederschlagsereignisses.

Werden ausnahmsweise aus Regenbecken die Sedimente entnommen, so sind sie zur Kläranlage zu fahren und dort in die Schlammbehandlung einzuschleusen.

Ablagerungen aus Pumpwerken

Abhängig von der konstruktiven Gestaltung des Pumpensumpfes und der Leistungsfähigkeit der Pumpe kann es im Einlaufbereich zu störenden Ablagerungen kommen, die entfernt werden müssen. Die Eigenschaften dieser Reststoffe entsprechen denen des Regenbeckengutes.

6.3 Reststoffe aus der Kläranlage

Rechengut, Siebgut

Das Rechen- und Siebgut ist vielfach fehlgeleiteter Hausmüll. Es besteht im Wesentlichen aus Fäkalien, Papier, Hygieneartikeln, Kunststoffen, Zigarettenfiltern und Straßenabfällen. Es sind organische und anorganische Anteile, wobei das Verhältnis etwa konstant bleibt bei unterschiedlichen Durchgangsweiten des Rechen/Siebes. Das Räumgut setzt sich wie folgt zusammen:

- Glühverlust > 90 Gew. % des TR
- Sand- und Tonanteil ca. 70 %
- Fettgehalt 0,1 bis 2,0 % des TR
- spez. Rechengutanfall 5 bis 15 l/(E · a) bei 15 mm Durchlassweite, Steigerung bis auf das 4-fache bei Feinstrechen
- TR-Gehalt 8 % (ungepresst) bis 50 % (gepresst).



Bild 6.3: Rechengutanfall

Die organischen Bestandteile werden, insbesondere bei warmem Wetter, leicht zersetzt. Dadurch kommt es zu Geruchsbelästigungen. Außerdem wird Ungeziefer angezogen. Aus diesen Gründen ist eine schnelle und sorgfältige Behandlung des Rechengutes erforderlich. Bewährt hat sich eine Zwischenlagerung in geschlossenen Behältern, die zur weiteren Verwertung gebracht werden können.

Zur Senkung von Transportvolumen und Einsparung von weiteren Behandlungsgebühren ist daher – soweit noch nicht vorhanden – auf Dauer eine Rechengutentwässerung zweckmä-

ßig. Üblich sind hydraulische Kolbenpressen, Walzenpressen oder Schneckenpressen.

Mit zunehmender Entnahmemenge von feinsten Teilchen durch kleinere Stababstände werden aber auch die organischen Anteile im Rechengut immer höher. Dies ist in mehrfacher Hinsicht unerwünscht:

- leicht verfügbare Biomasse (Substrat) geht dem weiteren Reinigungsprozess verloren,
- der Rechengutanfall wird deutlich größer,
- die Geruchsprobleme steigen, Ungeziefer nimmt zu.

Bei der Rechengutentwässerung wird zwar durch den Pressdruck mit dem Wasser auch ein gewisser Anteil an organischer Masse ausgeschwemmt (insbesondere Fäkalstoffe), doch der weitaus größere Teil bleibt an den Grobstoffen haften. Abhilfe schafft hier eine *Rechengutwäsche* vor oder während des Pressvorganges. Auf diese Weise kann der organische Anteil im Rechengut deutlich vermindert werden (Bild 6.4).



Bild 6.4: Rechengut nach der Wäsche

Das gewaschene Rechengut lässt sich besser entwässern, das organische Material wird wieder dem Abwasserreinigungsprozess zugeführt. Entsprechende Waschanlagen werden mit Erfolg eingesetzt. Wichtig ist dabei eine möglichst schonende Wäsche, damit nicht unnötig viele Faserstoffe des übrigen Rechengutes mit ausgewaschen werden.

Eine leichtere Entsorgung des Rechengutes wird durch die Wäsche nicht erreicht, da der organische Anteil im Trockenrückstand durch Papieranteil immer noch deutlich über 5 % liegt. Eine ökologische Variante stellt die Kompostierung dar. Abhängig vom Entwässerungsgrad und seiner Zusammensetzung hat Rechengut einen guten Heizwert, so dass auch eine energetische Verwertung möglich ist.

Vielfach haben sich Rechengutpressen in Verbindung mit Vorrichtungen zum Abpacken in Säcken bewährt (6.5).



Bild 6.5: Hygienische Verpackung

Sandfanggut

Sand gelangt überwiegend aus Straßenabläufen in die Abwasserbehandlungsanlage. Zum Schutz und störungsfreien Betrieb der einzelnen Reinigungsschritte, muss der Sand aus dem Abwasserstrom entfernt werden. Sandfanggut enthält neben Sand auch Bestandteile (Glas, Fäkalien, Speisereste), die im Rechen nicht zurückgehalten wurden. Es lässt sich beschreiben:

- Heterogenes Stoffgemisch mit 40 % TR
- Glühverlust 10 bis 50 % TR
- Spez. Sandfanganfall 2 bis 5 l/(E · a)
- Anfall bezogen auf die Abwassermenge ca. 6 l/1 000 m³ Abwasser

Das durch Pumpen (meist Drucklufttheber) aus dem Sandfang geförderte Räumgut enthält je nach Bauart des Sandfanges eine Mischung aus Wasser, Sand mit mehr oder weniger organischen Partikeln und Schlammstoffen. Daher sind zur Auswaschung der organischen Stoffe und zur Trennung von Sand und Wasser zusätzliche Einrichtungen erforderlich. Als zweckmäßig haben sich Klassierer zur Fest-/ Flüssigtrennung erwiesen. Stellenweise sind auch Hydrozyklone im Gebrauch.

Mit Sandwaschanlagen ist eine weitgehende Entfernung von organischen Stoffen möglich. Die Sandgutbeseitigung über die geordnete Ablagerung auf Hausmülldeponien ist nur möglich, wenn er weitgehend frei von organischen Stoffen ist. Bei größeren Kläranlagen kann es sinnvoll sein, den Sand soweit aufzubereiten, dass er z. B. für Kanalbaumaßnahmen wieder verwendet werden kann.

Fett, Schwimmstoffe, Mineralöl

Fett fällt sowohl bei der Grundstücksentwässerung als auch in den Fettkammern belüfteter Sandfänge zusammen mit sonstigen Schwimmstoffen an. Bei kommunalen Kläranlagen ist mit einer Menge von täglich ~ 1l/1 000EW zu rechnen. Bei Anlagen mit Faulbehältern ist dort die Zugabe möglich (Co-Vergärung). Zu beachten ist auch, dass Mineralöl die Faulung stört und daher unbedingt als Sondermüll beseitigt werden muss.



Bild 6.6: Fett im Belebungsbecken

Vielfach enthalten Schwimmschlamm und Fett Grobstoffe, die durch den Rechen (Vorteile bei Filterstufenrechen und Sieben) hindurch getrieben wurden. Deswegen kann vor der Zugabe in den Faulbehälter eine Siebung erforderlich sein, um die Einrichtungen zur Schlammbehandlung zu schützen.

6.4 Klärschlamm

6.4.1 Schlammarten

Der größte Teil der Reststoffe, die bei der Reinigung aus dem Abwasser entfernt werden, fällt als Schlamm an. Dies geschieht an verschiedenen Stellen sowie in unterschiedlicher Art und Menge, je nachdem ob mechanisch-physikalische, biologische, biochemische oder chemische Vorgänge vorausgegangen sind.

Je nach Herkunft, Beschaffenheit oder Betriebszustand werden die Schlämme verschiedenartig bezeichnet.

Klärschlamm ist der bei der Behandlung von Abwasser anfallende Schlamm, auch wenn er entwässert oder getrocknet wurde, ohne Aussage über Herkunft und Art.

Rohschlamm ist Schlamm aus einer Abwasserbehandlungsanlage ohne vorherige Behandlung. Er neigt zu saurer Gärung und Geruchsbildung.

Vorklärschlamm (Primärschlamm) ist der sich in der Vorklärung absetzende Schlamm. Er enthält meist auch gröbere Teilchen von Fäkalien, Gemüse, Obst, Textilien, Papier usw. und ist dickbreiig. Er hat einen hohen Anteil an organischen Feststoffen. Sein Wasseranteil liegt zwischen 93 % und 97 %.

Nachklärschlamm (Sekundärschlamm) ist Schlamm aus der Nachklärung. Er ist gleichförmiger (homogener) und flockiger als Vorklärschlamm. Er setzt sich langsamer ab und lässt sich nicht so leicht eindicken. Sein Wasseranteil liegt zwischen 97 % und 99 %.

Tertiärschlamm ist Fällungsschlamm der entsteht, wenn durch Zugabe von chemischen Zuschlagsstoffen bestimmte Stoffe ausgefällt werden (z. B. zur Phosphatentnahme).

Schwimmschlamm ist die sich manchmal auf Absetzbecken und Belebungsbecken bildende Schwimmschicht. In Absetzbecken oder Teichen sind das oft auftreibende Fladen von Bodenschlamm, dem kleine Gasbläschen oder Fettteilchen anhaften.

Belebtschlamm besteht aus Bakterienflocken, die in den Belebungsbecken Abwasserinhaltsstoffe ab- und umbauen. Es sind vorwiegend anhaftende aerobe Mikroorganismen von flockiger Struktur, ohne gröbere Stoffe. Sein Wasseranteil liegt über 99,0 %.

Rücklaufschlamm setzt sich in der Nachklärung ab und wird von dort in das Belebungsbecken zurückgepumpt, um die Bakteriendichte aufrecht zu erhalten.

Überschussschlamm ist ein Teil des Rücklaufschlammes (Größenordnung 10 %), der nicht in die Belebung zurückgeführt,

sondern direkt oder über die Vorklärung der Schlammbehandlung zugeführt wird. Der aus einem Tropfkörper abgespülte biologische Rasen ist dem Überschussschlamm gleichzusetzen.

Blähschlamm ist ein Belebtschlamm, der sich in der Nachklärung schwer absetzt. Das übermäßige Volumen des Schlammes entsteht durch eine starke Entwicklung von Fadenbakterien. Der Blähschlamm hat bei hohem Schlammvolumen nur wenig Trockensubstanz und damit einen hohen Schlammindex > 150 ml/gTS.

Faulschlamm ist ausgefaulter Schlamm, der in Faulbehältern anaerob – ohne Luftzufuhr – behandelt wurde.

Stabilisierter Schlamm ist so behandelt, dass die organischen Inhaltsstoffe weitgehend verringert wurden. Er fault nicht mehr geruchsbildend weiter. Anaerob stabilisierter Schlamm wurde in einem Faulraum ohne Anwesenheit von Luftsauerstoff behandelt. Aerob stabilisierter Schlamm dagegen wird durch Belüftung behandelt. Ausgefaulter Schlamm hat einen Wasseranteil von 92 % bis 97 %, aerob stabilisierter Schlamm 96 % bis 98 %.

Impfschlamm ist Schlamm, der zur Erleichterung und/oder Intensivierung biologischer Prozesse, z. B. Schlammfaulung, zugegeben wird.

Nassschlamm ist der aus einem Faulraum oder einer aeroben Stabilisierung abgezogener Schlamm, bevor er weiter behandelt wird.

Bei der weiteren Behandlung wird zwischen *eingedicktem, entwässertem und getrocknetem* Schlamm unterschieden. Eingedickter Schlamm kommt aus Eindickern. Entwässerter Schlamm entsteht nach ausreichender Lagerung in Stapelräumen, wenn er annähernd stichfest geworden ist. Er ist noch plastisch und schmierend. Sein Wasseranteil liegt bei 70 % bis 80 %. Wird der Schlamm maschinell entwässert, ist der Wasseranteil meist niedriger. Von getrocknetem Schlamm wird gesprochen, wenn er maschinell oder thermisch so behandelt wurde, dass er krümelig bis streufähig ist und einen Wasseranteil < 50 % hat.

Um Missverständnisse bei einigen im Umgang mit Schlamm häufig vorkommenden Begriffen, z. B. Trockensubstanz, Feststoffgehalt oder Wasseranteil zu vermeiden, wird auf die Tabelle mit den Begriffserläuterungen verwiesen, deren Inhalt auf Angaben in DIN-EN 1085 und DIN 38 409, Teil 2, beruhen.

Benennung	Zeichen	Einheit	Erklärung
Trockensubstanz Feststoffe (Trockenmasse)	TS m_T	kg, g, mg	TS mit vorherigem Filtrieren
Wasservolumen Wassermenge		L, m^3	
Trockensubstanzgehalt Feststoff**gehalt** (Trockenmassenkonzentration)	TS_R	kg/m^3 g/l	**„Gehalt"** ist eine Konzentration
Gehalt der abfiltrierbaren Stoffe		mg/l	z. B. beim Filtern von Algen
Wasser**gehalt**		g/l, mg/l	wird (nicht ganz richtig) auch in % angegeben
Trockenrückstand Feststoff**anteil** (Trockenmassenanteil)	TR	kg/kg %	TR ohne vorheriges Filtrieren **„Anteil"** bei Angaben in %
Wasser**anteil**		%	
Glührückstand Glühverlust	GR GV	% %	z. B. bei Untersuchung der absetzbaren Stoffe, des Klär- oder Belebtschlammes, dem Roh- oder Faulschlamm

Tabelle 6.7: Begriffserläuterungen zu Schlammkennwerten

Fäkalschlamm ist der Schlamm, der aus Kleinkläranlagen (Hauskläranlagen) oder abflusslosen Gruben entnommen wird zur Mitbehandlung in größeren Kläranlagen.

6.4.2 Schlammanfall und -beschaffenheit

Der Schlammanfall steht in engem Zusammenhang mit dem abgebauten BSB_5 des Abwassers. Je 1 kg abgebautem BSB_5 rechnet man mit etwa 1 kg Feststoff im Schlamm. Je nach Reinigungsverfahren ist der Schlamm dünner oder dicker. Deshalb ist die Spannweite des täglichen Rohschlammanfalles je Einwohner verhältnismäßig groß, nämlich 1 bis 2 l/(E · d), je nach Kläranlagenart. Aerobe Stabilisierungsanlagen haben den größten Schlammanfall.

Das Volumen des Rohschlammes wird durch die Behandlung (z. B. Eindickung, Faulung, Entwässerung) erheblich vermindert, während der Feststoffanteil im Wesentlichen immer gleich bleibt. Als ausgefaulter Nassschlamm verbleiben 0,3 - 0,8 l/(E · d).

Wird flüssiger Schlamm durch ein Papierfilter filtriert, so bleiben auf dem Filter die Feststoffe, während das Schlammwasser das Filter passiert. Der Vergleich des Feststoffanteils mit dem Schlammwasseranteil zeigt, dass der Wasseranteil meist über 90 % liegt. Eine übliche Zusammensetzung ist z. B. 95 % Wasseranteil und 5 % Feststoffanteil. Da die Dichte des Schlammes nur wenig mehr als 1 beträgt, können die Prozentangaben über den Wasseranteil auch auf das Gewicht bezogen werden.

Wenn z. B. bei einer Belebungsanlage je Einwohner mit rund 2 l Rohschlamm je Tag gerechnet wird, ergibt sich ein Jahresanfall von rund 750 l/E. Da hier der Schlamm nahezu genau so schwer ist, wie Wasser, entspricht das auch etwa 750 kg. Je Einwohner fallen etwa 30 kg Feststoffe im Jahr an. Nimmt man zur Rechnungsvereinfachung an, dass diese 30 kg Feststoffe einen Rauminhalt von 30 l haben, so ergeben sich folgende Werte (Bild 6.8).

Danach beträgt der Wasseranteil des Rohschlammes 96 %, nach der Faulung 92 %. Die Gesamtmenge des Schlammes hat sich aber von 750 l auf 375 l, also auf 1/2 verkleinert. Die Entwässerung vermindert diese Menge nochmals um 2/3. Bei 5 000 E ergibt sich pro Jahr ein Rohschlammanfall von etwa 3 700 m^3, nach der Entwässerung sind rund 600 m^3 Schlamm stichfest abzufahren.

Gesamte Schlamm-menge in l (je 100%)	Vermin-derung auf	Trocken-rückstand (bleibt 30 l) TR in %	Wasser-anteil %	
750		4	96	Rohschlamm
500 375	2/3 1/2	6 8	94 92	Bereich für ausgefaulten Nassschlamm
150 125 94	1/5 1/6 1/8	20 24 32	80 76 68	Bereich für stich-festen Schlamm
75 63	1/10 1/12	40 48	60 52	Krümelig gewor-dener Schlamm

Bild 6.8: Schlammmenge und Wasseranteil

Der Trockenrückstand wird in % angegeben. Die Bestimmung erfolgt durch Verdampfung des Wassers einer Probe (also ohne vorheriges Filtrieren), die vorher und nachher gewogen wird. Der Gewichtsunterschied entspricht dem Wassergehalt.

Für die Verminderung des Volumens gilt, dass die restliche Schlammmenge nur noch halb so groß ist, wenn sich der Trockenrückstand verdoppelt:

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot TR_1}{TR_2}$$

V_1 = das anfängliche Volumen
V_2 = das restliche Volumen
TR_1 = der anfängliche Trockenrückstand
TR_2 = der restliche Trockenrückstand

Wenn z. B. 100 m^3 Faulschlamm (V_1) mit 4 % Trockenrückstand (TR_1) nach der Entwässerung einen Trockenrückstand von 24 % (TR_2) haben, ergibt sich ein restliches Volumen (V_2) von

$$\frac{100 \cdot 4}{24} = 16{,}7\ m^3$$

Zum besseren Verständnis der Volumenabnahme ein Beispiel:

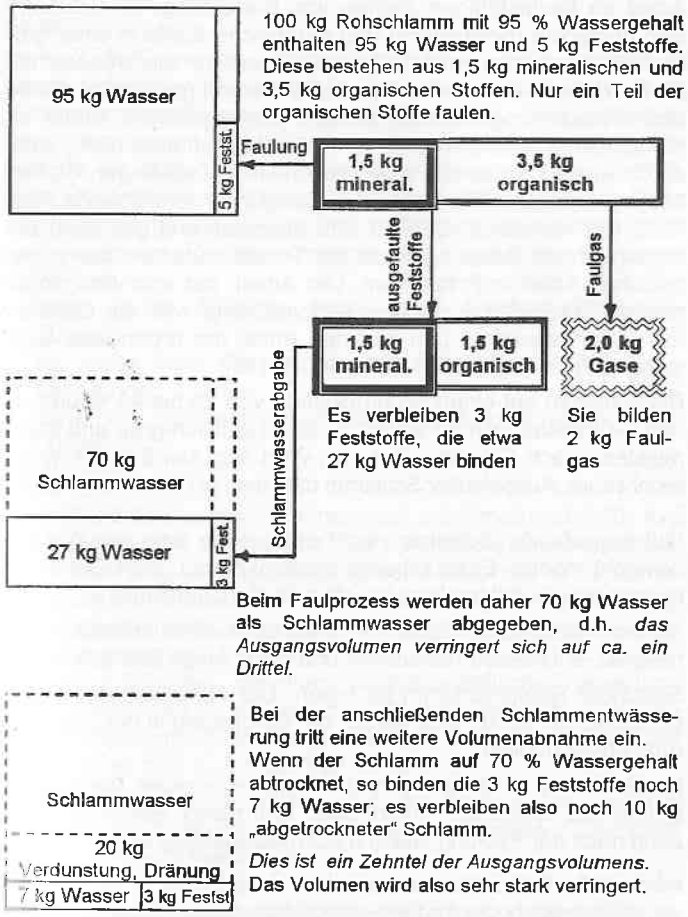


Bild 6.9: Volumenverminderung bei der Schlammbehandlung

Für die Beurteilung der Beschaffenheit eines Schlammes ist der Anteil an fäulnisfähigen Stoffen von Bedeutung. Im Schlamm sind ungelöste mineralische und organische Stoffe in einer großen Wassermenge verteilt. Faulen können nur die organischen Stoffe, die von Bakterien in mineralische und gasförmige Stoffe und Wasser umgewandelt werden. Da organische Stoffe im Klärschlamm brennbar sind, die mineralischen aber nicht, kann durch Ausglühen einer Probe der Anteil an faulfähigen Stoffen bestimmt werden. Der nach dem Ausglühen verbleibende Rest heißt *Glührückstand (GR)*. Er wird gewogen und gibt dann bezogen auf das Gesamtgewicht der Trockensubstanz den mineralischen Anteil in Prozent an. Der Anteil, der vom Ausgangsgewicht durch das Ausglühen verloren ging, wird als *Glühverlust (GV)* bezeichnet und gibt den Anteil der organische Substanz in Prozent an. GR + GV = 100 % [15].

Rohschlamm hat einen Glührückstand von 20 bis 40 % und einen Glühverlust von 60 bis 80 %. Er ist gelblich-grau und stinkt meistens nach Fäkalien. Sein pH-Wert liegt bei 5 bis 6; er ist leicht sauer. Ausgefaulter Schlamm hat einen pH-Wert von 7 bis 8.

Gut ausgefaulter Schlamm riecht erdig-teerig oder wie Walderde leicht modrig. Er ist schwarz bis dunkelgrau. Sein Gehalt an organischer Substanz liegt bei etwa 45 % (Glühverlust).

Schlecht ausgefaulter Schlamm stinkt, ist meistens bräunlich oder hellgrau, entwässert nur schwer und bleibt lange Zeit schleimig.

Gesunder Belebtschlamm ist braun. Der Rücklauf- und Überschussschlamm ist meist wegen der Eindickung in der Nachklärung etwas dunkler.

Im Schlamm sind fast immer *Krankheitserreger* (pathogene Keime wie Bakterien, Viren oder Wurmeier) vorhanden, die auch nach der Faulung vielfach noch lebensfähig sind.

Keinesfalls darf Schlamm, nass oder entwässert, in ein Gewässer eingebracht oder im Bereich von Wasserschutzgebieten aufgebracht werden!

6.4.3 Schlammverwertung

Allgemeines

Im KrW-/AbfG werden Anforderungen für die Fälle genannt, in denen Abfälle zur Verwertung im Bereich der Landwirtschaft als „Sekundärrohstoffdünger" eingesetzt werden. Das bedeutet, dass Klärschlamm und Klärschlammgemische sowohl dem Abfallrecht als auch dem Düngerecht unterliegen. Dieser rechtlichen Lage wurde auch das Düngemittelgesetz angepasst. Darin wird Klärschlamm als „Sekundärrohstoffdünger" definiert und in der nachgeordneten Rechtsverordnung, der Düngemittelverordnung (DüMV) als

- fester oder flüssiger organischer Stickstoff-Phosphor-Dünger,
- als fester oder flüssiger organischer Stickstoff-Phosphor-Kali-Dünger,
- sowie als organisch-mineralischer Stickstoff-Phosphor-Kali-Dünger

zugelassen.

Im KrW-/AbfG wird die Verantwortung der Produzenten für ihre Erzeugnisse sehr weit gefasst. Sie schließt die umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung der Abfälle mit ein. Das betrifft auch den Betreiber einer Abwasseranlage als „Produzent" des Klärschlammes. Sie ist die Grundlage für den gesetzlichen Klärschlammfonds. Im Düngemittelgesetz (DüMG) ist festgelegt, dass Schäden, die durch landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm an Personen und Sachen entstehen, aus einem Klärschlamm-Entschädigungsfonds zu ersetzen sind. Der Fonds ist seit dem 1. Januar 1999 in Kraft.

Wenn allerdings Klärschlämme Schadstoffe enthalten, die über den maximal zulässigen Gehalten liegen (Tabelle 6.13), müssen sie verbrannt werden.

Was ist bei landwirtschaftlicher Verwertung zu beachten?

Im kommunalen Bereich wird Klärschlamm häufig stofflich verwertet, meist in der Landwirtschaft, verschiedentlich auch im

Landschaftsbau. Diese Verwertung des Klärschlammes wird der Forderung „Verwertung geht vor Beseitigung" am ehesten gerecht. Der Schlamm wird dadurch wieder in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt. Dies ist ein Hauptziel des KrW-/AbfG und wird oft mit dem englischen Wort „recycling" bezeichnet.

Klärschlamm	Stickstoff gesamt	Stickstoff davon Ammonium-N	Phosphat P_2O_5	Kali K_2O
nicht entwässert (ca. 5 % TR)	190	55	195	30
mäßig entwässert (ca. 25 %TR)	120	20	180	20
stark entwässert (ca. 35 % TR)	105	13	175	23

Tabelle 6.10: mittlere Nährstoffgehalte in Abhängigkeit vom Entwässerungsgrad (kg/5 t Klärschlamm-Trockenmasse)

Bei der maschinellen Entwässerung des Klärschlamms und bei der Klärschlammtrocknung verringert sich der Stickstoffgehalt im Klärschlamm. Ein Teil des Stickstoffs wird mit dem Filtrat bzw. mit dem Brüdenkondensat in die Kläranlage zurückgeleitet, ein Teil wird als Ammoniak (bei der Nachbehandlung mit Kalk und bei der Klärschlammtrocknung) ausgetrieben. Außerdem weisen stark entwässerter Schlamm und getrockneter Schlamm im Mittel einen niedrigeren Kaliumoxidgehalt auf als Nassschlamm oder mäßig entwässerter Schlamm. Deshalb muss Kalium im Allgemeinen nachgedüngt werden

Durch Zufuhr der organischen Substanz des Schlammes wird der Humusgehalt erhöht und dadurch der Boden verbessert. Mangel an Spurenelementen können mit Klärschlamm wirkungsvoll und billig behoben werden.

Durch das Ausbringen von Klärschlamm kann der Landwirt bis zu einem Drittel seiner Düngekosten einsparen. Für die Kläranlage ist die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft i. d. R. kostengünstiger als andere Verwertungswege. Deshalb trägt sie neben den Untersuchungskosten meist auch die Kosten des Klärschlammtransportes.

Technik und Organisation allein nützen nichts, wenn nicht die Bereitschaft der Landwirte zur Klärschlammabnahme gepflegt wird. Nur auf der Basis einer vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Landwirten und Kläranlagenpersonal ist eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung möglich.

Was ist beim Ausbringen zu beachten?

Wird Klärschlamm mit weniger als 20 % TR ausgebracht, gelten die für Gülle festgelegten Regelungen der Düngeverordnung. Er ist auf unbestelltem Ackerland unverzüglich einzuarbeiten und darf zwischen dem 15. November und 15. Januar nicht ausgebracht werden. Nach der Ernte der Hauptfrucht dürfen nur zu Feldgras, Grassamen, Untersaaten, Herbstaussaaten einschließlich Zwischenfrüchten oder bei der Strohdüngung bis höchstens 40 kg Ammonium-Stickstoff oder 80 kg Gesamtstickstoff je Hektar ausgebracht werden.



Bild 6.11: Schlammabgabe in einer Kläranlage

Entwässerter Klärschlamm sollte wegen möglicher Abschwemmung auf erosionsgefährdeten Flächen grundsätzlich eingearbeitet werden.

Wann kann Klärschlamm ausgebracht werden?

Die günstigsten Zeiten für das Ausbringen von Klärschlamm sind auf Ackerland:

Im Sommer auf die Getreidestoppel
im Herbst vor dem Pflügen (nur entwässerter Klärschlamm)
im Frühjahr vor der Bestellung auf abgetrocknetem Boden

Nicht möglich ist die Klärschlammausbringung bei wassergesättigtem Boden sowie in den Hauptvegetationszeiten und im Winter. Dies sind in den Ackerbaugebieten vor allem die Monate Mai bis Juli sowie die Zeit mit starker Schneedecke oder tiefgefrorenem Boden. Die beste Stickstoff-Wirkung wird bei Ausbringung im Frühjahr erzielt. Dabei müssen allzu große Verdichtungen durch das Gewicht der Güllefässer vermieden werden.

Wo darf Klärschlamm nicht ausgebracht werden?

Klärschlamm darf nicht ausgebracht werden:

- auf Forstflächen, Dauergrünland, Obst- und Gemüseanbauflächen, Rebflächen, Streuobstbeständen, Spargel und Frühkartoffeln. Auf Flächen mit Baumschulen, Christbaumkulturen, Tabak und Hopfen ist eine Aufbringung möglich. Für Feldgemüse gilt ein Anbauverbot im Jahr der Aufbringung und im Folgejahr
- in Wasserschutzgebieten (Zonen I, II und III)
- auf Brachland- und Naturschutzflächen
- auf Uferrandstreifen bis zu einer Breite von 10 m.

Auf Ackerflächen, die zum Anbau von Feldfutter oder zum Anbau von Zuckerrüben, soweit das Rübenblatt verfüttert wird, genutzt werden, ist eine Aufbringung von Klärschlamm nur vor der Aussaat mit anschließender tiefwendender Einarbeitung zulässig. Beim Anbau von Silo- und Grünmais ist der Klärschlamm vor der Saat in den Boden einzuarbeiten.

Flächen auf denen Bioabfallkompost ausgebracht wurde, dürfen innerhalb von 3 Jahren nicht auch mit Klärschlamm gedüngt werden. Obwohl nicht verboten, sollte auf die Ausbringung von Klärschlamm in Fruchtfolgen mit Feldgemüse und Kartoffeln verzichtet werden.

Das Aufbringen von Klärschlamm auf Böden mit einem pH-Wert ≤ 5 ist verboten.

Darf Klärschlamm am Feldrand gelagert werden?

Klärschlamm darf am Feldrand nur gelagert werden, wenn er stichfest ist und wenn er danach unverzüglich ausgebracht wird. Ein Lagern am Feldrand ist unzulässig, wenn der Ausbringungstermin oder die Ausbringungsfläche noch nicht feststehen. Zu fließenden oder stehenden Gewässern muss ein Mindestabstand von 50 m eingehalten werden. Klärschlämme verschiedener Herkunft sind getrennt zu lagern.

Ist die Aufbringungsmenge begrenzt?

Die zulässige Aufbringungsmenge ist generell nach der AbfKlärV auf 5 t Klärschlamm-Trockenmasse (mT) je ha innerhalb von 3 Jahren begrenzt.

Zu beachten ist, dass viele Ackerflächen mit Phosphat sehr hoch versorgt sind. Sie scheiden somit für die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm aus (Vorgabe der Düngeverordnung). Nach einer Empfehlung des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) werden die Böden in Abhängigkeit ihres Phosphorgehaltes in die Gehaltsklassen A bis E eingeteilt, die mit unterschiedlichen Düngegaben beaufschlagt werden können.

In der Tabelle 6.11 ist die zulässige Klärschlammgabe für Zuckerrüben mit einem Ertrag von 500 dt/ha und einem P-Entzug durch die Ernte von 100 kg/P_2O_5-Gehalt von 50 kg/t TS angenommen.

Abweichend davon haben die Landwirtschaftsbehörden einzelner Bundesländer für ihren Geltungsbereich den Gehaltsklassen andere Klassifizierungen und P-Gehalte zugeordnet.

Gehalts-klasse	P-Gehalt*) mg/100g mT P_2O_2	Klassifi-zierung*)	P-Düngung	Klärschlamm-gabe**)
A	0 – 6	sehr niedrig	P-Entzug -90kg/ha P_2O_5	Höchstmenge
B	7 – 14	niedrig	P-Entzug -40kg/ha P_2O_5	Höchstmenge
C	15 - 25	mittel	P-Entzug	Höchstmenge
D	26 -39	hoch	halber P-Entzug	Teilmenge
E	> 39	sehr hoch	keine Düngung	kein Klärschlamm

*) nach VDLUFA (Stand 1997)
**) bei P-Entzug von 100 kg/ha P_2O_5 (z.B. Zuckerrüben mit Ertrag 500dt/ha) und P_2O_5-Gehalt im Klärschlamm von 50 kg/tTS

Tabelle 6.12: Klärschlammgaben nach der Düngeverordnung

Wie wird die Nährstoffzufuhr errechnet?

Klärschlammdüngung kommt hauptsächlich für viehlos wirtschaftende Betriebe in Betracht. Vom Gesamtbedarf an Stickstoff sollten langfristig 25 % der Mineraldüngung vorbehalten bleiben. Die langfristig mögliche N-Zufuhr über Klärschlamm kann wie folgt errechnet werden:

Beispiel (schlagbezogen):

N-Bedarf: *160 kg N/ha und Jahr*
N-Düngung mineralisch (25 % der Abfuhr): 40 kg N/ha und Jahr
Verbleibt für N aus Klärschlamm *120 kg N/ha und Jahr*

Bei viehhaltenden Betrieben darf auch die N-Rücklieferung aus der Viehhaltung nicht vergessen werden.

Im ersten Jahr nach der Anwendung (kurzfristige Betrachtung) ist nur der NH_4-N und ein geringer Teil des organisch gebundenen Stickstoffs (ca. 10 %) wirksam. Der NH_4-N ist wesentlich vom Trockensubstanzgehalt abhängig. Insgesamt darf der

schnellverfügbare N-Anteil den N-Bedarf der jeweiligen Kultur nicht übersteigen. Der restliche, fest organisch gebundene Stickstoff wirkt wie Humus-N (ca. 3 % Nachlieferung pro Jahr) und reichert sich bei wiederholter Anwendung an.

Welche Schadstoffgehalte sind im Klärschlamm und Boden zulässig?

Die zulässigen Schadstoffgehalte zeigt die folgende Tabelle:

Schadstoffe	im Klärschlamm		im Boden	
anorganisch (Schwermetalle):				
Blei	900		100	
Cadmium	10	5*)	1,5	1*)
Chrom	900		100	
Kupfer	800		60	
Nickel	200		50	
Quecksilber	8		1	
Zink	2 500	2 000*)	200	150*)
organisch:				
Polychlorierte Biphenyle (PCB), je Komponente	0,2			
Dioxine und Furane (PCDD/PCDF)	0,0001			
Organische Halogenverbindungen (AOX)	500			

*) für leichte Böden mit Tongehalt unter 5 % und Böden mit pH-Wert zwischen 5 und 6

Tabelle 6.13: Maximal zulässige Schadstoffgehalte (mg/kg mT)

Sind Untersuchungen im Boden erforderlich?

Klärschlamm darf nur auf Böden aufgebracht werden, die rechtzeitig vorher untersucht wurden. Diese Untersuchung erfolgt auf Veranlassung und zu Lasten der Kläranlage, in der Regel mindestens zwei Monate vor der Ausbringung. Sie umfasst die in

der Tabelle angeführten Schwermetalle, die Nährstoffe Phosphat, Kali und Magnesium sowie den pH-Wert.

Der Landwirt hat dem Probenehmer die Flurnummern der Felder, auf die der Klärschlamm aufgebracht werden soll, mitzuteilen. Ferner ist bei der Bodenuntersuchung zu beachten:

- Bodenuntersuchung erstmalig vor der Klärschlammaufbringung und alle zehn Jahre auf Schwermetalle und vor jeder Aufbringung auf pH-Wert, Phosphat, Kalium und Magnesium
- Landwirt gibt die Flächen an, die beschlammt werden sollen
- Der Kläranlagenbetreiber oder der Beauftragte veranlasst die Bodenuntersuchung und holt die Zustimmung des Landwirts
- Probenahme durch Beauftragten oder durch Kläranlagenpersonal nach Einweisung des Amtes für Landwirtschaft
- Untersuchung durch zugelassene Untersuchungsstellen
- Untersuchungsumfang
  Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink sowie pH-Wert, Phosphat, Kali und Magnesium
- Probenahme
  1 Durchschnittsprobe je ha, bei einheitlicher Probenbeschaffenheit und gleicher Bewirtschaftung je 3 ha
  20 Einstiche bis zur Bearbeitungstiefe
- Kosten ca. 50.- € je Probe

Sind Untersuchungen im Klärschlamm erforderlich?

Alle Kläranlagen, die ihren Klärschlamm in der Landwirtschaft abgeben, sind verpflichtet, den Schlamm regelmäßig untersuchen zu lassen. Insbesondere ist zu beachten,

- für Kläranlagen < 1 000 EW kleinerer Untersuchungsumfang
- Untersuchungen durch zugelassene Untersuchungsstellen
- Untersuchungsumfang auf
  Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink)

organische Verbindungen (AOX, PCB, Dioxine/Furane)
Trockenrückstand, pH-Wert, organische Substanz, basisch wirksame Stoffe
Pflanzennährstoffe (Gesamt- und Ammoniumstickstoff, Phosphat, Kalium, Calzium, Magnesium)

- Untersuchungshäufigkeit
  Untersuchung alle 6 Monate – kann im Einzelfall bis auf zwei Monate verkürzt werden.
  Ausnahmen: bei PCB und Dioxine/Furane Untersuchung alle zwei Jahre.
- Probenahme durch Betriebspersonal o. Untersuchungsstelle
- Probenahme: 5 verschiedene Proben – jeweils 5 l – zu einer Durchschnittsprobe gemischt, davon 5 l in Kunststoff- oder Aluminiumbehältern (Anhang 1 zur Klärschlammverordnung)
- jährliche Kosten ca. 500 bis 750.- €

Bestehen Nachweispflichten?

Vom Kläranlagenbetreiber sind folgende Nachweise zu führen:

- Der Lieferschein

  Wozu dient der Lieferschein?
  - Dem Landwirt dient er als Beleg über die bezogene Klärschlammmenge, deren Nährstoff- und Schadstoffgehalte und als Bestätigung, dass der Schlamm die Schadstoffgehaltsgrenzen einhält.
  - Der Kläranlage dient er als Grundlage für die Abrechnung mit den Landwirten und für die Schlagkartei

  Was geschieht mit den Lieferscheinen?
  - Der Landwirt, der Beförderer und die zuständigen Behörden erhalten je eine Durchschrift des Lieferscheins.
  - Das Original ist vom Kläranlagenbetreiber 30 Jahre lang aufzubewahren.
- Das Register
  Der Kläranlagenbetreiber führt ein Register; dieses enthält:
  - Schlammanfall und Lieferungen an die Landwirtschaft

- Schlammuntersuchungen
- Art der Schlammbehandlung
- Landwirt, Schlag, Flurstücknummer (Schlagkartei)
- Bodenuntersuchungen

Der Kläranlagenbetreiber leitet diese Angaben jeweils bis zum 31. März des Folgejahres an die zuständigen Behörden weiter.

Bei Teilnahme des Betreibers im EDV-System „Bayer. Klärschlammnetz" werden Lieferschein und Register automatisch erstellt. Zusätzlich erstellen die Landwirtschaftsbehörden jährlich über die aufgebrachten Klärschlämme einen Aufbringungsplan. Er dient dem Schutz des Grundwassers und des Bodens vor übermäßigem Eintrag von Pflanzennährstoffen (Überdüngung).

Welche Flächen sind geeignet?

Klärschlamm eignet sich gut für die Verwertung im Ackerbau, besonders bei viehschwachen Betrieben mit geringem Anfall an Wirtschaftsdünger.

Ausbringung von Nassschlamm oder entwässertem Schlamm?

- Eine bewährte Methode ist die Nassabfuhr mit etwa 5 % TR, da der Schlamm mit den gleichen Geräten ausgebracht werden kann wie bei Gülle. Für den Transport bieten sich bei kleinen Mengen Jauchefässer, für große Mengen Straßentankwagen an. Auf bodennahe Ausbringung ist zu achten.
- Die Ausbringung von entwässertem Schlamm ist technisch gut gelöst, erfordert aber den Einsatz spezieller Geräte. Die Lagerung des entwässerten Schlammes auf der Kläranlage ist durch das geringere Volumen um vieles einfacher, der Transport ist kostengünstiger. Evtl. kann auch das Einsatzgebiet vergrößert und damit der Absatz sicherer werden.
- Schlamm aus Zentrifugen oder Bandfilterpressen mit TR-Gehalten zwischen 25 bis 30 % kann schwieriger aufzubringen sein, da der Schlamm noch „kleben" kann. Hier bewährt sich der Zusatz von Branntkalk um eine krümelige Struktur zu bekommen (starke Geruchsentwicklung).



Bild 6.14: landwirtschaftliche Verwertung

Für Transport und Verteilung des Klärschlammes hat sich eine Zusammenarbeit zwischen Kläranlagenbetreiber und landwirtschaftlichen Maschinenringen bewährt. Diese Organisationen sind in der Lage, die Verfügbarkeit

- großräumiger Fässer und Tankfahrzeuge
- spezieller Verteilereinrichtungen, z. B. moderne Streugeräte für entwässerten Schlamm oder für Nassschlamm
- von Personal
- und von geeigneten landwirtschaftlichen Nutzflächen

zu organisieren und aufeinander abzustimmen.

Gewerbliche Betriebe bieten Landwirten häufig einen kostenlosen Düngeservice mit Klärschlamm an. Vorteilhaft für Kläranlagenbetreiber und Landwirt ist die Übernahme der organisatorischen Abwicklung durch die Firmen. Die Überwachung der ordnungsgemäßen Aufbringung obliegt den Kreisverwaltungsbe-

hörden. Die Dienste der Privatfirmen sind für den Landwirt kostenfrei. Der Klärschlammabgeber zahlt in der Regel 200 bis 300.- €/t Klärschlamm-Trockenmasse.

Welche Anforderungen stellt die Düngemittelverordnung?

Klärschlamm unterliegt als Sekundärrohstoffdünger dem Abfall- sowie dem Düngerecht und damit auch der Düngemittelverordnung (DüMV). In ihrer novellierten Fassung vom 26.11.2003 werden u.a. die nachfolgenden Anforderungen an den Klärschlamm gestellt, wenn er als Düngemittel in Verkehr gebracht wird, bzw. landwirtschaftlich verwertet wird.

- Kennzeichnung jeder einzelnen Charge
- Beschränkung auf kommunale Kläranlagen
- Einhaltung der Anforderungen nach AbfKlärV
- keine Mischung von Klärschlamm verschiedener Betreiber
- Aufbereitung nur mit Stoffen, die einer notwendigen Behandlung dienen (d. h. keine Co-Vergärung)
- keine Rückführung von Rechen- und Sandfanggut
- keine Rückführung von Inhalten von Fettabscheidern
- keine Polyacrylamide in Hilfsmitteln, z. B. Konditionierungsmittel
- keine Erhöhung von Schadstoffgehalten durch Hilfsmittel, z. B. Fällungschemikalien
- keine toxikologisch oder pharmakologisch wirksame Substanzen, die die Gesundheit von Menschen oder Haustieren gefährden

Welche Einrichtungen sind auf der Kläranlage erforderlich?

- Schlammabgabestelle
  Die Schlammabgabestelle muss gut zugänglich sein und das Wenden der Fahrzeuge ermöglichen. Für Nassschlamm ist eine galgenartige Schlammleitung mit Schnellschlussschieber zweckmäßig. Die Einrichtung soll das Beschmutzen von Person und Fahrzeug vermeiden. Eine Abspritzstelle für Fahrzeuge ist zu empfehlen.

- Schlammstapelräume
  In der Zeit, in der die Landwirte keinen Schlamm abnehmen, muss dieser auf der Kläranlage in Schlammstapelräumen gespeichert werden können. Zu empfehlen sind im Normalfall Speichermöglichkeiten für mindestens 3 bis 4 Monate, besser 6 bis 8 Monate (Bild 6.15).



Bild 6.15: Schlammsilo

Welche Bedeutung hat die Kompostierung?

Nur in wenigen Kläranlagen wird Klärschlamm in größeren Mengen kompostiert. Das Verfahren ist verhältnismäßig aufwändig, die Abnahme des Kompostes meist nur über einen begrenzten Zeitraum gesichert. Klärschlammkomposte werden zur Rekultivierung im Landschaftsbau oder zur Begrünung von Straßenböschungen oder Lärmschutzwällen verwendet.

Werden Klärschlammkomposte als Streudünger auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen aufgebracht, un-

terliegen sie den Bestimmungen der Klärschlammverordnung. Dies gilt sowohl für die Werte der Inhaltsstoffe (Schadstoffe und Nährstoffe) und des Bodens als auch auf die zulässige Aufbringungsmenge, bezogen auf den eingesetzten Klärschlamm und nicht auf das Gemisch.

Der Klärschlamm ist zur Kompostierung mit einem Kohlenstoffträger zu mischen. Ein Wasseranteil von 40 bis 60 % im Kompostgemisch ist einzustellen. Als Kohlenstoffträger kommen z. B. in Frage Laub, zerkleinerte Gartenabfälle oder Baumrinde, Torf, Sägemehl oder Stroh.

Die zwei wichtigsten Verfahren sind die Kompostierung in Mieten oder in Reaktoren.

6.4.4 Trocknung, Verbrennung, Veraschung

Mit der maschinellen Schlammentwässerung kann nur das im Schlamm enthaltene Hohlraum- und Kapillarwasser entfernt werden. Selbst bei der Entwässerung mit leistungsfähigen Aggregaten, bleibt noch ein Restwasseranteil von 60 % und mehr im Filterkuchen. Um eine weitergehende Gewichts- bzw. Volumenverminderung zu erreichen, muss daher das Innen- und Absorptionswasser verdampft oder verdunstet werden.

Solare Trocknung

Eine natürliche Verdunstung des Schlammwassers ist bei den Klimaverhältnissen in Mitteleuropa nicht optimal möglich. Eine Steigerung des Entwässerungsgrades ist nur zu erreichen, wenn man nicht von der Witterung abhängig ist. Mit einfachen durchscheinenden Überdachungen (ähnlich Gewächshäusern) über den Schlammlagerplätzen kann es erreicht werden. Infolge der Sonnenstrahlung wird es unter der Überdachung sehr warm – wie in einem Treibhaus – was die Wasserverdunstung fördert. Eine gute Durchlüftung mittels Ventilatoren begünstigt den Verdunstungs- und Trockenvorgang; ebenso ein häufiges Wenden der Schlammschicht. Zum Umpflügen und Wenden des Schlammes kann z. B. ein sich selbst steuernder kleiner Roboter (bekannt unter dem Namen „elektrisches Schwein") eingesetzt werden. Auf diese Weise sind beachtliche Trocknungserfolge zu erzielen. Die solare Trocknung kann für kleinere bis mittlere Kläranlagen ein interessantes Verfahren sein.



Bild 6.16: das "elektrische Schwein" bei der Arbeit

Maschinelle Trocknung

Entscheidend für die Wirkung von Trocknungsanlagen ist die Verdampfung bzw. Verdunstung. Sie ist ein Maß für die Wassermenge, die durch Wärmeenergie in Dampf überführt und ausgetrieben werden muss. Dieser Wasserentzug erfordert einen hohen Aufwand an thermischer Energie, und damit an Kosten.

Die TASi macht mit der Forderung nach höchstens 5 % organischem Anteil die thermische Behandlung des Klärschlammes unumgänglich. Häufig ist die Trocknung vor der energetischen Verwertung sinnvoll.

Die Kosten einer Trocknung hängen von der zu verdampfenden Wassermenge, das heißt vom Wassergehalt des eingebrachten Schlammes, ab. Eine möglichst weitgehende Vorentwässerung ist daher wichtig. Stark verdichteter Schlamm ist jedoch für die Trocknung nachteilig. Günstigere Verdunstungs- bzw. Verdampfungseigenschaften haben relativ lockere Strukturen mit hoher spezifischer Oberfläche. Anorganische Konditionierungsmittel wie Kalk und Eisensalze vergrößern die Schlammmenge und entsprechen damit nicht der Forderung zur Abfallminimierung. Falls Klärschlamm energetisch verwertet wird, kann sich die Zugabe von gemahlener Kohle zur Konditionierung und zur Erhöhung des Heizwertes als sinnvoll erweisen. Werden organische Konditionierungsmittel eingesetzt, ist die Volumenvergrößerung vernachlässigbar.

Der Endwassergehalt ist abhängig von Trocknungszeit und -temperatur; der anzustrebende Trocknungsgrad richtet sich nach den Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten. Trockengut wird vielfach energetisch verwertet. Man kann es natürlich auch landwirtschaftlich verwerten. In diesem Fall ist jedoch der Energieaufwand kritisch zu beurteilen.

Die bei der Trocknung entweichenden Gase die mit Wasserdampf beladen sind, nennt man *Brüden*. Diese Gase enthalten feste, flüssige und gasförmige Verunreinigungen und können zu erheblichen Geruchsbelästigungen führen. Deshalb werden die Brüden vor Abgabe in die Atmosphäre entstaubt, kondensiert und zur Beseitigung von Geruchsstoffen z. B. in einem Biofilter nachbehandelt. Die Brüdenkondensate sind organisch belastet und weisen einen relativ hohen Ammonium-Stickstoffgehalt auf, der bei Planung und Betrieb der Kläranlage gemeinsam mit dem Filtrat der maschinellen Schlammentwässerung (Rückbelastung) zu berücksichtigen ist; eine Vorbehandlung kann notwendig werden.

Klärschlammtrocknungsanlagen werden nach der Art der Wärmezufuhr eingeteilt in direkte (Konvektions-) oder indirekte (Kontakt-) Trockner.

Brüdenbehandlung

Schlammtrocknungsanlagen können zu einer erheblichen Belästigung und Luftverschmutzung führen. Dies kommt vor allem von Wasserdampfschwaden, Stäuben und Gerüchen. Durch entsprechende Maßnahmen muss deshalb dafür gesorgt werden, dass keine schädlichen Umwelteinflüsse auftreten.

Verbrennung, Veraschung

Nach der TASi ist nur noch die Deponierung von Reststoffen mit höchstens 5 % organischen Anteilen erlaubt. Daher ist neben der stofflichen Verwertung in der Landwirtschaft bzw. im Landschaftsbau nur die thermische Behandlung (Verbrennung) des Schlammes vor der Deponierung möglich.

Die thermische Behandlung bzw. Verbrennung kann zum Zwecke der energetischen Verwertung (Abfall zur Verwertung) oder auch zum Zwecke der Beseitigung (Abfall zur Beseitigung) erfolgen. Ausschlaggebend ist der Hauptzweck der Maßnahme. Steht die Vernichtung des Schadstoffpotentials im Vordergrund, wird der Klärschlamm zum Zwecke der Beseitigung verbrannt.

Nach KrW-/AbfG ist die energetische Verwertung nur zulässig, wenn

- der Heizwert der Originalsubstanz größer 11 000 kJ/kg,
- der Feuerungswirkungsgrad größer 75 %,
- die Wärme selbst genutzt oder an Dritte abgegeben wird,
- die Reststoffe ohne weitere Behandlung abgelagert werden.

Für das Verbrennen von Klärschlamm ist die Forderung nach einem Heizwert größer 11 000 kJ/kg problematisch, da selbst getrockneter Klärschlamm ohne Zugabe entsprechender Konditionierungsmittel (z. B. Kohlestaub bei der maschinellen Entwässerung) den geforderten Heizwert nicht gesichert erreicht.

Eine Verbrennung unter Nutzung des Energieinhaltes ist in Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen bzw. durch Mitverbrennung in Abfallbehandlungsanlagen, Kohlekraftwerken oder Zementöfen möglich. Die Verbrennung im Zementofen ist insofern günstig, als dem Kalkstein-Rohmehl zur Zementherstellung

Zuschlagstoffe zugefügt werden müssen, die der Klärschlamm in seinen mineralischen Bestandteilen enthält. Die Flugasche der Rauchgasreinigung wird in den Brennprozess zurückgeführt. Bei den am Brenner herrschenden Temperaturen werden auch organische Spurenstoffe restlos thermisch oxidiert. Dies ist technisch und ökologisch sinnvoll, da keine Reststoffe anfallen, denn diese werden in das Produkt, den Zement, eingebunden. Genehmigungspraxis und Ausrüstung der Zementwerke, insbesondere zur Abluftbehandlung, stehen diesem Verwertungsweg allerdings oft entgegen.

Die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken hat stark zugenommen. Hier wird der Klärschlamm vor der Mahltrocknung der Kohle zugesetzt und mit dieser gemeinsam für die Feuerung getrocknet. So können Klärschlämme mit unterschiedlichen Wassergehalten eingesetzt werden. Die mineralischen Anteile sind in die wiederverwertbare Kraftwerksasche eingebunden.

Die Verbrennung zusammen mit Hausmüll wird ebenfalls praktiziert. Bei staubförmig getrocknetem Schlamm können Probleme mit der Abscheidung des Feinststaubes auftreten. Bei granuliertem oder mechanisch entwässertem Schlamm ist der restlose Ausbrand sicherzustellen. Einige Kläranlagen verbrennen den Klärschlamm in einer eigenen Anlage.

Verfahren wie Vergasung, Verschwelung, Pyrolyse oder Nassoxidation haben sich am Markt nicht durchgesetzt.

Bei der Verbrennung wird die Schlammmenge drastisch vermindert. Gegenüber getrocknetem Schlamm ist aber die Volumenverminderung nur noch gering, da der anorganische Anteil des stabilisierten Schlammes von ca. 50 % als Asche zurück bleibt. Da Schadstoffe je nach Art und Temperatur des Verbrennungssystems in der Asche angereichert werden können, ist diese z. B. als Bauzuschlagstoff nicht immer verwertbar und muss in solchen Fällen deponiert werden.

Unter dem Gesichtspunkt der Kosten ist nach Möglichkeit eine Nutzung des Energieinhalts anzustreben. Dann ist auch eine Trocknung vor der Verbrennung sinnvoll.

Sowohl stabilisierter Schlamm als auch Rohschlamm können verbrannt werden. Wird der Klärschlamm zuvor auf einen Wasseranteil geringer als 60 % entwässert, verläuft die Schlammverbrennung bereits weitgehend selbstgängig und kommt ohne Zusatzbrennstoff aus. Dabei sind die verschiedenen Einrichtungen zur Konditionierung, zur maschinellen Entwässerung und zur Verbrennung als ein zusammenhängendes System zu betrachten. Die Einrichtungen sind nicht beliebig austauschbar, sondern voneinander abhängig. Das trifft nicht zuletzt auch auf die gewählte Art und Menge der Konditionierungsmittel zu.

Eine Variante ist die Zugabe von feinkörniger Kohle, um darüber hinaus noch den Heizwert des Schlammes zu verbessern.

Verbrennungseinrichtungen

Das Kernstück einer Verbrennungsanlage ist das Feuerungssystem. Für die Auslegung eines Verbrennungsofens sind die zu verdampfende Wassermenge und der Heizwert die wichtigsten Ausgangsgrößen. Der Energiebedarf und damit der Kostenaufwand für die Verdampfung von Wasser (2 270 J/kg Wasser bei 100 °C) liegt sehr viel höher als die Kosten für den Entzug des Wassers durch Verfahren der Entwässerung.

Beispielhaft wird zur Schlammverbrennung der Wirbelschichtofen genannt. Er verfügt über die Technik, die die Anforderungen einer weitgehenden Verbrennung des Materials unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften einhält und sich für die ausschließliche Klärschlammverbrennung bewährt hat.

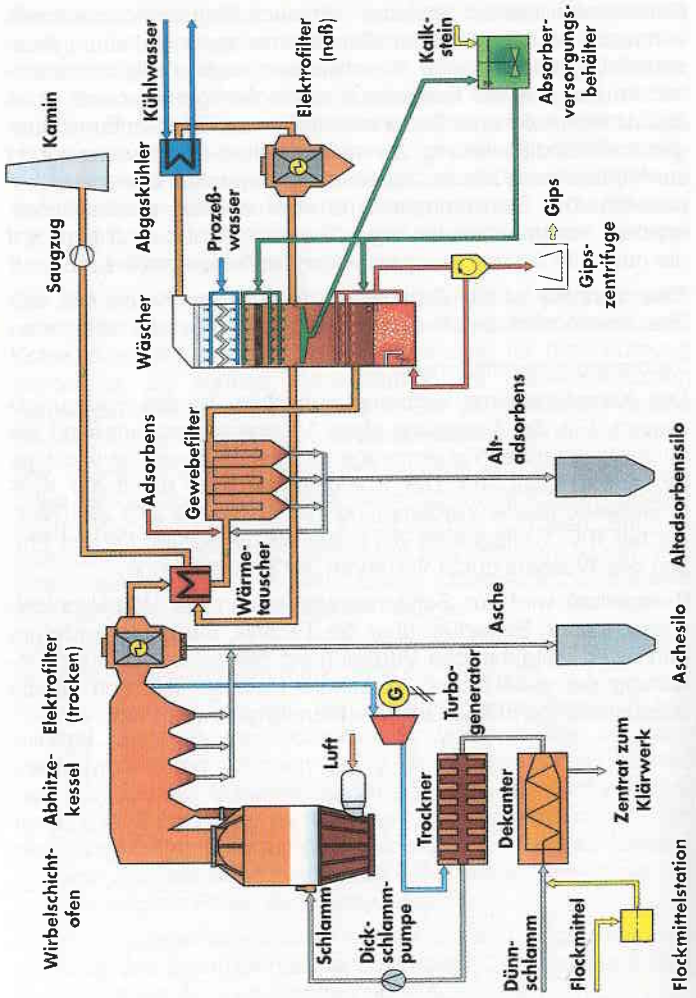


Bild 6.17: Schema einer Klärschlammmonoverbrennung

7. Wie wird Schlamm behandelt?

7.1 Grundlagen zur Schlammfaulung

In einer Kläranlage hat die Schlammfaulung die Aufgabe, den in Vor- und Nachklärung anfallenden Schlamm rasch und *geruchlos* in seiner Menge zu *vermindern* und dabei einen ausgefaulten Schlamm zu erzielen, der auch sein *Schlammwasser* leicht abgibt. Da hierbei Bakterien chemische Umsetzungen bewirken, ist es ein biochemischer Vorgang. Er läuft ohne Luftzutritt und in Abwesenheit von gelöstem und gebundenem O_2 ab, er wird also anaerob bezeichnet.

Ausgefaulter Schlamm wird auch als anaerob stabilisierter Schlamm bezeichnet.

Die Forderung, dass die Faulung *rasch* gehen soll, hat ihre Begründung in den Baukosten für die Faulräume. Je rascher die Faulung vor sich geht, umso weniger Nutzraum muss dafür bereitgestellt werden und umso kleiner und billiger wird der Faulraum.

Rohschlamm geht schnell in eine unangenehm stinkende Fäulnis über, wenn man ihn sich selbst überlassen würde.

In der 1. Stufe des Abbaus, der sog. „Hydrolyse-Phase" (Verflüssigungsphase), werden die hochmolekularen, oft ungelösten Stoffe durch Enzyme in gelöste Bruchstücke übergeführt.

Die 2. Stufe der Faulung wird „Versäuerungsphase" genannt, da hier der pH-Wert unter 7 liegt; die Volumenverminderung geht dabei langsam vor sich und ist gering. Aus diesen hier entstehenden Zwischenprodukten (Butter- und Essigsäure, Alkohole, H_2, und CO_2) können die Methanbakterien nur Essigsäure, H_2 und CO_2 direkt zu Methan (CH_4) umsetzen. Der Schlamm bleibt schleimig, grau und schwer entwässerbar. Oft ist die saure Gärung mit Schaumbildung verbunden. Sie ist aber bei jeder Faulung der Anfang.

Die nun gebildeten organischen Säuren und Alkohole müssen in der 3. Stufe zu Essigsäure umgebaut werden; diese Stufe heißt „acetogene Phase".

In der 4. Stufe wird schließlich das Methangas aus Essigsäure, H_2 und CO_2 gebildet. Da durch die Konzentration der organischen Stoffe im Schlamm, das sind die methanisierbaren Substrate, auch die Menge und die Zusammensetzung des entstehenden Faulgases bestimmt wird, kann deshalb auch auf die Vorgänge der Schlammfaulung geschlossen werden.

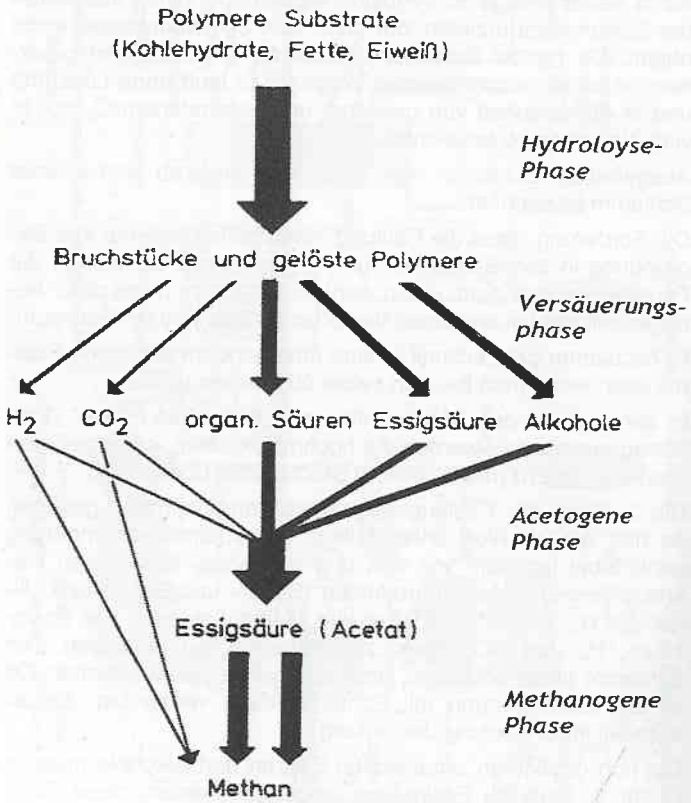


Bild 7.1: Der mehrstufige anaerobe Abbau [10]

Wenn also eine verhältnismäßig kleine Menge Rohschlamm bald in einer großen Menge leicht *alkalisch* faulenden Schlammes verteilt wird, kann der erwünschte Vorgang erfolgen; plötzliche Temperaturänderungen verträgt der Vorgang nur schlecht. Bei Wärme geht die Faulung rascher vor sich, und es entsteht mehr Faulgas. Die Faulzeiten von Klärschlamm betragen bei mittleren Temperaturen von

Faultemperatur °C	8	10	15	20	25	30	38
Faulzeit in Tagen	120	90	60	45	30	27	20

Betriebstemperaturen über 38 °C werden selten angewandt. Unbeheizte Faulräume benötigen mehr Nutzraum als beheizte.

Wenn in einem Faulraum die saure Gärung überwiegt, sagt man auch: er ist sauer geworden oder umgekippt – z. B., wenn durch eine Vergiftung oder Überbelastung mit Rohschlamm der pH-Wert unter 6,5 sinkt. Die technische Aufsichtsbehörde ist ggf. zu verständigen. Ob eine Überbelastung oder eine Vergiftung vorliegt, lässt sich meist schon anhand der Betriebsdaten und der Art der Industriebetriebe im Ort erkennen. Durch vorsichtiges Einmischen einer 10%igen Kalkmilch ($Ca(OH)_2$, gelöschter Kalk, Kalkhydrat) kann der pH-Wert wieder auf 7,5 bis 8 gebracht werden. Vom pH-Wert aus kann nicht auf die notwendige Kalkmenge geschlossen werden. Dazu müssen auch die Säurekapazität und der Feststoffgehalt ermittelt werden. Deshalb sollte die Verwendung von Kalkmilch nur unter Anleitung erfolgen. Zu hohe Kalk-Konzentrationen können die Faulung auch beeinträchtigen und Verkrustungen verursachen. Die Kalkzugabe kann ganz grob mit der Faustformel

1 kg $Ca(OH)_2/m^3$ Faulraum je voller pH-Wert-Unterschied

berechnet werden. Über gute Erfahrungen wird berichtet, wenn nach der Kalkung Fe_2O_3 zur Bindung des H_2S zugegeben wird.

Von der Handhabung her ist das Natriumhydroxid (NaOH) dem $Ca(OH)_2$ vorzuziehen, da die Gefahr der Verkrustung und Ablagerung geringer ist. Die Mehrkosten halten sich in Grenzen.

Folgende Einflüsse beeinträchtigen die Methanfaulung:

a) Überlastung mit organischen Stoffen,
b) zu niedrige oder sich stark ändernde Temperaturen,
c) Einleitung von Giften, z. B. Säuren, Galvanik-Abwasser, Mineralöl.

Bei den recht komplizierten Faulvorgängen ist es verständlich, dass die *Inbetriebnahme eines Faulbehälters* besonderer Sorgfalt und Überwachung bedarf. Vor Inbetriebnahme sind alle Rohrleitungen zu überprüfen. Mit Rohschlamm allein kann man die alkalische Faulung nur schwer beginnen. Sie braucht zur *Einarbeitung* und *Reifung* sonst Monate. Der Faulbehälter ist deshalb zuerst mit geklärtem Abwasser gefüllt und, bei beheizten Anlagen, auf 25 bis 30 °C gebracht. Dann wird gut ausgefaulter Schlamm aus einer anderen Kläranlage mit gleichartiger Schlammfaulung eingepumpt; das heißt man impfen. Die für die Einarbeitungszeit erforderliche Menge an *Impfschlamm* beträgt insgesamt etwa 5 bis 10% des Faulbehälterinhalts. Die Rohschlammzugabe ist dann anfänglich in kleinen Mengen zu dosieren, z.B. 1/10 der Normalbeschickung, und nur langsam zu steigern. Der Einarbeitungsvorgang dauert etwa 2 bis 3 Wochen, er kann durch gering dosierte Kalkmilchzugabe unterstützt werden.

Bei beheizten Anlagen wird der Inhalt durch Umpumpen des Schlammes oder Faulgaseinpressung umgewälzt.

7.2 Eindickung

Mit der Eindickung von Schlamm soll eine Verminderung des Wassergehaltes erreicht werden. Eine erste Eindickung findet bereits in den Schlamm-Sammeltrichtern von Vor- und Nachklärung statt. Um beheizten Faulräumen Schlamm mit einem möglichst niedrigen Wassergehalt zuführen zu können, ist auf manchen Anlagen als erste Verfahrensstufe zur Schlammwasserabtrennung ein eigener Eindickbehälter (Voreindicker) für Rohschlamm vorgesehen. Überschussschlamm muss mit Flockungshilfsmitteln konditioniert werden. Die Aufenthaltszeit des Schlammes beträgt dort einige Stunden. Der Behälter wirkt ähnlich wie ein Absetzbecken mit dem Unterschied, dass sich ein Krählwerk dreht, um dem Schlammwasser ein Entweichen aus den tieferen Schichten zu ermöglichen. Der Eindicker wird prinzipiell wie ein rundes Absetzbecken beschickt. Bei großen Anlagen erfolgt der Zufluss fortlaufend (kontinuierlich), in anderen stoßweise (diskontinuierlich), z. B. ein- oder zweimal täglich. Letztere werden auch Standeindicker genannt. Das Schlammwasser wird über einen höhenverstellbaren Schnorchel unterhalb des Wasserspiegels abgezogen und dem Kläranlagenzulauf (meist dem biologischen Teil) wieder zugeführt, der eingedickte Schlamm wird aus dem Trichter entnommen.

Ein offener Behälter hat den Nachteil, dass eine Geruchsbelästigung während der Eindickung schwer auszuschließen ist, da der Rohschlamm immer leicht stinkt und die beginnende saure Gärung dies verstärkt.

Manchmal wird auch der ausgefaulte Schlamm eingedickt, um die anschließende Entwässerung oder Trocknung zu erleichtern und ein feststoffärmeres Trübwasser zu erhalten. Diese Nacheindicker arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die Voreindicker, allerdings ohne dass die starken Geruchsbelästigungen auftreten.

Schlamm kann auch maschinell, z. B. mit Zentrifugen, auf einen höheren Feststoffgehalt gebracht werden (siehe Kapitel 7.7).

7.3 Faulung

7.3.1 Unbeheizte Faulräume

Offener Schlammfaulraum zwischen Erddämmen

Für kleine und mittlere Kläranlagen wurde gelegentlich als selbständiger Faulraum ein 3 bis 5 m tiefes Becken in Erdbauweise gewählt, da solche Faulräume sehr wartungsarm sind. Durch den vergleichsweise großen Nutzraum haben sie ein beträchtliches alkalisches Polster, das ein Umkippen und eine starke Geruchsbildung manchmal verhindert. Der täglich gepumpte Roh-

schlamm wird an möglichst zu wechselnden Stellen unterhalb des Wasserspiegels zugeführt. Zur *Einarbeitung* ist der Faulraum bis zum Überlauf mit geklärtem Abwasser zu füllen. Der täglich zugeführte Rohschlamm verdrängt jeweils die gleiche Menge Faulwasser (Trübwasser), dieses wird wieder der Vorklärung zugeführt. Eine sich bildende Schwimmdecke ist ungestört zu belassen. An den aufsteigenden Gasblasen (Geruchsentwicklung!) kann die Aktivität der Faulung beurteilt werden.

Offene Schlammfaulräume können, je nach Bemessung, auch als Schlammstapelräume verwendet werden.

Offene Faulbehälter

Sie funktionieren im Wesentlichen nach dem gleichen Prinzip, wie die Faulräume zwischen Erddämmen. Sie stehen aus dem Gelände heraus und werden als eine Betonringmauer mit Trichter gebaut. Zur Wärmeisolierung wird Erde angeschüttet.

Der Faulraum des *Emscherbeckens* gehört auch zu den unbeheizten Anlagen und wird im Kapitel 5.9.1 behandelt.

7.3.2 Beheizte Faulbehälter

Wirkungsweise und Bauformen

Für mittlere und größere Anlagen werden meistens ein oder mehrere geschlossene Faulbehälter aus Stahlbeton oder Stahl gebaut. Die Bauformen sind sehr unterschiedlich, aber fast alle sind rund. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten werden sie mit einer wirkungsvollen Isolierung verkleidet. Um die notwendigen Wärmemengen vom Heizkessel zum Schlamm zu bringen, wird der zugeführte oder umgewälzte Schlamm in Doppelmantelrohren durch Wärmeaustausch beheizt.
In Großanlagen sind oft mehrere Faulbehälter vorhanden, die hintereinander, ein- oder mehrstufig betrieben werden. Wenn vorhanden, wird die letzte Stufe (Nachfaulraum) dann nicht mehr beheizt, hat etwas niedrigere Temperaturen und dient vor allem der Eindickung und guten Abtrennung von Faulwasser.

Je nach Betriebsweise werden die Faulräume mit 30 bis 50 l je

EW bemessen. Wichtig ist auch die tägliche Faulraumbelastung mit organischen Feststoffen je m^3 Faulraum, die von 2 bis 5 kg/m^3 reichen kann. Die Temperaturen liegen bei 35 bis 40°C.

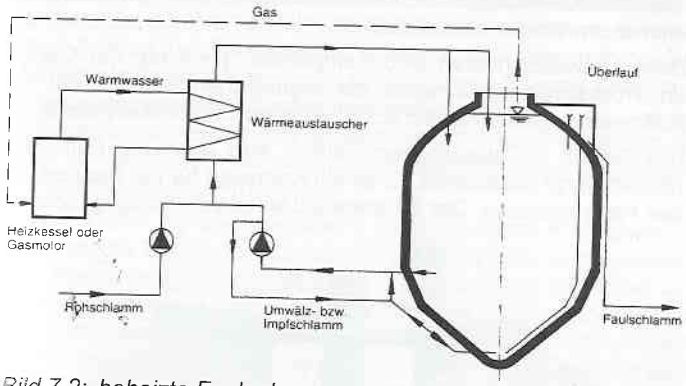


Bild 7.2: beheizte Faulanlage

Betrieb und Wartung

Es wäre abwegig hier in wenigen Zeilen den Versuch zu machen alles aufzuführen, was bei einer beheizten Faulung zu beachten ist, da Konstruktion und Verfahrenstechnik der Heiz- und Faulanlagen sehr unterschiedlich sind. Deshalb werden hier nur die wichtigsten Hinweise stichpunktartig gegeben:

Temperatur und pH-Messung sind für die Überwachung des Faulvorganges sehr wichtig, Faulbehälter sind dafür mit automatischen Messanlagen ausgerüstet. Die in der Betriebsanweisung vorgeschriebene Temperatur ist einzuhalten. Sie darf höchstens um 1°C je Tag nach oben oder unten davon abweichen. Auch die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen der Heizung sind zu überwachen und einzuhalten. Wenn bei Normalbetrieb die Schlammtemperatur absinkt, ist es nicht ratsam, die Vorlauftemperatur zu erhöhen. Durch erhöhte Vorlauftemperaturen werden in Heizungssystemen Schlammverkrustungen an den Heizleitungen verursacht, die dadurch die Wärmeübertragung

noch mehr verringern. Zweckmäßiger ist es, Heiz- und Umwälzzeiten zu verlängern, die Heizelemente zu überprüfen, außen auf Schlammverkrustung, innen auf Verkalkung (Speisewasseraufbereitung!). Schlammleitungen sind grundsätzlich einmal pro Woche zu molchen.

Beim Umwälzschlamm sind Temperatur, pH-Wert, der Gehalt an Trockenrückstand sowie die organischen Säuren und die Kalkreserve (siehe Kapitel 9.3.5) wichtige Betriebskennwerte.

Der Gehalt an *organischen Säuren* wird auch als *Fettsäure (Buttersäure)* bezeichnet. Er ist ein Kennwert für die Beurteilung des Faulprozesses. Der Säuregehalt wird in mg/l angegeben.



Bild 7.3: Faulbehälter

Beim Faulvorgang werden die organischen Stoffe in mehreren Stufen durch Bakterien in organische Säuren zerlegt. Diese dienen den Methan-Bakterien des darauf folgenden Prozesses als Nahrung. Bei einem gut arbeitenden Faulbehälter besteht ein Gleichgewicht des Abbaues in den verschiedenen Stufen. Dabei gibt es einen kleinen Säurevorrat, der einem Wert in der Größenordnung bis 700 mg/l Essigsäure oder etwa 1 000 mg/l Buttersäure entspricht. Steigt der Säuregehalt plötzlich über den der Anlage entsprechenden Normalwert an, so liegt eine

Überlastung der Anlage oder eine Vergiftung der relativ empfindlichen Methan-Bakterien vor. Durch den Anstieg der Säure fällt der pH-Wert im Faulbehälter ab. Da jedoch das *Pufferungsvermögen (Kalkreserve)* des Faulschlammes relativ groß ist, wird der pH-Wert-Abfall erst festgestellt, wenn ein beträchtlicher Anstieg des Säuregehalts erfolgt ist. Die Veränderung des *Säuregehalts* ist das erste Anzeichen einer Störung des Faulprozesses und daher für den Faulbetrieb wichtig.
Die Verfahrenstechnik der anaeroben Schlammbehandlung ist sehr anspruchsvoll und bedarf einer laufenden und sorgfältigen Überwachung des Prozesses.

Täglich sind zu dokumentieren: Die zugeführte *Rohschlamm-Menge*, die Dauer der *Schlammumwälzung* und die abgelassene Menge ausgefaulten Schlammes. Eine mögliche *Schwimmschlammdecke* ist laufend zu kontrollieren und gegebenenfalls zu zerstören oder abzuziehen; die Ursache liegt meist in Kunststoffteilen die durch den Rechen nur ungenügend entfernt wurden. Zu dicke Schwimmdecken behindern den Gasaustritt und können die Faulwasserabläufe verstopfen. Die Gaszusammensetzung (CH_4- bzw. CO_2-Gehalt) ist täglich zu messen; die Ergebnisse liefern erste Anhaltspunkte über mögliche instabile Betriebszustände. Der Heizwert des Schlammes, H_u, ist durch ein geeignetes Institut mehrmals jährlich bestimmen zu lassen.

Die Schlammwasserabläufe sind periodisch durchzuspülen.

Beim alleinigen *Schlammablassen* besteht die Gefahr, dass im Faulbehälter ein Unterdruck (Vakuum) entsteht. Wassertassen können dadurch leergesaugt werden und Luft kann nachströmen. Damit entsteht die Gefahr eines explosiblen Gasgemisches! Deshalb darf nicht mehr als die Schlammmenge abgelassen werden, die dem Faulbehälter auch wieder zugeführt wird; die innenliegende Faulschlammumwälzung ist dabei vorher auszuschalten. Normalerweise wird das Schlammablassen durch die Verdrängung des Beschickungsschlammes erreicht. Angaben dazu sind in der Betriebsanweisung festgelegt.

Der *Gasanfall* ist ein sicherer Hinweis für die Wirksamkeit der Schlammfaulung und ist laufend zu beobachten.



Bild 7.4: Taucher beim Einsatz im Faulbehälter

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb von Faulräumen

- Für die Ableitung von Schwimmschlamm aus dem Faulbehälter Mindestdurchmesser 300 mm verwenden. Schwimmschlammöffnungen mindestens 1 000 mm breit.
- Für Schlammleitungen sind Schnellschlussschieber zum Beseitigen von Verstopfungen zweckmäßig. Schlammleitungen sind grundsätzlich molchbar zu gestalten. Die Schlammentnahmeleitung an der Trichterspitze ist mit Hochdruckwasseranschluss zu versehen zur Beseitigung von Verstopfungen.
- Bei massiven Betriebsproblemen, z. B. verstopften Leitungen, ist es sinnvoll, sich an Spezialfirmen zu wenden, um mit Tauchern den Ursachen auf die Spur zu kommen (Bild 7.4).
- Die Absperrorgane für die Schlammleitungen im Trichterbereich sind grundsätzlich mit zwei hintereinander liegenden Schiebern auszustatten. Dabei ist der näher am Behälter angebrachte Schieber nur eine Absperrmöglichkeit für die Reparatur an dem anderen, dem eigentlichen Bedienschieber.

- Für den Roh- und den Faulschlammanfall darf keinesfalls auf eine Durchflussmessung verzichtet werden. Zu empfehlen ist eine induktive Messung; trotzdem können Volumenmarkierungen in den Pumpensümpfen zweckmäßig sein.
- Oft muss in der Kläranlage auch Fäkalschlamm aufgenommen werden. Wie viel davon verarbeitet werden kann, hängt von Ausbaugröße und Auslastungsgrad der Anlage ab. Einzelheiten dazu und konstruktive Hinweise im Arbeitsblatt DWA-A 280.

7.4 Aerobe Stabilisierung

Durch ständiges Belüften ist es möglich, Schlamm aerob durch Zuführen von Luftsauerstoff zu stabilisieren, also seine Fäulnisfähigkeit zu vermindern. Meistens wird dieses Verfahren bei kleineren Belebungsanlagen mit Langzeitbelüftung ohne eigene Vorklärung angewandt. Dabei finden Reinigungsvorgang und Schlammstabilisierung gleichzeitig im Belebungsbecken statt.

In einigen Fällen ist für die aerobe Stabilisierung ein getrennter Belüftungsraum vorhanden. Dort kann der Überschussschlamm gezielter stabilisiert werden. Da dies nur eine andere Art des Belebungsverfahrens ist, sind Stabilisierungsbecken im Wesentlichen genauso gebaut und ausgestattet wie Belebungsbecken, nur ist der Beckeninhalt deutlich größer. Es werden die gleichen Belüftungsvorrichtungen verwendet. Getrennte Stabilisierungsbecken werden entsprechend dem Anfall an Überschussschlamm, täglich 1 bis 3mal beschickt. Der stabilisierte Schlamm wird etwa alle 2 bis 4 Wochen abgezogen.

Die notwendige Stabilisierungszeit ist temperaturabhängig. Annähernd gelten folgende Werte:

Temperatur des Schlammes im Stabilisierungsbecken in °C	5	10	15	20
erford. Belüftungszeit in Tagen	28	17	11	8

Unter 5 °C findet nahezu kein biochemischer Abbau mehr statt.

Die Verfahrenstechnik der aeroben Schlammstabilisierung bedarf einer laufenden sorgfältigen Überwachung. Dazu gehören Messungen des O_2-Gehaltes wie im Belebungsbecken; 1,5 mg/l soll nicht unterschritten werden. Der Schlammindex ist regelmäßig zu errechnen, dafür ist Schlammvolumen und Schlammtrockensubstanz zu bestimmen. Der BSB_5 des Überstandswassers soll 40 mg/l nicht überschreiten. Der Stromverbrauch ist im Vergleich zur anaeroben Stabilisierung sehr hoch.

Der Schlamm kann als stabilisiert angesehen werden, wenn wenigstens 50 % der ursprünglich vorhandenen, fäulnisfähigen Stoffe (entspricht dem Glühverlust) abgebaut wurden und der Schlamm ohne Geruchsbelästigung entwässerbar ist. Zur Abschätzung des Stabilisierungsgrades verwendet man den sogenannten TTC- Test, bzw. bestimmt man die Atmungsaktivität (siehe Abschnitt 9.3.7).

Es gibt auch eine aerob-thermophile Schlammstabilisierung. Hier entstehen durch Stoffwechselprozesse unter Eintrag von Sauerstoff Temperaturen bis zu etwa 60 °C. Der Vorgang dauert einige Tage; dabei werden auch eine weitgehende Stabilisierung und zusätzlich eine geringe Keimverminderung erzielt.

7.5 Entwässerung in Schlammtrockenbeeten

Die Schlammentwässerung auf *Trockenbeeten* war das früher am meisten angewandte Verfahren. Heute hat es an Bedeutung verloren, da es sehr arbeitsintensiv ist und bei Schlämmen aus Belebungsanlagen meist keine guten Ergebnisse bringt. Unter einer durchlässigen Schicht aus Sand oder Kies, auf die der Schlamm in 20 bis 40 cm dicker Schicht abgelassen wird, sind Dränrohre eingebaut, durch die das Schlammwasser durchsickern kann. Die Dränleitungen neigen sehr zur Verschlammung. Verstopfungen sind stets zu entfernen, wenn sie erkannt und zugänglich sind. Ein großer Teil des sich abscheidenden Wassers verdunstet von der Schlammoberfläche. Auch der Einbau von Ablaufschächten (Mönchen) hat sich bewährt, wenn auf dem Schlamm überstehendes Wasser verbleibt.

7.6 Schlammstapelräume

Die weitere Verwertung oder Entsorgung von Klärschlamm ist aber nicht das ganze Jahr über ohne Unterbrechung gesichert. Ob landwirtschaftliche Verwertung, maschinelle Schlammentwässerung, Verbrennung usw. – eine Zwischenlagerung ist fast immer notwendig. Solche Schlammräume können in Silo- oder Erdbauweise erstellt werden (Bild 7.5). Die jeweils zweckmäßige Bauform hängt vor allem von den betrieblichen Erfordernissen ab. Die Anforderungen können von einer dreimonatigen bis zur einjährigen Stapelzeit gehen. Entsprechend der Stapelzeit und Bauform kann in Stapelräumen eine erhebliche Volumenverminderung erzielt werden. Wenn der Wasseranteil z. B. nur von 95 % auf 92 % vermindert wird, verringert sich das Volumen auf zwei Drittel. Der Wasseranteil kann durch Verdunstung oder Wasserabzug über Schächte vermindert werden.



Bild 7.5: Umwälzeinrichtung für ein Schlammstapelbecken

Normalerweise werden mindestens zwei Stapelräume vorgesehen. Während der eine gefüllt wird, lagert der Schlamm im anderen, z. B. während der Vegetationszeit, oder wird geräumt.

Die Silobauweise hat sich bewährt, weil der Schlamm während der Stapelzeit gleichmäßig durchmischt (homogenisiert) und für die Nassabfuhr gerade noch fließfähig (pumpfähig) gehalten wird. Dafür werden Vorrichtungen wie sie auch in der Landwirtschaft üblich sind, z. B. Tauchmotorrührwerke, Zapfwellenmixer, Elektromixer oder Güllepumpen verwendet.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Bei Silobauweise sind Fülltiefen bis zu 4 m zweckmäßig.
- Zum Reinigen des Wasserabzugsschachtes und des Stapelbeckens selbst ist ein Betriebswasseranschluss notwendig.
- Zur Nassabgabe eignet sich eine schwenkbare galgenartige Schlammleitung mit Schnellschlussschieber.
- Zur Entleerung der Silos sind zwei Möglichkeiten vorzusehen, z. B. Entleerungspumpe und Anschlussmöglichkeit für Vakuumfass.
- Die Abgabestelle soll gut zugänglich sein und eine Wendemöglichkeit für landwirtschaftliche Fahrzeuge anbieten.
- Die Abzapfvorrichtung muss so beschaffen sein, dass Personen und Fahrzeugen möglichst nicht verschmutzt werden (Bild 7.6), die Fläche gereinigt werden kann und das Abwasser dann über Leitungen in den Zulauf der Kläranlage gelangt.
- Eine Abspritzmöglichkeit für Fahrzeuge ist notwendig.
- Zur Entleerung der Schlammstapelbecken ist eine Zufahrtsmöglichkeit mittels Rampe notwendig um auch stark eingedickten Schlamm aus den Totzonen mit vernünftigem Zeitaufwand entfernen zu können.

Betrieb und Wartung

- Überwachung der Entwässerung, Wasserabzug, Beobachtung des Schlammstandes, Kontrolle und Spülung der Dränleitungen (vor der Verstopfung).
- Regelmäßiges Durchmischen alle zwei bis drei Wochen, um Schlammverfestigungen zu vermeiden.

- Probenahmen für Messung auf Feststoffgehalt und zur Untersuchung auf Schwermetalle und Nährstoffe, entsprechend der AbfKlärV.
- Aufzeichnungen im Betriebstagebuch zu Füllen und Räumen mit Datums- und Mengenangabe und über die zugehörigen Ergebnisse der Schlammuntersuchungen.
- Räumung nach Betriebsplan in Abstimmung mit den zuständigen Behörden (Lieferscheinverfahren) und den Landwirten.



Bild 7.6: Schlammabgabe aus dem Silo

7.7 Maschinelle Entwässerung

Maschinen zur Entwässerung von Schlamm sind z. B. Vakuumfilter, Kammerfilterpressen, Bandfilterpressen, Schlammzentrifugen. Die verhältnismäßig teuren Maschinen rechtfertigen sich, wenn es Platzmangel oder Schwierigkeiten mit der Schlammverwertung und -entsorgung gibt. Ihr Betrieb erfordert im Allgemeinen nur wenig Handarbeit, der Überwachungsaufwand ist aber nicht unerheblich.

Die Kosten der maschinellen Schlammentwässerung sind nicht zu unterschätzen, wobei ein beträchtlicher Teil auf die Konditionierungsmittel entfällt. Mit Betriebsmittelkosten, die zwischen 0,80 und 3,00 €/m^3 Nassschlamm liegen, muss gerechnet werden. Berücksichtigt man die Betriebskosten einschließlich Wartung, Unterhaltung sowie Investitionskosten, dann ist mit Beträgen von 20 bis 50 €/m^3 zu rechnen.

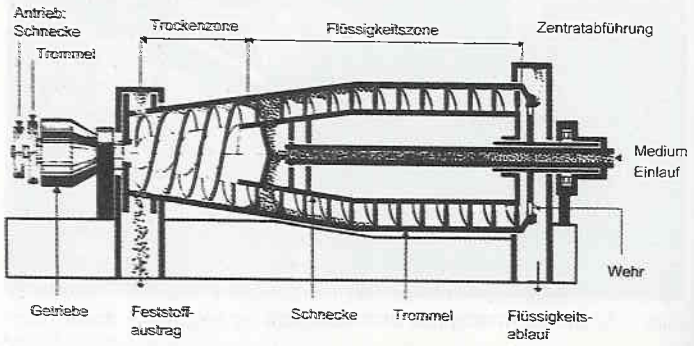


Bild 7.7: Schlammzentrifuge

Die Art des Verfahrens richtet sich nach dem erforderlichen Entwässerungsgrad und nach der beabsichtigten Verwendung des Endproduktes, sei es zur Kompostierung oder Verbrennung. Mit Zentrifugen und Bandfilterpressen ist ein Trockenrückstand von 20 bis 35 % erreichbar. Vor dem Kauf einer neuen Entwässerungsmaschine, sollte immer ein mehrtägiger Entwässerungsversuch mit der vorgesehenen Maschine gefahren werden. Die Entwässerbarkeit, der Bedarf an Konditionierungsmittel sowie deren Unterschied in der Wirksubstanz können bei jedem Schlamm anders sein.

Wenn der Schlamm verbrannt werden soll, ist meist ein höherer Entwässerungsgrad zweckmäßig. Diese Frage ist aber im Einzelfall mit dem Unternehmensträger der Verbrennungsanlage vertraglich zu regeln.

Auch wenn der Schlamm maschinell entwässert wird, kann auf einen Schlammstapelraum nicht verzichtet werden, da hierdurch die Betriebssicherheit der Kläranlage erheblich vergrößert wird. Er ist auch dann notwendig, wenn mehrmals im Jahr eine Lohnentwässerung durchgeführt wird.

7.8 Gasanfall und Gasbehandlung

Das entstehende Faulgas (Klärgas) kann zur Beheizung der Faulbehälter, der Betriebsräume, der Wohnung usw. ausgenutzt werden. Auch eine Abgabe des Faulgases an eine öffentliche Gasversorgung oder die Verwertung in einer Gasmaschine zur Stromerzeugung und Abwärmeverwertung ist wirtschaftlich. Die Aufbereitung des Faulgases zur Nutzung in Brennstoffzellen wird im DWA-Regelwerk M 299 [1] erläutert.

Die Faulgasproduktion ist ein guter Maßstab zur Beurteilung der Faulung: So ist z. B. am Rückgang der Gasmenge zu erkennen, ob die Faulung zum „Umkippen" neigt. Während der Einarbeitung des Schlammes im Faulbehälter ist die Gasmenge genau zu beobachten. Während der Umwälzung erhöht sich der Gasanfall. Je nach Betriebsweise kann die tägliche Gasmenge 0,5 bis 1 m^3 je m^3 Faulraum betragen bzw. 16 bis 20 l/E.

Faulgas hat etwa folgende Zusammensetzung:

60 - 70 % Methan (CH_4)	0 - 1,7 % Sauerstoff (O_2)
26 - 36 % Kohlendioxid (CO_2)	0 - 1 % Wasserstoff (H_2)
1 - 10 % Stickstoff (N_2)	0 - 1 % Schwefelwasserstoff(H_2S)

Bei dieser Zusammensetzung hat Faulgas eine geringere Dichte als Luft und steigt nach oben. Eine Störung der Methanfaulung ist auch am CO_2-Gehalt zu erkennen, wenn er über genannten Werte hinaussteigt; der Heizwert geht dann zurück.

Die Hauptbestandteile des Faulgases, Methan und Kohlendioxid, sind an sich geruchlos; durch andere Stoffbeimengungen erhält es meistens einen erkennbaren, aber nicht unangenehmen Geruch (Explosionsgefahr beachten!). Faulgas hat einen niedrigeren Heizwert als Erdgas.

Zusammen mit Luft bildet Faulgas ein explosionsfähiges Gemisch. In Räumen oder Bereichen, in denen mit einer Explosionsgefahr zu rechnen ist, sogenannte Ex-Zonen entsprechend dem aufgestellte Ex-Zonenplan, sind Feuer und Rauchen sowie die Erzeugung von elektrischen oder mechanischen Funken verboten. Die Bereiche sind dauerhaft mit den entsprechenden DIN-Symbolen zu kennzeichnen.

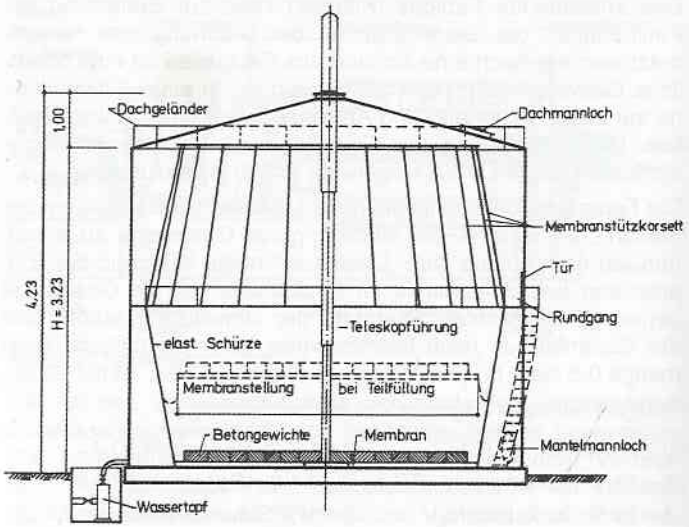


Bild 7.8: Schema eines Trockengasbehälters

Die Gaserzeugung schwankt je nach Schlammanfall und Tageszeit, deshalb ist ein Gasspeicher notwendig. Das hat mehrere Vorteile. Eine möglichst kontinuierliche Verwertung wird ermöglicht und die störanfälligen Schalthandlungen werden geschont. Bei höherem Anfall muss das Gas nicht über die Fackel ungenutzt verbrannt werden. Neben den üblichen Niederdruckgasbehältern mit Wasser- oder Öltassen sowie Trockengasbehältern (Bild 7.8), werden Hochdruckbehälter verwendet.

Die in der Gasleitung eingebauten *Wassertöpfe* (Siphon) sind täglich zweimal zu entwässern, damit es zu keinem Gasverschluss kommt. Der Gasdom auf dem Faulbehälter ist mit einer Wassertasse ausgerüstet, es ist täglich zu prüfen, ob der Wasserstand zur Verhinderung des Gasaustrittes ausreicht. Das Wasser ist vor Frost zu schützen.

Die Elektroinstallation in explosionsgefährdeten Räumen und Bereichen muss in „Ex" (explosionsgeschützt) ausgeführt sein. Ein *Explosionsschutzdokument* ist zu erstellen. Nach den Sicherheitsregeln „Explosionsschutz in abwassertechnischen Anlagen" sind als durch Faulgas explosionsgefährdet anzusehen (Auszug):

a) Geschlossene Anlagenteile in Klärwerken, in denen Abwasser oder Klärschlamm gespeichert oder behandelt wird, wenn dabei Faulgas entstehen und in die geschlossenen Räume entweichen kann.

b) Das Innere von Apparaten, Behältern und Leitungen, die Faulgas oder Klärschlamm enthalten oder enthalten können.

f) Räume mit gasführenden Apparaten, die während des Betriebes zeitweise geöffnet werden müssen (z. B. Gasreinigung, Kies- und Keramikfilter).

g) Räume mit Apparaten für Faulgas, dem die korrodierend wirkenden Bestandteile nicht entzogen wurden (Rohgas) (z. B. Räume mit Gasmessern in Blechgehäusen), wenn die Apparate gegen Korrosion nicht ausreichend geschützt sind.

h) Räume mit Gasgebläsen u. Gasverdichtern für brennbare Gase.

i) Räume mit Gasdruckregleranlagen mit Zuleitungen über DN 50 und Vordrücken über 50 mbar.

k) Geschlossene Räume über den Gasglocken von Faulbehältern.

l) Bereiche um freistehende Niederdruckgasbehälter:

Bis zu 5 000 m^3 Nenninhalt: 6 m, mit mehr als 5 000 m^3 Nenninhalt: 10 m Freizone. Bei Behältern bis zu 2 500 m^3 kann die Mindestbreite der Freizone bei günstigen örtlichen und betrieblichen Verhältnissen unterschritten werden.

m) Bereiche im Freien im Umkreis von 3 m um Öffnungen gasführender Apparate, Behälter usw., die betriebsmäßig geöffnet werden oder aus denen betriebsmäßig Gas entweichen kann.



Bild 7.9: Trockengasbehälter

Jegliche Zündquellen sind hier verboten. So sind z. B. schadhafte Schalterdeckel oder gebrochene Schutzgläser von Leuchten sofort zu ersetzen, um Funkenbildung auszuschließen. Natürlich gilt Rauchverbot! Auch Aluminium neigt zu Funkenbildung und ist nicht explosionssicher. Einzelheiten sind in der Ex-Schutzregeln und in den o.a. Richtlinien festgelegt. Der Gemeindeunfallversicherungsverband hat eine Beispielsammlung für Ex-Anlagen herausgegeben, die sehr instruktiv ist.

Wenn in Räumen Gasgeruch wahrgenommen wird, nur mit Atemschutzgerät betreten, für absaugende Lüftung sorgen, Gasaustrittstelle suchen und Schaden funkenfrei beheben. Meist sind Leitungen durch Stickstoffgas zu inertisieren bevor daran gearbeitet werden darf. Schweiß- und Befahrerlaubnisscheine sind auch für betriebsfremdes Fachpersonal auszustellen (Anhang zum DWA-Regelwerk A 199-1).

Um die Heizungseinrichtungen (Gasleitungen, Feuerungsroste) oder Gasmotoren vor zu schnellem Rosten (Korrosion) oder das Motorenöl vor Zersetzung zu schützen, wird das schwefelhaltige Faulgas häufig über einen Entschwefler geleitet. Dessen Füllung aus rötlichem Raseneisenerz (Eisenoxidgranulat) ist regelmäßig zu prüfen. Schwarzgefärbtes Material wird unten herausgenommen und oben durch frisches (regeneriertes) ersetzt.

Das verbrauchte Material wird in dünnen Schichten ausgebreitet. Durch den Luftzutritt regeneriert es sich von selbst und kann, wenn es wieder hell geworden ist, erneut verwendet werden. Die Ex-Schutzregeln sind hier genau zu beachten, da die Gefahr der Selbstentzündung besteht. Dies gilt besonders, wenn Raseneisenerz zur Entschwefelung verwendet wird. Keinesfalls darf die Regeneration in explosionsgefährdeten Räumen oder Bereichen vorgenommen werden. Diese Art der Gasentschwefelung mit anschließender Regenerierung der Masse an der Luft darf nicht mit der Rauchgasentschwefelung bei Kohlekraftwerken verwechselt werden, bei der SO_2 zurückgehalten und gebunden wird, um Luftverunreinigungen zu vermeiden. Wenn Faulgas nicht entschwefelt wird, sind Leitungen aus schwarzem Stahl der Korrosion besonders ausgesetzt. Korrosionsbeständiger Edelstahl oder geeigneter Kunststoff ist deshalb zu bevorzugen.

Anregungen zu Gestaltung und Betrieb

- Für Gasleitungen sollten schlagfeste Kunststoffrohre verwendet werden, um Korrosionserscheinungen auszuschließen.
- Gasleitungen zwischen Faulbehälter und Entschwefler so führen, dass das Gas abgekühlt und trocken im Entschwefler ankommt, um Kondenswassererscheinungen im Entschwefler auszuschließen. Kondenswasserabzug zwischen Faulbehälter und Entschwefler vorsehen.
- In Gasleitungen an gefährdeten Stellen Reinigungsöffnungen anordnen zur Beseitigung von Vereisung und Verstopfung.
- Gashaube isolieren, um Wärmeverluste zu vermeiden.
- Gasbehälter möglichst für einen Tagesanfall bemessen.



Bild 7.10: Achtung Exzonenbereich

8. Maschinelle und elektrische Einrichtungen

8.1 Allgemeines

Die Automatisierung im Klärwerksbetrieb und im Kanalnetzbereich erfordert einen immer größeren Einsatz von maschinellen Einrichtungen. Deshalb sind besondere Kenntnisse für ihre Instandhaltung notwendig, denn Störungen und Ausfälle sind auch bei gezielter Auswahl nicht zu vermeiden.

Nach DIN EN 31051 lautet der Oberbegriff „Instandhaltung":

- ***Instandhaltung***: Technische, administrative und organisatorische Maßnahmen zum Funktionserhalt.

Die Untergliederung der Instandhaltung ist wie folgt definiert:

- ***Inspektion***: Erfassen und Beurteilen des Istzustandes einer Anlage oder eines Betriebsmittels durch Überwachen, Kontrollieren, Prüfen, Messen usw. und Ableiten von Konsequenzen daraus.
- ***Wartung***: Bewahren des Sollzustandes durch Ersetzen und Ergänzen von Teilen an Anlagen und Betriebsmitteln, z. B. durch Reinigen und Pflegen, Justieren, Ein- und Nachstellen sowie Abschmieren.
- ***Instandsetzung***: Beseitigen der Mängel durch Wiederherstellung des Sollzustandes. Es sind auch Mängel zu beheben, welche die Sicherheit der Anlage beeinträchtigen, wenn diese sich nicht in ordnungsgemäßem Zustand befindet.

Überträgt man diese Definitionen auf die Einrichtungen einer Abwasserbehandlungsanlage, lassen sich schnell Probleme bei der Abgrenzung der Begriffe erkennen. Es stellt sich z. B. die Frage, bis zu welcher Größe Teile an Anlagen ersetzt oder ergänzt werden dürfen, um noch unter den Begriff „Wartung" zu fallen. Wenn ein Keilriemen ausgewechselt wird, ist sowohl eine Tätigkeit unter dem Begriff Wartung möglich als auch eine Zuordnung zur Instandhaltung.

Um in der Praxis eine Trennlinie ziehen zu können, ist folgende

Festlegung sinnvoll:

Unter ***Inspektion*** sind alle Tätigkeiten zu verstehen die durch Wahrnehmungen mit den menschlichen Sinnesorganen durchgeführt werden können, also kein Werkzeug benötigen, wie z. B.

- Ablesen von Motorstromaufnahme, Betriebsstunden, Pumpensumpfwasserspiegel, Wasserstand des Druckwindkessels, Pumpenförderhöhe am Manometer des Druckstutzens, der Durchflussmenge;
- Prüfen des Ölstandes und der Fettfüllung, der Stopfbüchsleckage der Sperrflüssigkeitszufuhr, des schwingungsfreien Laufes, der Dichtheit von Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen, des Oberflächenschutzes maschineller Anlagen;
- Wahrnehmung von Betriebsgeräuschen z. B. auch Schlagen von Rückschlagklappen, Strömungsgeräusche in Rohrleitungen, Quietschen von Keilriemen beim Einschalten der Aggregate, Pfeifen der Stopfbüchse bzw. der Gleitringdichtung, Brummen von Schaltgeräten,
- Feststellung von Lagertemperaturen, Vibrationen, Temperaturen von Stopfbuchsgehäusen, Motortemperaturen, Kühlwassertemperaturen usw.
- Wahrnehmung von Gerüchen, z. B. nach verbranntem Gummi durch rutschende Keilriemen, durch überbeanspruchte Kupplungspakete, durch überlastete Elektrogeräte bzw. Verkabelungen oder auch Gasgeruch durch Undichtheiten der Installation von Rohrleitungen und Armaturen.

Die Inspektion (auch passive Wartung genannt) ist also mit geringem Aufwand an Zeit und Geld verbunden. Jedoch können mit ihr sich anbahnende Betriebsstörungen bzw. Maschinenausfälle sehr oft erkannt und frühzeitig und mit relativ geringen Kosten vermieden werden.

Die Inspektion ist auch mit der Aufzeichnung von Daten und Wahrnehmungen verbunden. Nur so sind sie dem Kollegen, der Urlaubs- oder Krankheitsvertretung, zugänglich und nur so

kann z. B. die abgelesene Stromaufnahme mit früheren Werten verglichen werden um Abweichungen zu erkennen.

Die spezifischen Daten wie Stromaufnahme, Betriebsstunden und besondere Feststellungen lassen sich in ein Maschinenbuch fortlaufend und zwar für alle vorhandenen Maschinen gemeinsam aufzeichnen. Jedoch hat diese Art den Nachteil, dass insbesondere bei größerer Maschinenzahl die Übersicht erschwert wird und die Daten sogar gesucht werden müssen.

Zweckmäßig ist es deshalb, für jede Maschine eine DIN-A-4 Seite anzulegen, auf der die Daten eines Aggregates erfasst werden. Ein Vergleich mit früheren Aufzeichnungen ist dann ohne langes Suchen auf einen Blick möglich.

Um keine Termine wie Abschmieren, Ölwechsel, Gleitringdichtungskontrollen usw. zu übersehen, empfiehlt es sich, eine Wartungskartei anzulegen. Eine entsprechende Arbeitshilfe auf Karteibasis ist beim F. Hirthammer-Verlag zu beziehen. Hier kann mit geringem Schreibaufwand eine hohe Sicherheit hinsichtlich der Dokumentation der Maschinenwartung auch bei Krankheitsausfall und Urlaubsvertretung erreicht werden. In einem *Terminübersichtsplan* (Bild 8.1) lässt sich alles so zusammenfassen, dass Arbeiten für jede Maschine auf einen Blick erkennbar sind.

Unter ***Wartung*** sind alle Tätigkeiten zu verstehen, die in regelmäßigen Zeitabständen erfolgen wie Ölwechsel (es wird Werkzeug dafür benötigt) und auch das Auswechseln von Verschleißteilen (z. B. Keilriemen).

Wichtig ist dabei, dass diese Arbeiten auch an Maschinen durchgeführt werden müssen, die längere Zeit nicht in Betrieb sind, also die entsprechenden Betriebsstunden nicht erreicht haben. Dies gilt besonders für Einrichtungen, die nicht wechselweise betrieben werden können. Z. B. muss bei Tauchpumpen die Ölkontrolle (gehört nicht zur Inspektion, da Werkzeug dafür benötigt wird) zur Feststellung der Wirksamkeit der Gleitringdichtung, auch bei selten betriebenen Regenwasserpumpen, durchgeführt werden; gleiches gilt für Notstromaggregate.

Lagerstellen mit langen Fettversorgungsleitungen sind nach längeren Stillstandszeiten vor der Wiederinbetriebnahme auch dann zu schmieren, wenn normalerweise eine automatische Fettpresse (sie wird betriebsstundenabhängig gesteuert) die Fettversorgung übernimmt.

Reserveaggregate sollen möglichst wechselweise mit den Grundlastaggregaten betrieben werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass eine der Maschinen einen so langen Vorlauf erhält, dass die Lieferfristen für die Beschaffung von Ersatzteilen berücksichtigt werden. Gleichzeitige Ausfälle wegen gleichmäßiger Abnutzung können so vermieden werden.

Bei allen Wartungsarbeiten (auch aktive Wartung genannt) ist zu berücksichtigen, dass die in den Betriebsvorschriften angegebenen Wartungsintervalle als Anhaltswerte zu betrachten sind. Durch Einbeziehung der eigenen Erfahrungen können die wirklichen Betriebserfordernisse mit den Vorgaben der Hersteller in Einklang gebracht werden.


Terminplan für Schmier- und Wartungsarbeiten X./2./X./X. Quartal 2004 Anlage München

Anlageteile	KW	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24
		M	D	M	D	F	S	M	D	F	S	M	D	F
Rechen – Getriebe	1													
– Lager							S							
– Freiganglager							W							
– Ketten														
Pumpe 1 – Getriebe	2													
– Lager							S							
Pumpe 2 – Getriebe	3													
– Lager							S							
Zahnrad – Getriebe	4													
– Rollager							S							
Räumerantrieb – Lager	5													
– Freilaufkupplung							W							
Räumer – Getriebe	6													
– Radlager							S							
– Freilaufkupplung							W							
Kreisel 1 – Getriebe	7													
– Lager							S							
Kreisel 2 – Getriebe	8													
– Lager							S							
Räumerantrieb PE – Lager	9													
– Packung							W							
Räumerantrieb FE – Lager	10													
– Packung							W							
Räumer – Getriebe	11													
– Lager							S							
Räumerantrieb – Getriebe	12													
– Lager							S							
Rohrschieber 2 – Lagerdeckel	13													
– Packung							W							

Bild 8.1: Terminplan

8.2 Pumpen

Siehe auch Abschnitt 3.8 Abwasserableitung Pumpwerke.

Betrieb und Wartung von Pumpwerken

Zur Inspektion und Wartung von Pumpwerken gehört die Betriebsüberwachung des richtigen Maschineneinsatzes, des einwandfreien Maschinenlaufs sowie Kontrollen bei der Inbetriebnahme und im laufenden Betrieb. Dazu gehört auch die Führung eines Pumpenbetriebsbuches, in dem Förderhöhen, Förderstrom, Betriebsstunden und Stromaufnahme registriert werden. In größeren Pumpwerken ist es zweckmäßig auch Wetterlage, Niederschläge, Wasserstände, Tagesfördermengen, elektrische Spitzenleistungen, Wirk- und Blindstromverbrauch aufzuzeichnen. Bei großen Kanalnetzen werden die wichtigsten Daten in eine Zentrale fernübertragen. In diesen Fällen ist meist Schichtpersonal vorhanden oder Rufbereitschaft vorgesehen.

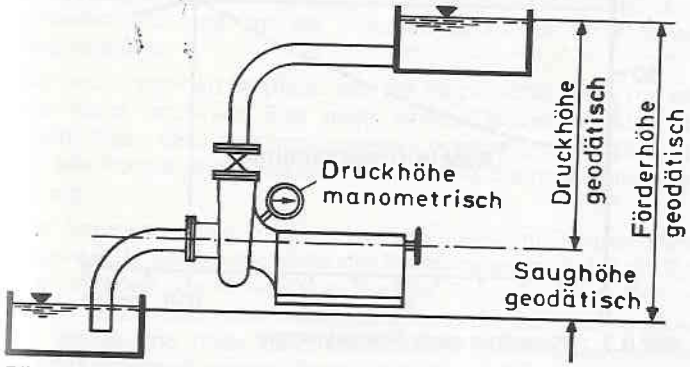


Bild 8.2: Bestimmung der Förderhöhe

Die manometrische Förderhöhe ist die Summe aus der geodätischen Förderhöhe und der Reibungsverluste in den Rohrleitungen und Armaturen.

Betriebsstörungen sollten schnell behoben werden, um Rückstau und Überschwemmungen zu vermeiden. Um Störungen

rasch zu erkennen, müssen Pumpwerke täglich nachgesehen werden. Automatische Störmeldeeinrichtungen sind deshalb empfehlenswert.

Bei Störungen durch Stromausfall ist sofort mit der Entstörungsstelle des Energieversorgungsunternehmens (EVU) Kontakt aufzunehmen. Diese Telefonnummer gehört ins Pumpenbetriebsbuch. Um Maschinenschäden schnell beheben zu können, sind entsprechende Ersatzteile in der Werkstätte bereitzuhalten. Besonders schnell verschleißen z. B. Laufräder, Stopfbüchsen einschließlich Packungen, Gleitringdichtungen, Wellenschutzhülsen, Lager, Keilriemen.

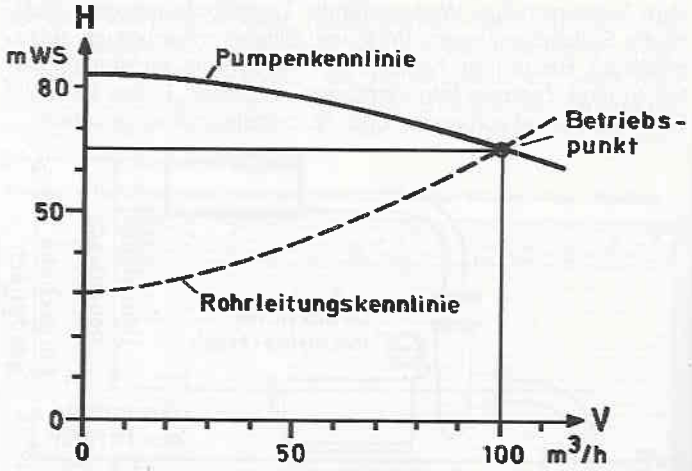


Bild 8.3: Kennlinie einer Kreiselpumpe

Die Charakteristik einer Kreiselpumpe kann den Kennlinien in Bild 8.3 entnommen werden. Der Betriebspunkt ist die wirtschaftlichste Betriebsweise.

Wartungsarbeiten an Kreiselpumpen

Die dem Verschleiß unterworfenen Stellen sind dort, wo drehende Teile gegen feststehende laufen. Das sind z. B. der

saug- und druckseitige Dichtspalt zwischen Laufrad und Gehäuse, sowie die Wellenabdichtung.

Je nach Fördermedium ist der Verschleiß zwischen Laufrad und Gehäuse mehr oder minder groß. Meist genügt eine halbjährliche Kontrolle der Laufradspiele; damit kann auch der Zeitpunkt einer anstehenden Reparatur vorausbestimmt werden.

Die Lagerung des Pumpenläufers sollte problemlos sein, wenn Abschmieren und Ölwechsel fristgemäß durchgeführt werden. Grundsätzlich sind Verschleißteile auf Vorrat zu halten, damit Reparaturen kurzfristig möglich sind. Die Stopfbüchspartie ist besonderem Verschleiß ausgesetzt. Laufradrückenschaufeln entlasten zwar den Stopfbüchsraum während des Betriebes, doch bei Fördermedien mit hohem Schlamm- und Sandanteil ist trotz Sperrfett- bzw. Sperrwasserbeaufschlagung Verschleiß zu verzeichnen.

Bei entsprechender Beachtung folgender Hinweise lassen sich Arbeiten und Ärger mit der Stopfbüchse auf ein Mindestmaß beschränken.

Bei neuverpackten Stopfbüchsen die Stopfbüchsenbrille nur mit der Hand anziehen. Erst nach einigen Betriebsstunden so nachziehen, dass sich tropfenweise Leckage einstellt. Dies gilt für alle Packungsmaterialien mit oder ohne Sperrwasserbeschickung.

Der Sperrwasserdruck soll geringfügig über dem Pumpendruck liegen. Z. B. bei 1,5 bar sollte der Sperrwasserdruck 1,8 bis 2,0 bar betragen. Zu hoher Druck bewirkt Packungszerstörung in relativ kurzer Zeit. Verschleißbedingt wird die Stopfbüchsleckage größer und muss durch Nachziehen der Stopfbüchsbrille wieder verringert werden. Steht die Brille am Stopfbüchsgehäuse an und kann nicht mehr nachgezogen werden, muss der Stopfbüchsraum neu verpackt werden. Mit Packungsziehern wird die alte Packung entfernt. Der Sperrkammerring – wenn vorhanden – wird mit zwei Stahlhaken herausgezogen.

Achtung! Reihenfolge und Anzahl der Packungsringe zum Sperrkammerring sind beim Entfernen festzuhalten. Die Welle

bzw. die Wellenschutzhülse muss auf Verschleiß untersucht werden. Eingelaufene Oberflächen bringen auch mit neuem Packungsmaterial keine gute Abdichtung.

Neues Packungsmaterial muss vor Beginn der Arbeiten in den geeigneten Abmessungen vorhanden sein. Im Fachhandel sind Meterware oder fertiggepresste Packungsringe erhältlich. Letztere können nur dann beschafft werden, wenn Innen- bzw. Außendurchmesser und Packungsstärke bekannt sind.

Meterware muss auf die genaue Länge abgeschnitten werden. Mit einem Rundholz, welches dem Durchmesser der Welle bzw. der Wellenschutzhülse entspricht, kann mit daraufgewickeltem Packungsmaterial und schräg angesetztem Schnitt, die geforderte Länge exakt erreicht werden.

Mit schrägen Schnittflächen kann sich der Packungsring beim Einlegen besser anpassen. Außerdem lässt sich dadurch eine größere Abdichtungsfläche als bei einem rechtwinkeligen Schnitt erzielen. Die so erhaltenen Ringe werden in der Reihenfolge eingelegt, die man beim Entfernen der verbrauchten Packung festgestellt hat. Die Schnittstellen werden dabei von Ring zu Ring um 90 bis 180 Grad versetzt.

Die Stopfbüchsbrille nur leicht anziehen, auch wenn die Leckage größer als normal ist, und Pumpe längere Zeit betreiben. Erst dann die Packung nachziehen und kontrollieren, ob Sperrflüssigkeit bzw. Sperrfett vorhanden ist.

Statt der Packungsabdichtung wird häufig die Gleitringdichtung eingesetzt. Abgesehen von ständiger Dichtheitskontrolle sind keine Wartungsarbeiten erforderlich. Werden Pumpen nach längerer Standzeit in Betrieb gesetzt, muss die Gleitringdichtungspartie mit Betriebswasser von Verunreinigungen freigespült werden. Trockenlauf führt zur Zerstörung der Gleit- bzw. Abdichtungsflächen und muss deshalb vermieden werden.

Störungen

Ursache	Behebung
Pumpe läuft bei automatischem Betrieb nicht mehr	
Überstromauslöser hat angesprochen	Auslöseknopf am Schütz- bzw. Stern-Dreieck-Schalter wieder eindrücken, bei Wiederansprechen des Bi-Metalls liegt andere Fehlerquelle vor.
Hand-O-Automatik Schalter steht nicht auf Automatik	Schalter in gewünschte Stellung bringen. Probebetrieb mit Handschaltung.
Steuersicherung durchgebrannt	Sicherung auswechseln lassen und Pumpe probeschalten. Sprechen Sicherungen wieder an, Elektriker holen.
Motor durchgebrannt	Durch Fachfirma neu wickeln lassen. Vor Wiedereinbau Ausfallursache feststellen, damit sie behoben wird.
Motorschütze erhalten bei Automatikbetrieb keinen Einschaltimpuls	Steuersicherung prüfen. Handbetrieb probieren. Wasserstandsabhängige Steuerung prüfen. Durch Elektriker prüfen, ob an der Schützspule Spannung ansteht.
Schützspule durchgebrannt	Vom Elektriker auswechseln.
Pumpe läuft nicht hoch und fällt in der Sternstufe raus	
Umschaltzeit von Stern auf Dreieck ist groß	Umschaltzeit auf 6 - 8 s einstellen.

Ursache	Behebung
Schützkontakte kleben schmoren, Motorsicherungen sprechen an	Umschaltzeit prüfen, ggf. Umschaltrelais auswechseln lassen. Prüfen, ob Schütze ausreichend dimensioniert.
Motor überlastet	Pumpenläufer prüfen, ob blockiert oder schwergängig (Verstopfungen oder saug- bzw. druckseitige Festbrennungen in der Pumpe!)
Pumpe fördert nicht!	
	Manometer- und Amperemeteranzeigen prüfen; mit früheren Messdaten vergleichen.
Pumpe bzw. Rohrleitung nicht richtig entlüftet	Pumpe laufen lassen und Gehäuse bzw. Rohrleitungshochpunkt entlüften.
Pumpendrehrichtung falsch	Anschlüsse umpolen lassen.
Saug- bzw. Druckschieber geschlossen	Schieber öffnen.
Rückschlagklappe wegen ungünstiger Rohrführung mit Verunreinigungen zu	Schieber schließen, Rückschlagklappe säubern. Weiterer Betrieb: Pumpe öfters wechseln bzw. in Betrieb setzen.
Saugleitung bei saugenden Pumpen undicht	Saugleitung prüfen, abdichten.
Pumpeneinlauf zugesetzt	Zulaufleitung überprüfen, ggf. Pumpensumpf reinigen.
Druckleitung verstopft	Leitung spülen und reinigen.
Stopfbüchse bei saugenden Pumpen undicht	nachziehen oder nachpacken; wenn kein Erfolg: Stopfbüchse neu verpacken. Sperrwasserzufuhr prüfen.

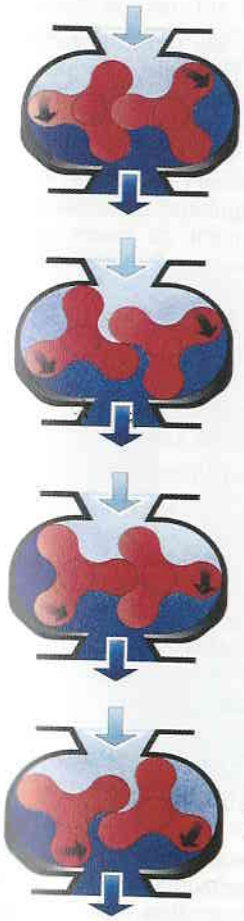
Ursache	Behebung
Pumpe fördert zu wenig!	
	Manometer prüfen, mit früheren Messwerten vergleichen.
Saugleitung und Pumpengehäuse enthalten noch Luft	Vollständig entlüften.
Saug- bzw. Druckschieber nicht vollständig geöffnet	Schieber ganz öffnen.
Saugleitung bei saugende Pumpen undicht	Saugleitung abdichten.
Stopfbüchse bei saugenden Pumpen zieht Luft	Nachziehen, nachpacken oder neu verpacken.
Verstopfungen am Einlauf zur Pumpe	Verunreinigungen entfernen Sperrwasserzufluss prüfen
Verstopfungen in der Pumpe	Pumpenreinigungsdeckel öffnen, Laufrad überprüfen und Verunreinigungen entfernen.
Pumpendrehsinn verkehrt	Motoranschlüsse umpolen.
Vorhandene Förderhöhe größer als Pumpenförderhöhe	Auslegung von Hersteller prüfen. Auslegung ändern, mit großem Laufrad oder Drehzahlerhöhung bei Riemenantrieb.
Großer Verschleiß bei Innenteilen bzw. Dichtspalten.	Ersatzteile einbauen oder einbauen lassen.
Pumpe fördert zu viel!	
Vorhandene Förderhöhe kleiner als Pumpenförderhöhe	Auslegung von Hersteller prüfen, evtl. kleineres Laufrad einbauen oder Drehzahlverringerung bei Keilriementrieb. (Kurzzeitige Drosselung des Druckschiebers , Verstopfungsgefahr!)

Ursache	Behebung
Motor überlastet!	
	Messwerte von Amperemeter und Manometer prüfen und mit früheren Werten vergleichen.
Vorhandene Förderhöhe kleiner als Pumpenförderhöhe	Druckschieber vorübergehend drosseln. Leistungsreduzierung nach Angaben der Lieferfirma.
Laufrad verstopft	Laufrad durch Reinigungsöffnungen reinigen.
Festbrennungen in den Dichtspalten (besonders nach langer Betriebszeit)	Wenn möglich Dichtspalte über Reinigungsöffnung säubern, evtl. Pumpe öffnen und Laufrad abziehen. Dichtspalte neu einstellen bzw. neue Schleißteile einbauen.
Stopfbüchsbrille ist zu fest angezogen	Stopfbüchsbrille lockern.
Pumpe verspannt	Pumpe neu ausrichten, Rohrleitung wieder spannungsfrei anschließen.
Laufrad streift am Gehäuse	Lager überprüfen und Gehäusespiele neu einstellen.
Motor und Pumpen fluchten nicht	Kupplungsschutz abbauen und elastische Kupplung überprüfen und neu ausrichten.
Pumpenlager werden außergewöhnlich heiß!	
Zu geringer Ölstand im Lagerstuhl	Öl bis zur erforderlichen Höhe nachfüllen
Pumpe verspannt	Pumpe neu ausrichten.
Motor und Pumpe fluchten nicht	Pumpe, Motor neu ausrichten

Ursache	Behebung
Grundbüchse ausgeschlagen, Packung und Wellenschutzhülse ausgeschlagen Keilriemenspannung zu groß	Neue Wellenschutzhülse aufziehen und neu verpacken. Keilriemenspannung neu einstellen
Die Kugellager sind verschmutzt, sie wurden schon überflutet und haben Rost angesetzt	Kugellager erneuern und nach Betriebsvorschrift einbauen.
Pumpe verursacht starke Geräusche und läuft unruhig!	
Pumpe saugt Luft	Undichtigkeiten an der Pumpe, Armaturen und Rohrleitung beseitigen.
Pumpe läuft im Kavitationsbereich	Auslegung und Zulaufverhältnisse müssen von Zulieferfirma untersucht werden (tatsächliche Förderhöhe geringer als Auslegungshöhe).
Pumpe und Motor fluchten nicht	Pumpe und Motor neu ausrichten.
Pumpe ist verspannt	Pumpe neu ausrichten.
Pumpenlager verschmutzt oder angerostet	Lager austauschen.
Fremdkörper (Steine usw.) in der Pumpe	Fremdkörper durch Reinigungsöffnung entfernen,
Drehrichtungssinn verkehrt	Richtigstellen durch Umpolen der Anschlüsse.
Laufrad streift am Gehäuse	Gehäusespiel überprüfen und neu einstellen.
Keilriemenscheiben und Keilriemen werden heiß!	
Riemenspannung zu gering	Keilriemen nachspannen.

Ursache	Behebung
Ausrichtung von Pumpe und Motor stimmt nicht	Neu ausrichten.
Keilriementrieb zu schwach ausgelegt	Lieferfirma wegen Überprüfung der Auslegung anschreiben.
Riemen wurden nicht längengeprüft satzweise aufgelegt	Neue Riemen satzweise auflegen.
Wasserstandsabhängige Steuerung spricht nicht an: bei elektro-pneumatischer Steuerung!	
Pneumatische Fernleitung bzw. Fernmelder oder Kontaktgeber undicht	Dichtigkeit mit Seifenschaum prüfen, undichte Stellen ausbessern bzw. undichte Geräte reparieren lassen.
Luftglocke im Pumpensumpf verunreinigt	Pumpensumpf reinigen.
bei Elektroden-Steuerung!	
Leitfähigkeits-Elektroden verseift, verölt und verfettet	Elektroden säubern und elektrische Anschlüsse überprüfen.
Kapazitiv-Elektroden haben Wasserschluss	Stabelektrode von hängenden Papier- und Textilresten, die ins Wasser hängen, säubern.
bei Schwimmerschaltung!	
Schwimmer, Gestänge oder Schwimmerseil mit Schmutzstoffen belastet	Schwimmer und Führung säubern oder erneuern.
Gestängeschwimmer verstellt bzw. Schwimmer klemmt	Schwimmerbegrenzungen neu einstellen.

8.3 Drucklufterzeuger



Der technische Aufbau ist dem von Pumpen ähnlich. Allerdings wird statt Wasser Luft gefördert. Das einfachste Gerät ist die Luftpumpe beim Fahrrad, sie funktioniert nach dem Prinzip der Kolbenpumpe.

Die auf Kläranlagen eingesetzten Geräte werden in Kompressoren (für hohe Drücke und kleinen Luftdurchsatz) und Gebläse (für niedrige Drücke und großen Luftdurchsatz) unterschieden. Kompressoren liefern Luft z. B. für Mammutpumpen, auch Druckluftheber genannt, die öfters zur Förderung von Sand aus dem Sandfang eingesetzt werden. Gebläse werden vorwiegend zur Belüftung von Belebungsbecken und Sandfängen angeordnet.

Häufig anzutreffende Bauformen sind Kolben- und Schraubenkompressoren, Rotationsverdichter, Turbogebläse und Ventilatoren. Das vielfach eingesetzte Drehkolbengebläse ist ein zweiwelliger Verdichter, der nach dem Verdrängerprinzip funktioniert (Bild 8.4). Im Unterschied zum Kolbenverdichter drehen sich hier dreiflügelige Kolben. Sie drehen sich gegenläufig mit gleicher Drehzahl und sind so geformt, dass sie ständig aneinander vorbeigleiten, ohne sich zu berühren. Daher ist keine Schmierung des Verdichterraumes nötig.

Bild 8.4: Wirkungsweise eines Drehkolbengebläses

Da die Kolben nicht selbsttreibend sind, werden sie durch ein Zahnradpaar gleichlaufend angetrieben, welches sich in einem getrennten Räderkasten befindet.

Fast alle sind schnelllaufende Maschinen, die gewissenhafter Wartung bedürfen, wenn sie die von den Herstellern vorgesehene Lebensdauer von etwa 40 000 Betriebsstunden erreichen sollen. Die Betriebsstunden sind deshalb aufzuschreiben und zu kontrollieren. Wenn Luftverdichter zur Belüftung von Belebungsanlagen eingesetzt sind, bedarf es eines besonderen Augenmerks, dass die angesaugte Luft weitgehend staubfrei ist, damit die Poren der Belüftungskerzen nicht zu rasch verschmutzen. Das bei der Schmierung verbrauchte Öl kann ebenfalls stören, ölfreie Luftförderung ist vorteilhaft.

Die Drucklufterzeuger für Belebungsanlagen sollen so ausgelegt und nach Möglichkeit auch betrieben werden, dass der O_2-Eintrag möglichst dem O_2-Bedarf, der sich im Laufe von 24 Stunden stark ändert (Spitzenbedarf bis zum 10fachen des niedrigsten Nachtbedarfes), angepasst werden kann.

Die durch die Luftverdichtung entstehende Wärmeentwicklung wird durch Kühleinrichtungen in Grenzen gehalten. Sie sind sorgfältig zu kontrollieren.

Drucklufterzeuger sind meist sehr laut. Die Geräte sollten möglichst mit Schalldämpfung ausgestattet sein und in schallisolierten Räumen untergebracht werden. Je nach der Drehzahl werden „Schnellläufer" und „Langsamläufer" unterschieden. Schnellläufer sind zwar etwas lauter, aber ihr Lärm kann wegen der höheren Grundfrequenz einfacher gedämpft werden als Geräusche mit niedriger Frequenz.

8.4 Oberflächenbelüfter, Strahlbelüfter

Die Oberflächenbelüfter bei Belebungsanlagen wirbeln die Wasseroberfläche kräftig auf und verspritzen einen Teil des Wassers auf die Oberfläche und tragen so den notwendigen Luftsauerstoff in das Wasser ein. Gleichzeitig verursachen sie

eine turbulente Wasserströmung, wodurch Luftsauerstoff, Schmutzstoffe und Bakterien im ganzen Belüftungsraum vermengt werden. Als Bauformen sind waagerecht liegende Walzen (Stabwalze, Käfigwalze, Mammutrotor) und senkrecht stehende Kreisel zu nennen. Kreiselbelüfter gibt es aus Stahl oder Kunststoff.

Bei allen Oberflächenbelüftern ist maßgebend für den Sauerstoffeintrag, wie weit das Gerät ins Wasser eintaucht. Die Eintauchtiefe ist im Zentimeterbereich durch Heben und Senken des des Gerätes oder des Wasserspiegels durch Veränderung der Überlaufkante steuerbar. Je größer die Eintauchtiefe, umso größer ist der O_2-Eintrag, aber auch der Stromverbrauch. Einige Geräte können überdies den O_2-Eintrag durch Änderung der Umdrehungszahl steuern. Die Drehzahl der Geräte ist zwar nicht sehr hoch, aber das Gewicht der Maschine ist beträchtlich, so dass die Lager stark beansprucht werden. Eine laufende Kontrolle der Lager und sorgfältige Schmierung ist unerlässlich.



Bild 8.5: Kreiselbelüfter

Im Winter bildet das verspritzte Wasser oft Eis. Bei strengem Frost kann das ernsthafte Betriebsstörungen verursachen. Oberflächenbelüfter sollten deshalb immer mit abnehmbaren Spritzblenden, Abdeckhauben oder Schutzgehäusen ausgestattet

sein. Dies wirkt auch der Aerosolbildung entgegen und schützt das Personal vor Gesundheitsgefahren.

Die als Belüftungsvorrichtung verwendeten Tauch- oder Strahlbelüfter sind keine Oberflächenbelüfter. Sie werden hier mit aufgeführt, weil sie sich auch den Drucklufterzeugern nicht zuordnen lassen. Sie sind eine Art sehr robuster Wasserstrahlpumpen, die ganz oder teilweise im Wasser eingetaucht sind und mit dem Wasserstrahl ständig von außen angesaugte Luft ins Wasser eintragen.

Auch hier sollen Belüftungseinrichtungen so ausgelegt und betrieben werden, dass der O_2-Eintrag möglichst dem O_2-Bedarf, der sich im Laufe von 24 Stunden stark ändert (Spitzenbedarf bis zum 10fachen des niedrigsten Nachtbedarfes), angepasst werden kann.

8.5 Räumvorrichtungen

Zu den Räumvorrichtungen gehören alle maschinellen Anlagen, die in Absetzbecken oder Sandfängen die abgesetzten bzw. aufschwimmenden Stoffe an der Sohle bzw. der Wasseroberfläche zusammenschieben oder abziehen.

Bei rechteckigen Flachbecken sind das meistens Längsräumer. An einer auf den beiden Beckenrändern fahrbaren Brücke sind Bodenschlammschild und Schwimmschlammschild angebracht, die beim Räumvorgang abgesenkt und bei der Leerfahrt angehoben werden.

Bei kreisförmigen Flachbecken werden Rundräumer eingesetzt. Die Räumerbrücke ist hier in der Beckenmitte drehbar gelagert und läuft auf Rädern auf dem äußeren Beckenrand. Das Bodenschlammschild ist fast immer gekrümmt, um den Schlamm nicht nur gerade vor sich her zu schieben, sondern ihn auch zum Schlammsammeltrichter in der Beckenmitte zu befördern. Bei Nachklärbecken darf auf das Schwimmschlammschild nicht verzichtet werden. Rundräumer haben den Vorteil, dass sie ohne Unterbrechung ständig räumen können. Um eine kontinuierliche Räumung auch in Rechteckbecken zu ermöglichen, wurden Bandräumer, auch Kettenräumer genannt, konstruiert. Auf zwei Ketten sind je nach Beckenlänge mehrere Schaberleisten montiert, die den Schlamm auf der Sohle zum Schlammtrichter schieben und im oberen Bereich des Beckens im ständigen Umlauf der Ketten wieder zurückgeführt werden.



Bild 8.6: Schwimmschlammräumschild

Alle Räumer laufen langsam, etwa 2 cm/s, um Schlammaufwirbelungen zu vermeiden. Längsräumer können bei der Leerfahrt schneller fahren. Schaberleisten (meist aus Gummi) an den Räumschilden sind regelmäßig nachzusehen und bei Schäden auszuwechseln, da bei schlechter Räumung der Restschlamm zu faulen beginnt und als Schwimmschlammfladen auftreibt. Können die Räumschilde nicht aus dem Becken herausgehoben werden, werden für Instandhaltungsarbeiten auch Taucher eingesetzt.

Es gibt noch einige Sonderformen, wie Pendelschildräumer und Saugräumer. Bei letzteren wird der Schlamm durch Pumpen, deren Saugleitung mit der Brücke läuft und in Bodennähe en-

det, direkt abgesaugt. Sie werden häufig in der Nachklärung eingesetzt, da so der Rücklaufschlamm rasch in die Belebung zurückgelangt.

Die Räumvorrichtungen für Langsandfänge oder belüftete Sandfänge arbeiten im Prinzip wie die Längsräumer im Becken. Die Raumschilde sind sehr viel kleiner. Hier sind auch oft Saugräumer anzutreffen, da die Saugleitung gut in der Sandkammer entlang geführt werden kann.

Der Ausfall von Räumerantrieben kann eine sehr empfindliche Störung des Betriebes bedeuten. Eine ständige und gewissenhafte Wartung (Schmierung, Ölwechsel usw.) ist daher unerlässlich. Die Laufwege der Rollen sind sauber zu halten, bei Eisbildung leicht zu besanden oder durch ein Gebläse schneefrei zu halten. In klimatischen Problemgebieten haben sich beheizbare Laufflächen gut bewährt. Die Stromaufnahme ist wie bei allen Maschinen regelmäßig am Amperemeter nachzuprüfen, um Veränderungen der Motorenleistung rechtzeitig zu erkennen. Ein vom Wind in das Fahrwerk getriebener Ast oder eine Plastiktüte kann manchmal schon Schaden anrichten.

Anregungen zur Gestaltung

- Endschalter für Räumer mit zuschaltbaren Heizungen ausrüsten.
- Längsräumer müssen so verfahren werden können, dass Instandhaltungsarbeiten über festem Boden möglich sind.
- Räumer mit Schiebebühnen sind störanfällig.

8.6 Heizungsanlagen

Heizungsanlagen werden unterschieden in Warm- und Heißwasserheizungen sowie in Nieder- und Hochdruckdampfheizungen. Heißwasserheizungen haben Vorlauftemperaturen über 110 °C; Niederdruckdampfheizungen mit Drücken um oder unter 0,5 bar, Hochdruckdampfheizungen mit höheren Drücken. Zur Faulraumbeheizung werden vorwiegend Warmwasser- oder Niederdruckdampfheizungen angewandt.

Alle Heizungen bestehen aus einer Feuerstätte (Heizkessel), oder der Abwärmeverwertung von Gasmotoren und einem Wärmeverteilungssystem. Dazu gehören Rohrleitungen, Heizkörper und Regelvorrichtungen.

Wird der Schlamm außerhalb des Faulraums beheizt, werden Wärmeaustauscher benutzt. Sie sind ein Rohrsystem, in dem ein inneres Rohr in einem äußeren geführt wird. Im Gegenstromprinzip fließt in dem einen der Schlamm und im anderen z. B. Warmwasser entgegen der Fließrichtung des Schlammes und erwärmt ihn so.

Im Heizkessel werden feste Brennstoffe oder flüssige (Heizöl) oder gasförmige (Faulgas, Erdgas, Stadtgas) verfeuert. Auf Kläranlagen ist die häufigste Feuerungsart mit Faulgas, wobei die Heizkessel oft auf Heizöl umstellbar sind. Feuerungsanlagen sind jährlich durch einen Fachkundigen überprüfen zu lassen. Außerhalb des Heizraumes ist ein Notausschalter für die elektrischen Einrichtungen notwendig, damit bei Gefahr von außen abgeschaltet werden kann. Heizkessel werden normal im 24h-Betrieb gefahren und so durch Thermostate gesteuert, dass die Feuerung abschaltet, wenn die vorgesehene Faulraumtemperatur erreicht ist.

Faulgas verbrennt mit blauer Flamme mit gelben Spitzen. Wenn die Flammenfarbe hellgelb wird, deutet das auf einen wachsenden Anteil von Wasserstoffgas und womöglich auf einen Umschlag der Faulung in saure Gärung hin.

Bei Warmwasserheizungen darf die in der Betriebsanweisung vorgeschriebene *Vorlauftemperatur* (meistens 65 oder 70 °C) nicht überschritten werden, weil sonst die Heizelemente mit Schlamm verkrusten. Wenn die vorgeschriebene Vorlauftemperatur nicht mehr ausreicht, um die Temperatur im Faulraum zu halten, ist meistens der Wärmedurchgang durch angebackenen Schlamm behindert und die Heizelemente müssen umgehend entkrustet werden. Eine Erhöhung der Vorlauftemperatur würde das Übel nur verschlimmern. Die *Rücklauftemperatur* soll nicht unter 60 °C liegen, um im Heizkessel Korrosionen durch Taupunktbildung zu vermeiden.

Alle Regel- und Absperrventile müssen in regelmäßigen Zeitabständen betätigt werden, um sie gängig zu halten. Es ist zu empfehlen, Absperrventile und -Schieber nach vollem Öffnen eine Vierteldrehung in Richtung „schließen" zu drehen. So können sie einfacher wieder gangbar gemacht werden.

Als *Kesselspeisewasser* darf nur Wasser verwendet werden, das möglichst wenig freien Sauerstoff und ganz wenig Salze enthält. Es muss deshalb fast immer vorher aufbereitet werden. Der im Wasser gelöste Sauerstoff greift Metall an, er kann durch Zugabe von Chemikalien, z. B. Hydrazin, gebunden werden. Die im Wasser vorhandenen Salze, z. B. Karbonate, fallen bei Erwärmung aus und setzen sich als Kesselstein ab. Salzarmes Wasser wird weich, salzreiches wird hart genannt. Um Karbonat- und Kalkverkrustungen zu vermeiden, wird Kesselspeisewasser enthärtet. Dies geschieht durch Zusatz von Phosphat oder Entkarbonisierung mit Kalkhydrat oder durch Ionenaustauscher. Die Lebensdauer der Heizanlagen hängt entscheidend von der sorgfältigen Aufbereitung des Kesselspeisewassers ab. In besonderem Maß gilt das, wenn der Schlamm durch Dampfeinblasen beheizt wird, da hier das Speisewasser ständig verbraucht wird und ergänzt werden muss.

Auch Heizanlagen müssen peinlich sauber gehalten werden. Armaturen sind zu pflegen und beschädigte Isolierungen zu erneuern. Die Tür zum Heizraum ist geschlossen zu halten. Die Zu- und Abluftöffnungen müssen immer, auch im Winter, offen sein und dürfen nicht verstellt werden. Die Betriebsvorschrift der Heizanlage und der zugehörige Plan sollen an gut sichtbarer Stelle dauerhaft aufgehängt sein.

8.7 Armaturen und Rohrleitungen

Die *Rohrleitungsführungen* für Schlamm, Gas, Luft, Heizung und Wasser sind sehr vielfältig und können am besten anhand eines schematischen Rohrleitungsplanes verstanden werden.

= Pumpen bzw. Motoren

= Schieber oder Ventile

= Rückschlagklappen

Bild 8.7: Sinnbilder für Rohrleitungsplan

Bei der großen Anzahl von Leitungen und Schiebern sind Verwechslungen nicht auszuschließen. Um die Betriebsanweisung klar fassen zu können, sind gut sichtbare Kunststoffschilder mit einer Nummer oder Bezeichnung zweckmäßig.



Die Rohrleitungen werden häufig beschriftet und mit Fließrichtungspfeilen versehen.

Bild 8.8: Beschriftung der Rohrleitungen

Auch mit Hilfe bestimmter Farben nach DIN 4203 ist eine Kennzeichnung möglich. Folgende Farben mit den Nummern des Farbregisters RAL sind üblich:

Rohschlamm	gelbbraun	1001	Heizungsvorlauf	signalrot	3000
Übertragungsschlamm bei zweistufiger Faulung	hellbraun	1011	Heizungsrücklauf	enzianblau	5010
			Abwasser	grünbraun	6003
Impf- und Umwälzschlamm	lila	4001	Belebtschlamm	olivgrün	7008
Faulschlamm	dunkelbraun	8007	Trinkwasser	grasgrün	6010
Querverbindungen	hellgrün	6019	Betriebswasser	patinagrün	6000
Faulgas	zitronengelb	1012	Regenfallrohre	schwarz	

Diese Aufstellung ist nicht vollständig. Wenn die gleiche Rohrleitung zweifach benutzt wird, z. B. für Rohschlamm und Impfschlamm, hat es sich bewährt, beide Farben anzubringen, z. B. 50 cm gelbbraun, 50 cm lila, usw. Es hat sich nicht als zweckmäßig erwiesen, auch Pumpen farbig zu kennzeichnen.

Schieber, Ventile, Rückschlagklappen und ähnliches werden als Armaturen bezeichnet. Wenn dort Pfeile angebracht sind, bedeutet das die Fließrichtung in der Absperrvorrichtung.

Die häufigste Armatur auf Kläranlagen sind Schieber. Wenn sie nicht täglich bedient werden, sollten sie in regelmäßigen Abständen, z. B. alle zwei Wochen, probeweise bedient werden, um sie gängig zu halten, damit sie im Bedarfsfall einsatzfähig sind. Am Faulbehälter sind oft zwei Schieber hintereinander in den Schlammleitungen. Davon ist der innere (näher am Faulraum) ein Sicherheitsschieber und der äußere der Bedienschieber. Der Sicherheitsschieber ist für den Fall vorgesehen, dass der Bedienschieber undicht wird und ausgebaut werden muss.

Wenn Rohrleitungen und Armaturen, in denen Gas befördert wird, auf Dichtheit zu prüfen sind, darf keinesfalls offenes Feuer verwendet werden. Zweckmäßig geschieht das mit Seifenwasser oder Gasprüfgerät.

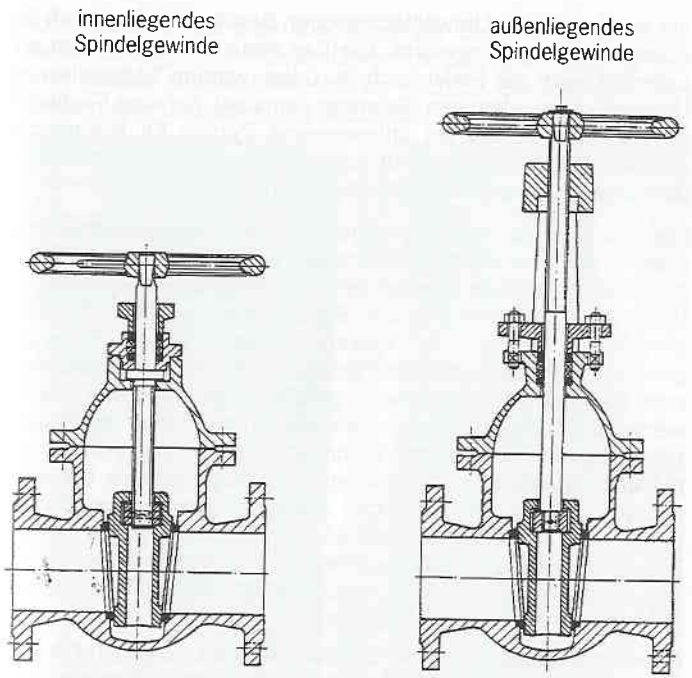


Bild 8.9: Keilschieber mit Spindelgewinde

8.8 Elektrische Einrichtungen

Eine Voraussetzung beim Umgang mit elektrischen Einrichtungen ist, dass das Betriebspersonal auf der Anlage genau weiß, wo es tätig werden darf und wo der Bereich beginnt, in dem nur elektrotechnisch ausgebildetes Fachpersonal eingreifen darf. Im Bereich des Transformators oder auf der Rückseite des Schaltschrankes z. B. hat das Betriebspersonal nichts verloren, wenn es nicht gleichzeitig Elektrofacharbeiter ist.

Im Rahmen der Neuordnung des Berufes der Ver- und Entsor-

ger wurde mit den Umwelttechnischen Berufen die Fachkraft für Abwassertechnik eingeführt. Die Berufsausbildung umfasst als Lehrstoff auch die Elektrotechnik. Dabei werden Tätigkeiten im Umgang mit elektrischen Gefahren vermittelt, die eine Fachkraft für Abwassertechnik als unterwiesene Person für festgelegte Tätigkeiten qualifizieren. Nur der so ausgebildete Facharbeiter darf danach bestimmte elektrotechnische Arbeiten ausführen.

Die Rufnummer der Störungsstelle des Elektrizitätswerkes muss in der Liste der Notrufnummern eingetragen sein, z. B. für den Fall eines Trafo-Brandes oder bei Stromausfall. Zur Brandbekämpfung an elektrischen Einrichtungen niemals Wasser verwenden, sondern nur Trockenlöschgeräte. Wenn Sicherungen durchgebrannt sind, darf keinesfalls notdürftig geflickt werden. Sie dürfen nur durch eine gleichwertige Sicherung ausgewechselt werden. Entsprechende Sicherungen sind als Ersatzteile auf Lager zu halten. Wenn an elektrisch angetriebenen Maschinen Arbeiten auszuführen sind, insbesondere bei ferngesteuerten, sind die jeweiligen Abgangs- und Steuersicherungen zu ziehen und ein Potentialausgleich anzubringen, um unbefugtes Einschalten auszuschließen. Dies gilt auch, wenn eine ausgebrannte Lampe auszuwechseln ist oder eine Außenbeleuchtung gesäubert werden muss.

Auf dem Typenschild eines E-Motors ist die Leistung in kW und die mögliche Nennstromaufnahme in Ampere angegeben. Die tatsächliche Stromaufnahme ist am Amperemeter ablesbar. Die laufende Beobachtung des Amperemeters erlaubt es, eine gegenüber dem Normalwert steigende oder fallende Motorbelastung sofort zu erkennen.

Wenn ein E-Motor überflutet wurde, auch kurzzeitig, ist er vor Wiederinbetriebnahme durch Fachpersonal überprüfen zu lassen.

Mit der zunehmenden Automatisierung von Kläranlageneinrichtungen hat sich das Erscheinungsbild der Elektronik in den letzten Jahren sehr gewandelt.

Mit dem Einzug der Speicher-Programmierbaren-Steuerung (SPS) in die Abwassertechnik, verbunden mit modernster Bus-

technologie, erhöht sich aber auch die Empfindlichkeit gegen Überspannungen. Um dieser Gefahr zu begegnen und die Systeme besser abzusichern, ist es wichtig, Einrichtungen zum Schutz gegen Überspannung einzubauen.



Bild 8.10: Die SPS-Technik mit Niederspannung

9. Messtechnik

Mit Hilfe der Untersuchungen zur Selbstüberwachung wird das Betriebsgeschehen kontrolliert. Selbstüberwachung wird auch Eigenüberwachung oder Eigenkontrolle genannt. Wichtig ist, dass die Messungen möglichst häufig durchgeführt werden. Damit bekommt das Betriebspersonal ein Gespür für die Leistungsfähigkeit und Leistungsgrenzen der Kläranlage.

Um die verschiedenen Messergebnisse bewerten und vergleichen zu können, sind einheitlich durchzuführende Arbeitsweisen Voraussetzung. In den Deutschen Einheitsverfahren (DEV) [4] sind alle wichtigen Verfahren für Abwasser- und Schlammuntersuchungen standardisiert. Dazu gibt es einschlägige DIN, DIN-EN und DIN-EN-ISO Normen die beim Beuth Verlag GmbH, Berlin erschienen sind. In der Regel arbeiten alle Fachinstitute und Laboratorien nach diesen Bestimmungsvorschriften. Dies gilt vor allem für behördliche Untersuchungen.

Auch die Messungen der Selbstüberwachung durch das Betriebspersonal sind im Grundsatz in diese Überwachungspraxis mit einbezogen. Allerdings ist die Anwendung der Labormethoden sehr zeitaufwändig und teilweise auch kompliziert. Diese Messungen eignen sich daher weniger für die Selbstüberwachung im praktischen Kläranlagenbetrieb und sollten den chemisch geschulten Fachleuten vorbehalten bleiben. Stattdessen wurden einige Messverfahren entwickelt, die sich speziell für die Selbstüberwachung auf der Kläranlage eignen. Diese sogenannten Betriebsmethoden haben den Vorteil der einfachen Handhabung und der relativ schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse, ausgenommen die Messung des BSB_5. Bei sorgfältiger Durchführung der Betriebsmethoden sind ausreichend genaue Ergebnisse zu erwarten. Das ist Grund genug, im Regelfall von aufwändigeren Messungen abzusehen.

Um die verschiedenen Methoden der Messtechnik leichter unterscheiden und zuordnen zu können, wird folgende Begriffsfestlegung (Definition) verwendet:

- Labormethode (Schiedsmethode, z. B. CSB-DIN-Methode mit Kaliumdichromat),
- Betriebsmethode (Messungen zur Eigenüberwachung auf der Kläranlage, z. B. fotometrische Bestimmung des CSB),
- Feldmethode (Grobbestimmung mit einfachster Handhabung, auch als „in situ"-Methode bezeichnet, z. B. NH_4-N-Bestimmung mit Stäbchen und Farbvergleich).

Die Messverfahren, die sich besonders für die Selbstüberwachung eignen, sind im „Handbuch einfacher Messungen und Untersuchungen auf Klärwerken" (von Burchard, Groche und Zerres) [15] beschrieben.

Trotz der Einfachheit dieser Messmethoden ist eine intensive Schulung des Betriebspersonals und eine Einweisung durch Fachleute eine Voraussetzung für die richtige Durchführung.

Eine wichtige Regel dazu ist das DWA-Regelwerk A 704 „Betriebsmethoden für die Abwasseranalytik" [1]. Hier werden einheitliche Anforderungen aufgestellt, unter deren Berücksichtigung auf Dauer eine hohe Messgenauigkeit sichergestellt ist. Die Absicherung der Messungen durch Kontrollen ist dabei ein Schwerpunkt. Die Durchführung regelmäßiger *interner Qualitätskontrollen (IQK)* ist ein entscheidendes Element für die Plausibilität der Messergebnisse. Dabei handelt es sich nicht um Kontrollen durch Vergleiche mit den Labormethoden. Alle Maßnahmen können vom Personal ohne Probleme durchgeführt werden. Dazu gehören Mehrfachbestimmungen, Analysen mit Standardlösungen, Vergleichsmessungen z. B. im Rahmen der Kläranlagennachbarschaften, Plausibilitätskontrollen, Wartung und Überprüfung der Messgeräte. Externe Qualitätskontrollen mit den Labormethoden sind zwar nicht ganz entbehrlich, sie können aber meistens auf seltene Fälle im Jahr beschränkt werden.

Regelmäßige Schulungsmaßnahmen des Betriebspersonals sind sehr wichtig, damit das analytische Wissen aktuell erhalten bleibt und fachspezifisch aufgefrischt und vertieft wird.

Die beste Qualitätssicherung nützt nichts, wenn die Nachweise

darüber fehlen. Dazu ist es erforderlich, Kontrollkarten (IQK-Karten) zu führen, aus der die durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen hervorgehen. Das Arbeitsblatt DWA-A 704 bietet zur Durchführung der IQK eine Arbeitshilfe, die aus elf IQK-Karten besteht. Zusammengefasst ergeben sie das Qualitätsgerüst für die Betriebsanalytik; ausgefüllte Beispiele erleichtern die Handhabung.

Der Mindestumfang der Selbstüberwachung einschließlich der Ausrüstung ist in eigenen Landesverordnungen geregelt.

Begriffe der Messtechnik

In der Messtechnik sind folgende Begriffe eingeführt:

Die ***Messgröße*** ist die zu messende physikalische oder chemische Größe (Temperatur, Sichttiefe, Durchfluss usw.).

Die ***Messeinheit*** der Messgröße ist teilweise durch Naturgesetze gegeben, meist aber durch Vereinbarungen festgelegt (°C, cm, l/s, kg/m^3 usw.).

Der ***Messwert*** wird aus der Anzeige eines Messgerätes oder der Analyse ermittelt. Er ist das Produkt aus Zahlenwert und Messeinheit (8°C, 30 cm, 25 l/s usw.). Die ***Messwertanzeige*** gibt einen Momentanwert auf der Skala eines Messgerätes, einem Schreibstreifen oder einem Zählwerk an.

Der ***Messfehler*** ist die Summe aller Fehler, die ein Messergebnis verfälschen können. Sei es durch zufällige Fehler (falsche Ablesung, fehlerhafte Probenahme u. ä.) oder systematische Fehler (falsche Messanordnung, ungenaues Messgerät).

In Anlehnung an DIN 1319 „Grundbegriffe der Messtechnik" werden drei Begriffe erläutert, die in der Praxis häufig unsachgemäß verwendet werden.

Justieren bedeutet das gezielte Einstellen oder Abgleichen eines Messgerätes durch Vergleich mit einem oder mehreren Sollwerten. Ziel dieses Eingriffs am Messgerät ist, die Messabweichungen möglichst klein oder zumindest kleiner als die Fehlergrenzen zu halten.

Kalibrieren bedeutet das Feststellen der Messabweichungen

eines Messgerätes durch Vergleich mit einem oder mehreren Sollwerten. Es erfolgt kein Eingriff am Messgerät.

Eichen eines Messgerätes umfasst Prüfungen und Stempelung durch die zuständige Eichbehörde nach den Eichvorschriften. Eichen ist ein amtlicher Vorgang. Es erfolgt kein Eingriff am Messgerät. Die Prüfung stellt fest, ob das Messgerät hinsichtlich Beschaffenheit und messtechnischen Eigenschaften den Eichvorschriften entspricht. Die Stempelung beurkundet das positive Prüfungsergebnis.

Durch Kalibrieren und Eichen kann die Kenngröße (Kennlinie) des Messgerätes/Messeinrichtung als funktionale Beziehung zwischen Bezugsgröße und Ausgangsgröße ermittelt werden. Durch Justieren lässt sich eine vorgegebene Soll-Kenngröße einstellen. Voraussetzung für Justieren, Kalibrieren und erst recht Eichen sind Bezugswerte, deren Messabweichungen deutlich geringer als die der jeweiligen Messeinrichtung sind.

Die Mehrzahl der in der Abwassertechnik verwendeten Messgeräte, -einrichtungen und -verfahren sind nicht eichfähig, da ihre Funktionsfähigkeit und Messabweichungen zu sehr von den Einsatzbedingungen abhängen.

9.1 Probenahme

Die Untersuchung von Abwasserproben kann nur dann ein repräsentatives Ergebnis liefern, wenn nicht schon bei der Entnahme der Proben Fehler gemacht werden (DIN 38402 Teil 11 „Probenahme von Abwasser" [4]). Der Einfluss solcher Fehler ist oft größer, als die Fehlergrenzen der Laboruntersuchung. Die Entnahmestellen sind dort zu wählen, wo eine gute Durchmischung des Abwassers vorhanden ist und z. B. nicht gerade Ablagerungen mitgeschöpft werden. Die Entnahme eines Teilstrahles an einer Überlaufkante kann ein falsches Ergebnis bringen; ebenso wenn im Zulauf nur von oben geschöpft wird (Bild 9.1).

Je nach Art und Ziel der Untersuchung sind Proben auf Kläranlagen an mehreren Stellen zu entnehmen – man sagt auch „zu

ziehen". Damit die Ergebnisse vergleichbar sind, sollten sie immer an den gleichen Stellen entnommen werden.

Um die Kläranlagenbelastung zu bestimmen, ist aus dem Gesamtzulauf vor der Vorklärung (nach Rechen und Sandfang) zu entnehmen. Zur Bestimmung der Belastung des biologischen Teiles wird aus dem Gesamtablauf der Vorklärung entnommen. Die Restverschmutzung einer Kläranlage wird aus dem Gesamtablauf vor der Einleitung in das Gewässer bestimmt.

Bei Trockenwetter ist diese Festlegung eindeutig, da hier kaum Entlastungen innerhalb der Kläranlage vor dem Endablauf stattfinden. Bei Regenwetter entlasten manche ältere oder überlastete einen Teil des Mischwasserzuflusses vor dem Endablauf zum Gewässer. Solche Entlastungen sind bei der Probenahme bis zum zweifachen des Trockenwetterabflusses mitzuerfassen.

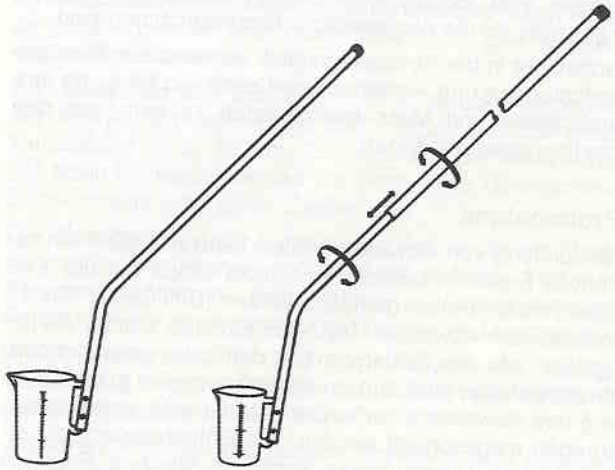


Bild 9.1: Schöpfbecher

Es werden verschiedene Arten von Proben unterschieden:

Eine Einzelprobe nennt man Stichprobe; sie liefert nur eine Momentaufnahme der augenblicklichen Beschaffenheit. Das ist

aber ein Zufallsergebnis. Es empfiehlt sich deshalb ein mehrfaches Schöpfen von Einzelproben, wodurch man eine *„qualifizierte Stichprobe"* erhält. Dies gilt besonders bei uneinheitlicher und sich schnell ändernder Zusammensetzung des Abwassers, z. B. im Zulauf einer Kläranlage. Nach der AbwV sind für eine qualifizierte Stichprobe mindestens fünf Stichproben im Abstand von nicht weniger als zwei Minuten zu schöpfen und zu vermischen. Man benötigt dazu ein Gefäß (z. B. 10 l-Eimer), in welchem die Stichproben gesammelt werden (Bild 9.2). Jede Stichprobe sollte etwa 0,5 bis 1,0 l Abwasser enthalten. An der Entnahmestelle muss das Abwasser gut durchmischt sein, um eine möglichst repräsentative Probe zu schöpfen. Dieser Grundsatz gilt besonders bei der Stichprobe. Nach intensivem Umrühren des Eimerinhaltes wird die für die Untersuchung notwendige Probemenge abgefüllt. Normalerweise genügen 2 l, für die eine Kautexflasche benutzt werden kann.



Bild 9.2: Die qualifizierte Stichprobe

Die Stichprobe ist für Messungen im Ablauf von Kläranlagen mit

großen Nutzräumen (besonders Abwasserteiche mit einer Durchflusszeit von mehr als 24 Stunden) ausreichend. Bei diesen Anlagen sind die Konzentrationen am Ablauf so stark ausgeglichen, dass Mischproben nicht erforderlich sind.

Eine *Durchschnittsprobe* ist eine Mischprobe, die aus Stichproben von Hand gemischt oder von automatischen Probenahmegeräten über eine bestimmte Zeit gesammelt wird. Dies kann kontinuierlich oder diskontinuierlich geschehen. Auch eine gut durchmischte Stichprobe wird keine Mischprobe. Erst wenn viele Stichproben über eine bestimmte Zeit entnommen und zusammengemischt werden, spricht man von einer Durchschnitts, z. B. 2 h-, oder 24 h-Mischprobe (= Tagesmischprobe).

Auch zwischen *nicht abgesetzten, abgesetzten und filtrierten algenfreien* Proben wird unterschieden. Wenn BSB_5, CSB, NH_4-N, NO_3-N, P_{ges} u. a. aus nicht abgesetzten Proben bestimmt werden sollen geschieht dies, indem die Probe aufschüttelt und dann drei Minuten abgesetzt wird. Nach DIN 38402 Teil 30 wird zur Homogenisierung ein Magnetrührer verwendet.

Werden im Rohabwasser Tagesmischproben gezogen, um die Zulauffracht und den Abbaugrad zu bestimmen, sollten alle enthaltenen Schmutzteilchen erfasst werden. Dazu muss die Probe mit einem Aufschlaggerät (30 s bei 20 000 U/min) behandelt werden (DIN 38402 Teil 30).

Eine sichere Beurteilung der Belastung ist nur mit *durchflussabhängigen* (durchflussproportionalen) Mischproben möglich. Sie können auf zwei Arten erhalten werden:

a) in immer gleichen Zeitabständen werden je nach Zuflussgröße kleinere oder größere Probemengen genommen;
b) je nach Zuflussgröße wird häufiger oder weniger oft immer die gleiche Probemenge entnommen (mengenproportional).

Durchflussabhängige Mischproben werden nicht von Hand genommen, dafür gibt es automatische Probenahmegeräte.

Die Proben sind bis zur Untersuchung möglichst kühl und dunkel aufzubewahren. Der Inhalt der Mischprobe (Eimerinhalt) wird gut umgerührt, bevor das für die Untersuchung erforderliche Abwasser entnommen wird.

Mit automatischen Probenahmegeräten ist es einfacher, vor allem wenn sie über die Durchflussmesseinrichtung gesteuert werden können; sie sollten folgende Eigenschaften besitzen:

1. Robuster Aufbau sowie leichte Montage und Demontage
2. Einfache Reinigung, einschließlich der Zu- und Ableitung sowie der Probesammelgefäße. Bei Dauerbetrieb sind die mit dem Abwasser verschmutzten Teile wöchentlich zu reinigen.
3. Entnahme von Einzelproben in einem Zeitabstand von nicht über 15 Minuten, damit Abwasserstöße erfasst werden
4. Ausreichende Größe der Probeflaschen, damit sie bei Regenwetter nicht überlaufen und bei Trockenwetter noch genügend Probe (2 bis 4 l je nach Probestelle) gesammelt wird
5. Fließgeschwindigkeit des Abwassers über 1 m/s und Mindestdurchmesser 1/2 Zoll (= DN 13 mm) in den ständig durchflossenen Leitungen. Bei Transportweiten über 10 m sind größere Leitungsquerschnitte empfehlenswert
6. Konstruktion des Gerätes so, dass es entweder im Freien in einem wetterfesten Schrank (mit Kühlung und Heizung auf ca. 5 °C) oder in einem Gebäude (mit Kühlung der Probeflaschen) untergebracht werden kann
7. Zeitvorwahl für Beginn und Ende der Probeentnahme.
8. Bei einer Überfüllung der Probeflasche sollte das überfließende Abwasser abgeführt werden, ohne das gesamte Gerät zu verschmutzen.

Bei Kläranlagen, bei denen nicht nur eine 24 h-Probe zu untersuchen ist, sondern auch der Tagesgang der Abwasserbelastung durch mehrere Mischproben am Tag untersucht werden soll, ist die Beschaffung eines Gerätes mit Probenverteiler erforderlich. Geräte mit nur einer Probeflasche sollten auf eine Probenverteilung nachrüstbar sein.

Bereits ab einer Kläranlagen-Ausbaugröße von 1 000 EW ist ein transportables Probenahmegerät zu empfehlen, um an den verschiedensten Messstellen Proben entnehmen zu können.

Dieses Gerät muss netzunabhängig betrieben werden können und explosionsgeschützt ausgeführt sein. Fest eingebaute Probenehmer kommen meist für Anlagen ab einer Ausbaugröße von 5 000 EW in Frage; dann muss aber ein zweites transportables Gerät für die weiteren Messstellen zur Verfügung stehen.



Damit automatische Probenahmegeräte durchflussabhängig angesteuert werden können, müssen sie mit der richtigen Steckverbindung ausgerüstet sein, um an die Durchflussmessgeräte angeschlossen werden zu können.

Zur Überwachung von Abwassereinleitungen aus Betrieben ins Kanalnetz (Indirekteinleiter) ist es zweckmäßig Messschächte anzuordnen; sie erleichtern die Probenahme und Durchflussmessung.

Bild 9.3: Automatischer Probenehmer (Fa. MAXX)

Auch bei automatischen Probenahmegeräten sind die Proben möglichst kühl zu halten. Sie dürfen nicht der Sonne ausgesetzt werden, im Winter aber auch nicht im Gerät einfrieren. Wenn sie über mehrere Tage vor der Untersuchung aufbewahrt werden müssen, ist es zweckmäßig, sie einzufrieren.

Zum Transport oder Versand von Abwasserproben eignen sich Kunststoff-Flaschen mit mindestens 1 l Inhalt. Genaue Beschriftung (Zeit und Ort der Probenahme) nicht vergessen! Schlammproben werden im Abschnitt „Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung“ behandelt.

Rückstellproben aus dem Ablauf der Kläranlagen

In der Selbstüberwachung sind die Einleiter verpflichtet, kontinuierlich Rückstellproben vom Ablauf der Abwasserbehandlungsanlage zu entnehmen. Dies hat für den Betreiber den Vorteil, die tatsächlich eingeleitete Schadstofffracht besser belegen und sich vor ungerechtfertigten Anschuldigungen schützen zu können. Aus diesen Gründen wird empfohlen, dass alle Anlagen ab 5 000 EW täglich eine Rückstellprobe entnehmen und diese mindestens 5 Tage in einem eigenen Kühlschrank aufbewahren.

Geräteausstattung

- 1 stationäres, durchflussproportionales Probenahmegerät am Ablauf der Nachklärung mit Kühleinrichtung, eingerichtet für zwölf 2 h-Mischproben
- 1 Mischbehälter, Kunststoff (30 l)
- 10 Glasflaschen 1 l (klare Laborflasche mit Isogewinde); empfohlen werden 14 Glasflaschen, um eine tägl. Neubeschriftung zu vermeiden
- Kühlschrank

Durchführung

Ein automatischer Probenehmer entnimmt über 24 Stunden durchflussproportional zwölf 2 h-Mischproben. Diese zwölf Proben werden in einem Behälter zu einer 24 h-Probe gemischt. Bei durchflussproportionaler Entnahme der 2 h-Mischproben ergibt sich bei der Mischung im Behälter immer eine durchflussproportionale 24 h-Mischprobe.

Der Zeitpunkt der täglichen Mischung der zwölf Proben sollte mit der Aufsichtsbehörde abgesprochen werden. Aus diesem Behälter wird 1 l in eine Glasflasche gefüllt und verschlossen. Die Probe ist zu kennzeichnen (Bezeichnung der Anlage, Probenahmeart, Entnahmestelle, -datum und -zeit). Anschließend wird die Glasflasche in den Kühlschrank gestellt und dort mindestens 7 bzw. 10 Tage bei einer Lagertemperatur von höchstens + 5 °C aufbewahrt.

Wird die Flasche immer für den gleichen Wochentag verwendet, bietet es sich an, die Flasche mit einem wasserfesten Stift zu beschriften. Gab es während der festgelegten Aufbewahrungszeit keine Störungen im Kläranlagenbetrieb oder ungewöhnliche Vorkommnisse im Gewässer, kann der Inhalt der Flasche weggeschüttet werden. Nach dem Säubern der Glasflasche kann sie wieder für eine neue Rückstellprobe verwendet werden (Keine phosphathaltigen Spülmittel verwenden, Verkrustungen können mit 10%iger Salzsäure entfernt werden).

Wird von den zwölf 2 h-Mischproben eine Probe für Abwasseruntersuchungen gebraucht, fehlt sie für die 24 h-Mischprobe. Das Fehlen dieser Probe kann bei der 24 h-Mischung vernachlässigt werden, da sie eigens untersucht wird und dieses Messergebnis vorliegt.

9.2 Messung physikalischer Werte

9.2.1 Durchflussmessung (Wasser-, Schlamm-, Gasanfall)

Werden Mengen (z. B. m^3) die einen bestimmten Querschnitt durchfließen, auf eine Zeiteinheit bezogen, werden sie als Abfluss, Zufluss oder Durchfluss (z. B. m^3/h, l/s) bezeichnet.

Eine zutreffende Beurteilung der gesamten, einer Kläranlage zugeführten Schmutz- und Abwasserlast oder des Wirkungsgrades ist nur möglich, wenn neben den Abwasserinhaltsstoffen auch der Durchfluss laufend gemessen wird. Selbst bei kleinen Anlagen ist deshalb eine Durchflussmesseinrichtung notwendig.

Die Jahresschmutzwassermenge ist für die Berechnung der Abwasserabgabe ein maßgebender Faktor. Eine gesicherte Ermittlung der dafür erforderlichen Durchflüsse ist nur einer automatischen Messanlage möglich. Der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messung kommt daher große Bedeutung zu.

Die „Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen" wurde in der DIN 19559 genormt. Mindestens ab einer Ausbaugröße von 1 000 EW sind selbstschreibende Messgeräte einzubauen. Die Wahl des richtigen

Messbereiches durch den planenden Ingenieur ist besonders wichtig; für eine Ausbaugröße von 5 000 EW z. B. etwa 5 bis 50 l/s, für 50 000 EW z. B. etwa 40 bis 600 l/s. Notfalls muss der erforderliche Messbereich auf zwei Messgeräte aufgeteilt werden. Durchflussangaben in % des Messbereiches haben sich nicht bewährt. Bei kleineren Kläranlagen, etwa ab 1 000 EW, werden in vielen Fällen Messwehre mit selbsttätiger Wasserstandsabtastung eingebaut.

Standortauswahl bei nachträglichem Einbau einer Messeinrichtung

Die Messeinrichtung soll wegen der größeren Betriebssicherheit im Ablauf eingerichtet werden. Wenn die Höhenverhältnisse dies dort nicht zulassen, kann auch im Zulauf nach Rechen und Sandfang vor oder nach der Vorklärung gemessen werden. Unter fachkundiger Beratung ist eine Stelle auszuwählen, an der Rücklaufwasser oder Rücklaufschlamm nicht miterfasst werden. Dabei ist darauf zu achten, dass

a) die Sohle der Messstrecke möglichst waagerecht ist,
b) die Messstrecke auch bei großem Zufluss nicht durch Rückstau beeinflusst wird,
c) bei Messanlagen mit einer Einschnürung des Querschnittes mit einem Rückstau oberhalb zu rechnen ist.

Grundlagen

Dem Messverfahren liegt bei fließendem Wasser folgende Formel zu Grunde:

Q (Durchfluss) = A (durchflossene Querschnittsfläche) · v (Fließgeschwindigkeit).

Wenn ein Gerinne mit Form und Gefälle gegeben ist, stellt sich zu bestimmten Fülltiefen (Wasserspiegellage) immer ein bestimmter Wert für v ein und zu jeder Fülltiefe gehört ein bestimmtes A. Jede gemessene Wassertiefe ergibt einen bestimmten Wasserdurchfluss.

Ein Beispiel: In einem Kanalrohr DN 200 (= Ø 20 cm) wird eine Wassertiefe von 10 cm gemessen. Die Fläche des ganzen Kreisquerschnittes wäre 0,0314 m^2 der durchflossene Quer-

schnitt ist bei 10 cm Fülltiefe dann 0,0157m^2. Die Fliessgeschwindigkeit sei 0,7 m/s.

$Q = A \cdot v = 0{,}0157\ m^2 \cdot 0{,}7\ m/s = \sim 0{,}011\ m^3/s$

$= 11\ l/s = 39{,}6\ m^3/h$

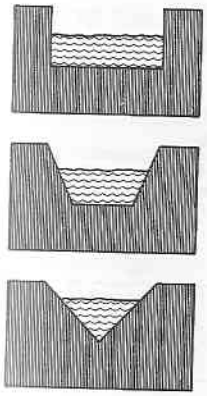
Die Ermittlung von A und v sind recht umständlich. Um sichere Strömungsverhältnisse und genauere Ablesungen zu erhalten und den Einfluss von Rückstau auszuschalten, werden die Messstrecken besonders konstruiert. So kann z. B. durch ein Messwehr aus einer zugehörigen Schlüsselkurve zu jeder Wassertiefe der jeweilige Durchfluss abgelesen werden. Als behelfsmäßige Durchflussmessung ist die *Eimermessung* zu nennen. Sie eignet sich, kurzzeitig kleinere Zuflüsse zu messen, wenn eine Absturzstelle vorhanden ist, wo der gesamte Zufluss in einem Gefäß mit bekanntem Inhalt, z. B. einem 10 l-Eimer, aufgefangen werden kann. Die Messung ist dann einfach und genau. Die Füllzeit des Gefäßes wird auf die Sekunde genau gemessen. Ein Beispiel: Die Füllzeit bis zum 10 l-Eichstrich eines Eimers sei 27 s. Der Zufluss errechnet sich:

$$Q = 10\ l : 27\ s = \frac{10\ l}{27\ s} = 0{,}37\ l/s = \sim 1{,}3\ m^3/h.$$

Der Mittelwert aus einigen rasch hintereinander durchgeführten Messungen ist dann gut brauchbar. Als Messgefäß kann auch ein Pumpensumpf dienen, wenn dessen Volumen bestimmt wurde. Z. B. sei zwischen Aus- und Einschaltwasserspiegel ein Höhenunterschied von 0,6 m und die Fläche des Pumpensumpfes 1,5 m · 3 m = 4,5 m^2 (bei Schrägflächen besondere Rechnung); das Messvolumen ist dann 0,6 m · 4,5 m^2 = 2,7 m^3; die gestoppte Zeit zwischen Aus- und Einschalten sei 8 Minuten 12 Sekunden = 480 + 12 = 492 s. Es errechnet sich ein Wasserdurchfluss von 2 700 l : 492 s = rund 5,5 l/s = 19,8 m^3/h. Mit einer Höhenstandsmarkierung oder Pegellatte im Pumpensumpf kann so auch der Schlammanfall bestimmt werden.

Überfallmessung mit Messwehren

Zur Überfallmessung wird das Wasser mit einer Messblende aufgestaut.



Das aufgestaute Wasser fließt durch den Messausschnitt der Blende, die eine Dreieck-, Trapez- oder Rechteckform hat, und fällt über. Die Überflusshöhe gibt ein Maß, das wenigstens 30 cm über dem ungestauten Wasserspiegel liegt und nicht durch Rückstau im Unterwasser beeinflusst wird. Der rückstaufreie Überfall heißt „vollkommener" Überfall.

Bild 9.4: übliche Messwehr-Querschnitte

Die Überlaufhöhe wird an einer Messlatte abgelesen, deren Nullpunkt dem Tiefpunkt des Messausschnittes entspricht und die etwa 4 bis 5mal so weit von der Blende entfernt liegt, als die voraussichtlich höchste Überfallhöhe beträgt.

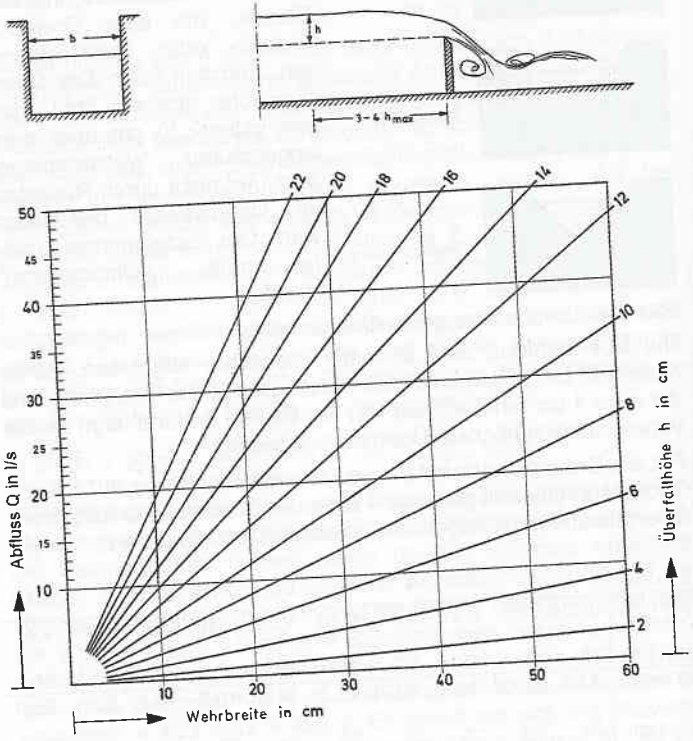
Für ein Dreieckswehr mit einem Messausschnitt von 90° – auch Thompson-Überfall genannt – kann der Durchfluss Q nach der Überfallhöhe h mit folgender Tabelle bestimmt werden

h in cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q in l/s	0,014	0,08	0,22	0,45	0,78	1,23	1,80	2,35	3,40	4,42
h in cm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q in l/s	5,60	7,00	8,53	10,25	12,2	14,3	16,7	19,2	22,0	25,0
h in cm	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Q in l/s	28,3	31,8	35,4	39,5	43,8	48,3	53,0	58,0	63,4	69,0
h in cm	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Q in l/s	75,0	81,0	87,6	94,4	101	109	117	125	133	142

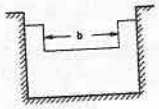
Bild 9.5: Durchflussbestimmung für ein 90°-Dreiecksmesswehr

Horizontales Messwehr

a) ohne Seitenkontraktion (ohne Einengung)



b) mit Seitenkontraktion (mit Einengung)



In diesem Fall:
Abfluss Q' ~ 0,95 x Q

Bild 9.6: Horizontales Messwehr

Wenn für kleine Abflüsse ein Messausschnitt von 60° verwendet wird, sind die Werte für Q mit 0,577, bei 45° mit 0,414 zu multiplizieren.

Rechtecksmesswehr oder horizontales Messwehr

Gelegentlich werden horizontale Messwehre mit waagerechten Überfallkanten mit oder ohne Einengung verwendet. Der Abfluss kann aus dem Diagramm in Bild 9.4 abgelesen werden.

Venturigerinne

Die häufigste Durchflussmesseinrichtung auf Kläranlagen ist das Venturigerinne, bei dem seitliche, gerundete Einbauten eine wie ein Wehr wirkende Einschnürung verursachen (DIN 19559).

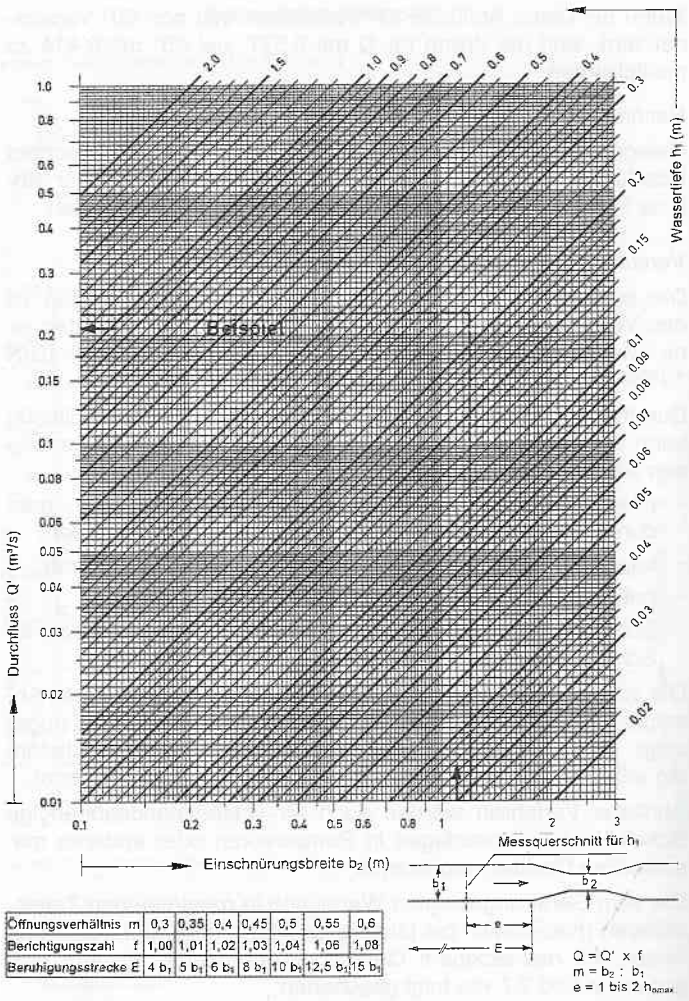
Durch die Messung der Wasserspiegellage (Gerinnefülltiefe) kann wie bei den Messwehren indirekt der Durchfluss gemessen werden. Als Messeinrichtung dafür kommen in Frage:

- pneumatische Messung durch Lufteinperlmethode oder durch Druckdosen (ähnlich Barometer) am Gerinneboden;
- kapazitive Messsonden mit isolierten Kondensatorflächen;
- pneumokapazitive Übertragung;
- Echolot-Einrichtung mit Sender und Empfänger (Sensor) für Schall- oder Ultraschallimpulse.

Die von diesen Geräten gemessenen Werte werden in ein Anzeige- und Zählgerät übernommen und als Durchfluss angezeigt, summiert und bei entsprechender Ausstattung selbständig aufgeschrieben, d. h. auf einer Schreibrolle aufgezeichnet.

Ähnliche Verfahren werden auch für wasserstandsabhängige Schalt- und Steueranlagen in Pumpwerken oder anderen maschinellen Geräten angewandt.

Die vom Gerät angezeigten Werte sind in regelmäßigen Zeitabständen (halbjährlich bis jährlich) zu überprüfen. Bei Venturigerinnen mit rechteckigem Querschnitt kann das mit dem Diagramm in Bild 9.7 wie folgt geschehen:



Öffnungsverhältnis m	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
Berichtigungszahl f	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,08
Beruhigungsstrecke E	4 b_1	5 b_1	6 b_1	8 b_1	10 b_1	12,5 b_1	15 b_1

Bild 9.7: Durchfluss bei Venturigerinnen mit Rechteckform

1. Es wird die Gerinnebreite vor der Einschnürung (b_1) und an der Einschnürung (b_2) gemessen. Aus b_2/b_1 wird das Öffnungsverhältnis m errechnet.
2. Es wird die maximale Wassertiefe h_{omax} (Stauhöhe) vor der Einschnürung festgestellt bzw. geschätzt.
3. Die maximale Wassertiefe h_{omax} wird mit 1 bis 2 multipliziert (= e). Die so ermittelte Strecke e ist die Mindestentfernung für den vom Einschnürungsbeginn entfernten Messpunkt.
4. Die momentane Wassertiefe (h_1) wird nun am festgelegten Messpunkt genau gemessen und gleichzeitig die Durchflussanzeige am Venturigerät abgelesen.
5. Aus dem Diagramm in Bild 9.7 wird aus Einschnürungsbreite b_2 (in m) und Wassertiefe h_1 (in m) der Durchfluss Q' in m^3/s abgelesen.
6. Aus der Tabelle wird die dem Öffnungsverhältnis „m" entsprechende Berichtigungszahl „f" entnommen
7. Nun wird der abgelesene Wert Q' mit f multipliziert und der Durchfluss Q erhalten.
8. Der ermittelte Durchfluss Q wird mit der Ablesung der Durchflussanzeige nach Punkt 4 verglichen. Sollten sich hierbei größere Abweichungen ergeben, muss der Durchflussmesser neu eingestellt („justiert") werden.

Beispiel:

- Als Gerinnebreite b_1 wurden 2,0 m, als Einschnürungsbreite b_2 = 1,2 m gemessen; das Öffnungsverhältnis m errechnet sich damit 1,2 : 2,0 = 0,6,.
- In der Entfernung e = 0,80 m (2 · h_{omax}) vom Einschnürungsbeginn wurde als genaue Wassertiefe h_1 = 23 cm gemessen.
- Aus dem Diagramm ergibt sich als Durchfluss Q' = 0,23 m^3/h. Mit m = 0,6 liegt die Berichtigungszahl f aus der Tabelle bei 1,08.
- Als Abfluss Q ergibt sich 0,23 · 1,08 = 0,2484 m^3/h = 248 l/s.

Bei Venturigerinnen mit schrägen Wänden gelten andere Diagramme oder Tabellen, die vom Hersteller anzufordern sind. Es

empfiehlt sich regelmäßig die sogenannte „Null-Lage" zu kontrollieren. Wenn kein Abwasser zufließt oder kurzzeitig der Zufluss durch Absperren zurückgestaut wird und damit nichts mehr durch das Gerinne fließt, muss auch das Messgerät Null anzeigen. Trifft dies nicht zu, muss das Messgerät neu justiert werden. Hier empfiehlt es sich meistens den Hersteller oder den zuständigen Kundendienst beizuziehen.

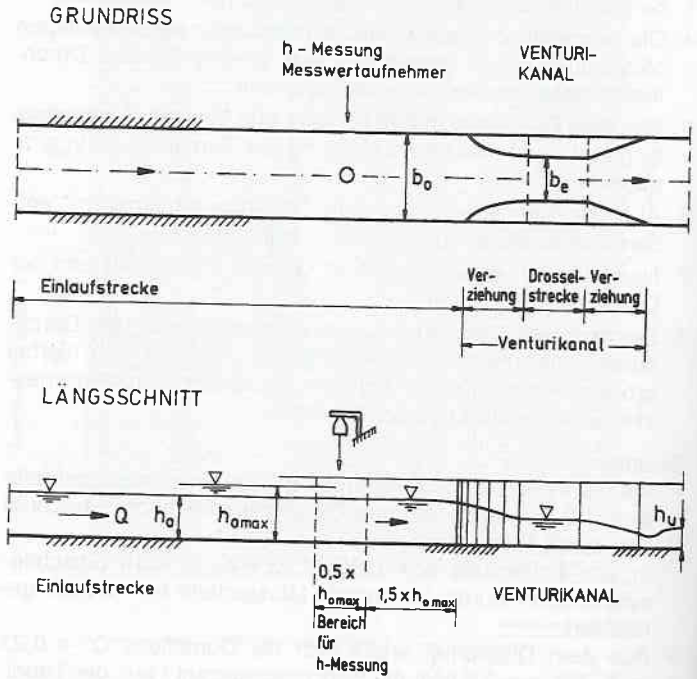


Bild 9.8: Anordnung eines Venturi-Kanals (Auszug DIN 19559)

Allgemeine Bedienungs- und Wartungshinweise

In kleinen Anlagen werden die Messergebnisse am Gerät und Zahl des summierenden Zählwerkes abgelesen und ins Betriebstagebuch eingetragen. In Anlagen mit selbstschreibendem Gerät werden nur einzelne Werte ins Tagebuch übernommen, da die Schreibstreifen selbst zum Bestandteil des Tagebuches werden. Die Häufigkeit der Eintragung ins Tagebuch richtet sich nach der Betriebsanweisung, üblicherweise täglich einmal.

Für sichere Messergebnisse ist eine regelmäßige Überwachung der Messstrecke und des Messgerätes Voraussetzung. Die Messstrecke ist auf der ganzen Länge von Fremdkörpern und Ablagerungen, Schwemmsand u. a. freizuhalten. Auch die Seitenwände müssen sauber sein. Schwimmer sind von Treibzeug und Fetträndern zu säubern und auf leichte Beweglichkeit zu prüfen. Bei pneumatischer Messung sind die Einperlrohre regelmäßig mit Druckluft durchzublasen. Bei Druckdosen ist die Membrane etwa wöchentlich mit Spülmittel und Zahnbürste zu reinigen und zu entfetten, nicht mit Wasser- oder Luftdruckstrahl, da die Membrane zu empfindlich ist.



Bild 9.9: Das Venturigerinne

Der Antrieb der Mess- und Schreibgeräte ist nachzusehen; bei elektrisch gespeisten Antrieben ist vor Beginn der Arbeiten der Strom abzuschalten. Im selbstschreibenden Gerät ist die Papierrolle rechtzeitig auszuwechseln und die Schreibvorrichtung zu prüfen. Ersatzpapierrollen und Schreibtinte müssen bereit

liegen und früh genug nachbestellt werden. Vielfach beträgt die Lieferzeit für Papierrollen einige Wochen.

Vor einem Wartungseingriff an Messgeräten muss das Personal die Bedienungsvorschriften der Herstellerfirma genau kennen und bei der Wartung gewissenhaft beachten. Die Geräte sind recht empfindlich. Ernsthafte Schäden können oft nur durch die Lieferfirma behoben werden. Eine jährliche Inspektion der Geräte durch die Lieferfirma ist zu empfehlen.

Die Messung des Schlammanfalls geschieht in seltenen Fällen mit Venturi-Rohren. Hier wird durch eine Verengung im Rohr ein Druckunterschied erzeugt, der sich mit dem Durchfluss ändert. Der jeweilige Druckunterschied (Wirkdruck) wird durch ein Messgerät auf eine Anzeigenskala übertragen und als Durchfluss abgelesen oder von einem selbstschreibenden Gerät übernommen. In erster Linie wird aber die MID-Messung verwendet.

Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte (MID)

Es werden überwiegend die sogenannten Düker-MID eingesetzt. Diese Messung setzt eine stets gefüllte Rohrleitung voraus; wie z. B. in Druckleitungen nach Pumpen. Offene Gerinne müssen künstlich gedükert werden. Bei Rohabwasser können Ablagerungen in der Dükerleitung zu Messfehlern führen. Deshalb sind hier besondere Vorkehrungen zu treffen.

- Messungen am Tiefpunkt einer Rohabwasser-Leitung sind wegen der Gefahr von Ablagerungen zu vermeiden.
- Schieber oder andere Armaturen dürfen nicht unmittelbar neben dem Messwertaufnehmer eingebaut werden.
- Auf ausreichende Vor- und Nachlauflängen, die abhängig von der baulichen Situation (z. B. Krümmer, Kniestück) zwischen 2 bis 5 x Ø liegen müssen, ist zu achten.
- Der Durchmesser sollte mindestens DN 150 betragen, um Rohrverstopfungen auszuschließen.
- Einsaugen von Luft und Schaum verfälscht die Messwerte.
- In der Rohrleitung ist eine Absperrmöglichkeit vorzusehen,

um das Gerät ausbauen zu können (Reinigung der Messstrecke, Reparatur, Nullpunktüberprüfung); außerdem ist ein Umlauf erforderlich.

- Eine Rohrleitungseinschnürung im Bereich des Durchflussmessers ist nur gerechtfertigt, wenn der Messbereichsumfang kleiner ausgelegt werden muss (Unterbelastung). Die auftretenden Druckverluste sind zu beachten, ebenso die erforderlichen vorgenannten Vor- und Nachlauflängen
- Die Messung wird durch Rückstau nicht verfälscht.

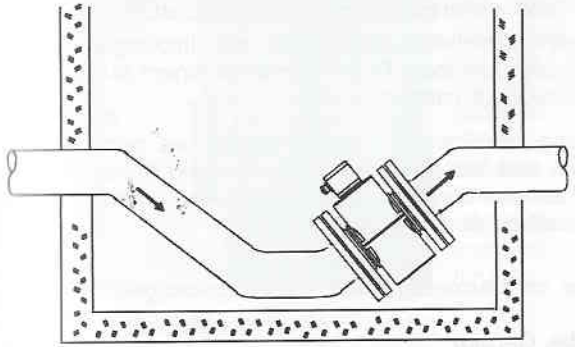


Bild 9.10: Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät (MID)

Nachteilig bei diesen Geräten ist, dass die Messergebnisse vom Betriebspersonal nicht direkt überprüft werden können. Dies ist nur mit Hilfe eines unabhängigen Messverfahrens (z. B. Messwehr) möglich. Entsprechende Einrichtungen dafür sind unentbehrlich. Neue Geräte verfügen meist über einfache Prüfmöglichkeiten am Messwertumformer. Auch auf die Möglichkeit der Nachprüfung mit Hilfe elektrischer Messungen ist zu achten. Für diese Kontrollen muss in der Regel eine Fachfirma zugezogen werden.

Wegen dieser Schwierigkeiten sollten MID nur dann eingebaut werden, wenn nach gewissenhafter Prüfung die örtlichen Verhältnisse die Verwendung eines Venturi-Gerinnes nicht zulassen.

Anregungen zur Gestaltung von Durchflussmesseinrichtungen

- Auch bei kleinen Anlagen immer eine Möglichkeit der Durchflussmessung vorsehen, sei es Venturigerinne, Messwehr oder wenigstens ein Absturz für eine Eimermessung.
- Bei Venturigerinnen darf keinesfalls auf die Beruhigungsstrecke verzichtet werden.
- Alle Messgeräte haben einen bestimmten Messbereich, in dem sie genauer arbeiten, als in anderen Bereichen. Bei der Messbereichswahl ist darauf zu achten, dass die Messung beim Trockenwetterzufluss möglichst genau ist.
- Durchflussmesseinrichtungen sind mit Impulsgebern für durchflussproportionale Probenahme mit einem Ausgang für 4 bis 20 mA auszustatten.

Die *Messung des Gasanfalls* erfolgt ähnlich wie beim Venturi-Rohr. Durch eine Messblende im Rohr wird ein Druckabfall erzeugt, der auf eine Ringwaage übertragen wird und über einen Anzeiger als Durchfluss ablesbar ist.

Achtung:
Räume mit Gasmessgeräten sind explosionsgefährdet!

9.2.2 Farbe, Geruch

Bei der Beurteilung geht es um grobsinnliche Wahrnehmungen. Die Analyse erfolgt unmittelbar nach der Probenahme; hierdurch werden mögliche Veränderungen der Abwasserprobe vermieden, die schon nach kurzer Zeit eintreten können. Obwohl die Wahrnehmungen der Färbung und des Geruchs subjektiv sind, erlauben sie untereinander Vergleiche und damit Angaben über Änderungen der Abwasserzusammensetzung.

9.2.3 Temperatur

Die Wassertemperatur wird mit einem Thermometer bestimmt, das einen Bereich von -5 bis +50 °C umfasst. Bei der Messung ist wichtig, dass sich der Messkopf des Thermometers während der Messung unter Wasser befindet. Die Temperaturmessung in einer Abwasserprobe, z. B. im Eimer, ist etwas umständlich.



Besser ist es ein sog. „Schöpfthermometer" zu verwenden, bei dem sich um den Messkopf eine Hülse für das Probenwasser befindet.

Dieses Schöpfthermometer, das vorteilhaft an einer Kunststoffschnur angebracht ist, wird 1 bis 2 Minuten in das Wasser gehalten, zieht es dann – ohne das Wasser am unteren Ende der Hülse auszugießen – heraus und liest die Temperatur ab.

Bild 9.11: Schöpfthermometer

Es genügt, das Ergebnis auf 1,0 °C gerundet anzugeben. In der Regel liegt die Temperatur von Abwasser zwischen 10 und 20 °C, von Grundwasser zwischen 6 bis 12 °C.

Die Lufttemperatur wird mit einem Außenthermometer im Schatten gemessen. Zweckmäßig ist ein Maximum-Minimum-Thermometer (Bereich -30 bis +50 °C), auf dem die höchste und niedrigste Temperatur seit der letzten Ablesung feststellbar ist. Die Kennmarken sind nach der Ablesung nachzustellen.

In beheizten Faulräumen wird die Schlammtemperatur durch fest eingebaute Thermometer (Temperaturfühler) gemessen und auf ein Anzeigegerät fernübertragen. Üblich sind mindestens zwei Messstellen. Häufig sind selbstschreibende Geräte vorhanden. Dann sind rechtzeitig die Papierrollen auszuwechseln und die verschiedenfarbigen Tinten nachzufüllen.

9.2.4 Sichttiefe, Durchsichtigkeit, Trübung

Zur Bestimmung sind verschiedene Methoden anwendbar:

Bestimmung mit der Sichtscheibe

Das Sichtscheibengerät besteht aus einer quadratischen oder runden Scheibe mit 20 cm Kantenlänge bzw. Durchmesser und ist in der Mitte an einer von 10 auf 10 cm markierten Kette oder Stange befestigt Zur Messung wird die Sichtscheibe soweit in das zu prüfende Wasser (Nachklärbecken) eingetaucht, bis die Scheibe gerade noch erkennbar ist. Die Eintauchtiefe wird als „Sichttiefe in cm" angegeben. Die Messergebnisse sind etwas von den Lichtverhältnissen und der Sehschärfe der messenden Person abhängig.

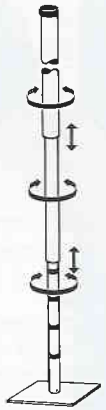


Bild 9.12: Sichtscheibe

Bestimmung mit Durchsichtigkeitszylinder

Die Abwasserprobe wird hierbei in einen Durchsichtigkeitszylinder gefüllt, bis das beleuchtete Fadenkreuz gerade verschwindet. Der Grad der Durchsichtigkeit wird in cm angegeben.

Statt des Durchsichtigkeitszylinders kann auch ein Sichttiefenzylinder verwendet werden; hier befindet sich am Boden ein beleuchtetes Fadenkreuz. Bei dieser Messung wird der mit der Probe gefüllte Zylinder soweit entleert, bis das Fadenkreuz sichtbar wird. Der in cm erhaltene Wert wird als „relative Sichttiefe" bezeichnet. Sauberkeit des Gerätes ist Voraussetzung für eine einwandfreie Bestimmung. Die Sehschärfe der messenden Person hat auch hier Einfluss auf das Messergebnis.

Fotoelektrische Trübungsmessung

Bei diesen Geräten wird die Trübung des Wassers fotoelektrisch (ähnlich wie bei einem Belichtungsmesser von Fotoapparaten) gemessen; derartige Geräte sind netz- oder batteriebetrieben lieferbar. Bei größeren Anlagen werden auch selbstschreibende Geräte zur fortlaufenden Trübungsmessung eingebaut. Die Fotozellen müssen regelmäßig gereinigt werden, da anhaftender Schmutz oder Algenbewuchs verfälscht.

9.2.5 Absetzbare Stoffe, abfiltrierbare Stoffe, Schlammvolumen

Absetzbare Stoffe

Zur Bestimmung der absetzbaren Stoffe dient der „Imhofftrichter", auch Absetzglas, Spitzglas oder Sedimentiergefäß genannt (Bild 9.13). Die Trichter bestehen aus Glas oder Kunststoff und werden in einem Gestell aus Holz bzw. Kunststoff oder in Stativen aufgestellt.

Der Imhofftrichter wird mit der Abwasserprobe bis zur 1 000-ml-Marke gefüllt. Falls die Proben in größeren Flaschen ins Betriebsgebäude gebracht werden, ist der Flascheninhalt vor dem Einfüllen gut zu durchmischen. Die Menge der absetzbaren Stoffe wird durch Ablesung des von den Sinkstoffen eingenommenen Volumens der Trichterspitze nach 2 Stunden bestimmt. Etwa 15 Minuten vor der Ablesung wird der Trichter ruckartig um die Längsachse hin- und hergedreht, um die an der Glaswandung haftenden Teilchen zum Absinken zu bringen.

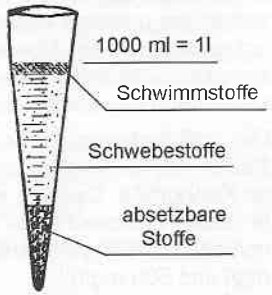


Bild 9.13: Imhofftrichter

Für bestimmte Messungen kann unter besonderen Voraussetzungen eine Verkürzung der Absetzdauer für die Messung von 2 h auf 30 min vereinbart werden. Die verkürzten Messungen sind dann unter sich wieder vergleichbar.

Der Gehalt an absetzbaren Stoffen liegt im Rohabwasser (Kläranlagenzulauf) üblicherweise zwischen 10 und 20 ml/l.

Abfiltrierbare Stoffe

Feststoffe im Kläranlagenablauf erhöhen die Verschmutzung bei CSB, BSB_5 und P_{ges}. Sie sind daher schon im Hinblick auf die Einhaltung von wasser- und abgaberechtlichen Grenzwerten generell unerwünscht. Es ist allerdings zu erwähnen, dass der optische Eindruck oft einen stärkeren Feststoffabtrieb vortäuscht als tatsächlich vorhanden ist. Aus diesem Grunde wird immer häufiger die Messung der abfiltrierbaren Stoffe gefordert.

Bei ausreichend dimensionierter Nachklärung und störungsfreiem Betrieb der biologischen Stufe liegen die Gehalte der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf um 10 mg/l. Von einem erhöhten Suspensaabtrieb ist erst dann zu sprechen, wenn 30 bis 50 mg/l überschritten werden.

1 mg/l Feststoffe haben einen CSB von 0,8 bis 1,6 mg/l bzw. einen BSB_5 von 0,3 bis 1,0 mg/l. Die N-Verbindungen befinden sich in der gelösten Phase, daher ist der Feststoffanteil im Kläranlagenablauf für Überwachungswerte des anorganisch gebundenen Stickstoffs bedeutungslos. Der Phosphor dagegen kann durch ungelöste Stoffe im Ablauf mitbeeinflusst werden.

Die abfiltrierbaren Stoffe sind für die Bemessung biologischer Stufen, die für Nitrifikation ausgelegt werden sollen, eine wichtige Kenngröße. Deshalb werden im Zulauf zur biologischen Stufe häufig entsprechende Messungen verlangt. Hier sind Werte von etwa 200 mg/l zu erwarten (im Rohabwasser zwischen 300 mg/l und 500 mg/l).

Arbeitsanleitung

Abfiltrierbare Stoffe (AS) sind die mittels Glasfaserfilter (60 µ) abtrennbaren Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe im Abwasser. Glasfaserfilter haben ein höheres Rückhaltevermögen als die sonst gebräuchlichen Papierfilter. Darüber hinaus ziehen Glasfaserfilter, im Gegensatz zu Papierfiltern, keine Luftfeuchtigkeit an und ermöglichen somit ein genaueres Wiegen.

Geräteausstattung

Wasserstrahlpumpen sind besser geeignet als elektrische Vakuumpumpen, da die Filtration bei Überfüllung der Saugflasche nicht unterbrochen werden muss

- Infrarot-Trocknungsgeräte können alternativ zu Trockenschrank oder Mikrowellenherd verwendet werden
- Luftbetriebene Vakuumfiltriergeräte mit größeren effektiven Filterflächen sind den herkömmlichen Porzellannutschen vorzuziehen
- Die Präzisionswaage ist mit digitaler Anzeige ausgestattet und hat eine Ablesbarkeit von 1 mg.

Vorbemerkungen zur Durchführung

Die AS-Bestimmungen sollten frühzeitig nach der Probenahme erfolgen, um Fehler durch Nachflockung zu vermeiden.

Wird die Bestimmung aus einer Teilmenge eines größeren Probevolumens vorgenommen, sollte das zu filtrierende Volumen so bemessen werden, dass die gesamte abgemessene Abwassermenge in 5 bis 15 Minuten filtriert werden kann und mindestens 20 mg Trockenmasse auf dem Filter erhalten werden. Bei zu erwartenden AS-Werten < 20 mg/l sind mindestens 2 l Abwasser zu filtrieren.

In der Regel lassen sich bei kommunalem Abwasser

50 -	200 ml	Rohabwasser (nach dem Rechen)
100 -	500 ml	vom Ablauf der Vorklärung und
500 -	3 000 ml	vom Ablauf der Nachklärung nach biologischer Reinigung

in weniger als 15 Minuten filtrieren. Mit längeren Filtrationszeiten kann der Durchsatz nur unwesentlich erhöht werden. Kürzere Filtrationszeiten sind durch Druckfiltrationsgeräte möglich. Die Anschaffung lohnt, wenn die abfiltrierbaren Stoffe häufig bestimmt werden müssen.

Durchführung der Bestimmung

- Glasfaserfilter in die Porzellannutsche einlegen und etwa 0,5 l sauberes Leitungswasser durchsaugen.

- Filter mindestens 1 Stunde im Trockenschrank *) bei 105 °C ± 2 °C trocknen, im Exsikkator etwa 5 Minuten abkühlen lassen und auf 1 mg genau auswiegen.
- Filter auf der Rückseite mit einem wasserfesten Faserstift nummerieren, Nummer und Leergewicht des Filters ins Filterbuch eintragen **).
- Abwasserprobe gut durchmischen und das zu filtrierende Volumen abmessen.
- Filter in die Porzellannutsche legen, mit etwas Leitungswasser anfeuchten und mit Vakuum ansaugen.
- Abgemessene Abwasserprobe filtrieren und Filter etwa 1 Minute trocken saugen.
- Filter mindestens 2 Stunden im Trockenschrank bei 105 °C ± 2 °C trocknen, etwa 5 Minuten im Exsikkator abkühlen lassen und danach in möglichst kurzer Zeit auswiegen.
- Filtriertes Abwasservolumen und Gewicht des Filters mit AS ins Filterbuch eintragen.

*) Bei Verwendung von Mikrowellenherd oder Infrarottrocknern bis zur Gewichtskonstanz trocknen

**) Empfehlung: gleich mehrere Filter auf diese Weise vorbereiten.

Auswertung

Die abfiltrierbaren Stoffe werden wie folgt berechnet:

$$\frac{(\text{Filter mit AS} - \text{Filter leer}) \cdot 1000}{\text{filtriertes Abwasservolumen [ml]}} = \text{AS [mg/l]}$$

Die Ergebnisse werden auf 1 mg/l, bei AS-Werten über 100 mg/l auf 10 mg/l auf- oder abgerundet. Die Präzisionswaage muss eine Genauigkeit und Ablesbarkeit von 1 mg aufweisen.

Für die BSB_5- und CSB-Messung sollen bei Abwasserteichen nur ungetrübte, unverfärbte, klare Proben genommen werden. In der AbwV ist dazu festgelegt:
Ist bei Teichanlagen, die für eine Aufenthaltszeit von 24 Stunden und mehr bemessen sind, die Probe durch Algen deutlich gefärbt, so sind CSB, BSB_5, NH_4-N, NO_3-N und P_{ges} von der algenfreien Probe zu bestimmen. In diesem Fall erniedrigen sich die festgelegten Werte beim CSB um 15 mg/l und beim BSB_5, um 5 mg/l.

Die Proben müssen also filtriert werden, damit die Schwebstoffe, vorwiegend Plankton-Algen, entfernt werden. Die Algen würden sonst die Messwerte verfälschen. Die Verfälschung käme vor allem vom verstärkten Sauerstoffverbrauch der Algen durch Atmung (bei Dunkelheit) und Absterben, der in Wirklichkeit aber nicht in dieser Form auftreten würde. Algengetrübte Proben ergeben deshalb höhere Werte. Der Messfehler, der entsteht, wenn mit den Algen auch andere Schwebstoffe entfernt werden, ist bei Abwasserteichen verhältnismäßig klein.

Schlammvolumen

Bei Belebungsanlagen wird der Gehalt an Belebtschlamm nicht im Imhofftrichter, sondern im Standzylinder (Bild 9.14) beziehbar) bestimmt. Die Probe aus dem Belebungsbecken wird in den Zylinder bis zur 1 000-ml-Marke eingefüllt. Der Stand der Schlammoberfläche wird nach 30 Minuten Absetzzeit abgelesen und in ml/l angegeben.

Wenn sich ein Schlammvolumen ergibt, das größer als 250 ml/l ist, dann ist die Messung mit Verdünnung zu wiederholen. Dazu füllt man den Standzylinder z. B. bis zur 500-ml-Marke mit Belebtschlamm und ergänzt dann bis zur 1 000-ml-Marke mit Abwasser aus der Nachklärung und liest nach 30 Minuten das Schlammvolumen ab, z. B. 200 ml. Die Verdünnung war 500 ml + 500 ml, also 1 + 1. Der Verdünnungsfaktor ist dann zwei. In das Betriebstagebuch ist dann einzutragen 2 · 200 ml/l (siehe auch [15]).

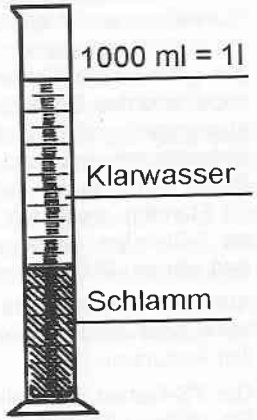


Bild 9.14: Standzylinder

9.2.6 Schlammtrockensubstanz und Schlammindex

Von Schlämmen wird der Trockensubstanzgehalt (TS_R) bestimmt. Er wird auch als Trockenmassenkonzentration, Feststoffgehalt oder Schlammgehalt bezeichnet, die Einheit ist g/l.

Die getrocknete Schlammmasse ist die Trockensubstanz – auch Trockenmasse (mT) – mit der Einheit kg, g oder mg. Die Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes des belebten Schlammes unterscheidet sich von der des Roh- und Faulschlammes.

Trockensubstanzgehalt des Belebtschlammes (TS_{BB}) und des Rücklaufschlammes (TS_{RS}).

In Belebungsanlagen muss je nach Größe der Anlage, täglich bis wöchentlich, der Trockensubstanzgehalt des Belebtschlammes und des Rücklaufschlammes bestimmt werden.

Hierbei wird die Hauptmenge des Wassers der Probe durch Filtrieren und das restliche Wasser durch Abdampfen im Trockenschrank bei 105 °C entfernt. Das zur Filtration verwendete Belebtschlammvolumen lässt man zweckmäßig erst einige Stunden im Messzylinder eindicken, filtriert dann das überstehende Klarwasser und schließlich den Belebtschlamm. Das Filter wird bei 105 °C getrocknet. Nach dem Abkühlen im Exsikkator wird der getrocknete Schlamm gewogen. Von diesem Gesamtgewicht wird das Gewicht des (vorher!) gewogenen, leeren Filters abgezogen und das erhaltene Trockengewicht auf 1,0 l Belebtschlamm umgerechnet. Wenn das Ausgangsvolumen der Probe 1 000 ml war, so dauert die Trocknungszeit mindestens 12 Stunden, wenn nur 100 ml genommen werden, genügen 1 bis 2 Stunden. Genauer wird das Ergebnis, wenn 1 000 ml filtriert werden (Näheres siehe [15]).

Auch Mikrowellenherde können zum Trocknen des Schlammes verwendet werden. damit lassen sich die Trockenzeiten erheblich verkürzen.

Der TS-Gehalt von Belebtschlamm liegt zwischen 2,5 bis 5 g/l. Ein höherer TS bringt zwar eine größere Prozessstabilität bei

Spitzenbelastungen oder Vergiftungen, bedeutet aber auch sehr hohen Energieaufwand für die Belüftung.

Im Fachhandel werden Geräte angeboten, die Schlammvolumen und Trockensubstanzgehalt des Belebtschlammes fotometrisch messen können.

Der *„Schlammindex"* gibt das Volumen an, das 1 g Trockensubstanz nach 30 Minuten Absetzzeit einnimmt und ist ein Maß für die Absetzeigenschaft des Schlammes. Der Schlammindex wird errechnet, indem das Belebtschlammvolumen nach 30 Minuten Absetzzeit (ml/l) durch den Trockensubstanzgehalt (g/l) geteilt wird. Der Schlammindex eines normalen Belebtschlammes liegt zwischen 80 und 150 ml/g. Bei einem höheren Schlamm-Index spricht man von „Blähschlammbildung", der meist durch fadenförmige Mikroorganismen verursacht wird. Blähschlammbildung wird manchmal durch stärkere Temperaturänderungen im Frühjahr und Herbst sowie durch einseitige Abwasserzusammensetzung unterstützt.

Verkürzung der Filtrationszeit für den Trockensubstanzgehalt:
Wenn man einige Tropfen einer 0,2 %igen Lösung eines organischen Flockungsmittels, z. B. Praestol 444 K zusetzt, verkürzt sich die Zeit für das Filtrieren des Belebtschlammes erheblich.

Trockenrückstand des Roh- und des Faulschlammes (TR)

Zur Bestimmung des Trockenrückstandes des Roh- oder Faulschlammes wird die Schlammprobe im Gegensatz zum belebten Schlamm nicht im Messzylinder abgemessen und filtriert, sondern in einer Schale eingewogen und eingedampft, weil sich das Schlammwasser des Roh- oder Faulschlammes durch Filtration kaum abtrennen lässt. Beim Eindampfen des Schlammes werden daher nicht nur die ungelösten Schlammstoffe, sondern auch die im Schlammwasser gelösten Stoffe, vor allem Salze, mit erfasst.

Nähere Anleitungen im Handbuch [15].

9.3. Messung chemischer Werte

9.3.1 Sauerstoffgehalt

Sauerstoffmessungen sind in der Regel nur bei Belebtschlammanlagen erforderlich, da hier die Gefahr besteht, dass zu wenig Sauerstoff im Belebungsbecken enthalten ist.

Belebungsanlagen müssen so betrieben werden, dass ein O_2-Gehalt von 1 bis 2 mg/l, insbesondere zur Zeit der Spitzenbelastung, erreicht werden kann. Für die Nitrifikation im Belebungsbecken sind Werte von über 2 mg/l unumgänglich. Soll im Belebungsbecken auch denitrifiziert werden, muss dagegen der O_2-Gehalt bei Null mg/l liegen. Dies kann durch wechselnde Betriebsweisen, getrennte Beckenabschnitte oder eigene Becken erreicht werden.

Sauerstoff kann entweder mittels eines elektrischen Sauerstoffmessgerätes oder chemisch bestimmt werden. Kontinuierliche Sauerstoffmessungen sind Voraussetzung dafür, dass die gewünschten O_2-Gehalte geregelt werden können und damit wirtschaftliche Betriebsweisen möglich sind. Die Geräte bestehen aus einer Messsonde (Messfühler, Messelektrode) und einem Anzeigegerät, an dem der Sauerstoffgehalt an einer Skala abgelesen wird. Die Ergebnisse werden dokumentiert und archiviert.

Bei transportablen Geräten muss die Elektrode stets feucht gehalten werden. Die Messungen zeigen nur brauchbare Ergebnisse, wenn eine ausreichende Anströmgeschwindigkeit an der Elektrode erreicht wird. Die Geräte sind laufend durch Kalibrieren zu überprüfen, im Dauereinsatz wenigstens wöchentlich.

Ein optisches Messverfahren zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration ist das *Lumineszenz-Verfahren*. Die Methode basiert auf der Strahlung eines Leuchtstoffes (Luminophores) und führt die Messung auf eine reine physikalische Messung der Zeit zurück. Da die Zeitmessung driftfrei ist, ist eine Kalibrierung des Sensors durch den Anwender nicht erforderlich.

Siehe auch Handbuch [15].

9.3.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Der CSB ist die Sauerstoffmenge in mg, die erforderlich ist, alle organischen Inhaltsstoffe im Wasser chemisch zu oxidieren. Der CSB wird in mg/l angegeben.

Der CSB ist in der AbwV und im AbwAG für die Bestimmung der oxidierbaren Stoffe vorgeschrieben. Der CSB wurde für die Abwasserabgabe als maßgebender Kennwert gewählt, weil mit ihm die organischen Stoffe vollständig erfasst werden, im unterschied zum BSB_5. Auch die Verschmutzung des Industrieabwassers ist besser mit der des häuslichen Abwassers vergleichbar.

Das CSB-DIN-Verfahren, wie es in der AbwV vorgeschrieben wird, ist ein Verfahren, in dem mit z. T. sehr giftigen Chemikalien offen umgegangen werden muss. Es kann deshalb nur in größeren Labors von labortechnisch vorgebildetem Personal ausgeführt werden. Die Bestimmung geschieht mit einer verhältnismäßig großen Probemenge (20 bis 50 ml); dies erfordert eine größere Menge an Chemikalien. Dafür ist die Genauigkeit recht gut und auch für gerichtliche Auseinandersetzungen verwendbar (sog. Schiedsmethode).

Für den Einsatz im Kläranlagenbetrieb empfiehlt es sich, die Betriebsmethode mit Küvetten und Fotometer zu verwenden. Hier müssen die gefährlichen Chemikalien vom Personal nicht berührt werden, da sie abgepackt in geschlossenen Küvetten transportiert werden. Die Schmutzstoffe im Abwasser werden mit Kaliumdichromat unter Erhitzen in einem Heizblock aufgeschlossen, die Färbung dann fotometrisch ermittelt. Die CSB-Betriebsmethode braucht nur ein kleines Probevolumen (z. B. 2 ml) und wenig Chemikalien. Allerdings muss die kleine Probenmenge sehr genau abgemessen werden. Mit Schutzbrille und Handschuhen kann sie auch vom entsprechend dafür ausgebildeten Klärwärter vorgenommen werden. Die Chemikalien bleiben in den Küvetten, die nach einmaligem Gebrauch an den Hersteller zurückgehen. Die Betriebsmethode ist hervorragend geeignet, den CSB in der Selbstüberwachung zu messen. Der CSB-Küvettentest ist in der DIN ISO 15705 genormt.



Bild 9.15: Fotometrische Bestimmung des CSB mit Küvetten, Heizblock und Fotometer (Hach-Lange)

Im ersten Schritt der Messung werden die im Abwasser enthaltenen chemisch oxidierbaren, organischen Stoffe zugänglich gemacht (aufgeschlossen). Dazu wird die Küvette mit der Probemenge in einem Heizblock bei 145 °C zwei Stunden erhitzt. Dann wird die veränderte Färbung über Lichtabsorption gemessen.

Kennzeichnend für den CSB ist:

- Bei der CSB-Bestimmung wird die Oxidation (der Abbau) von organischen Inhaltsstoffen mit Hilfe von Chemikalien vorgenommen.
- Bei der CSB-Bestimmung werden auch biologisch nicht abbaubare Substanzen erfasst.
- Die CSB-Bestimmung dauert ca. drei Stunden, das Ergebnis ist am selben Tag bekannt.
- Die CSB-Konzentrationen liegen im Mittel für kommunales Rohabwasser bei einem Wert von 600 mg/l, für mechanisch gereinigtes Abwasser bei 400 mg/l und für biologisch gereinigtes Abwasser bei 25 bis 90 mg/l.
- Der für die Stickstoffoxidation verbrauchte O_2 wird mit dem CSB kaum erfasst.

Die CSB-Werte liegen bei Rohabwasser etwa doppelt so hoch wie beim BSB_5; im Kläranlagenablauf dagegen sind sie etwa 4 - 5 Mal so groß. Das Verhältnis von BSB_5 : CSB lässt eine Aussage über die Abbaubarkeit zu; bei 1:2 entspricht es häuslichem Schmutzwasser, bei 1:4 schwer abbaubarem gewerblichen Abwasser.

Bei Betriebsabwasser können die CSB-Konzentrationen viel höher sein, weil biologisch nicht oder schwer (länger als 5 Tage) abbaubare Verbindungen enthalten sein können. Diese werden nur bei der CSB-Bestimmung nicht jedoch bei der BSB_5-Bestimmung erfasst.

Die CSB-Schmutzfracht eines Einwohners pro Tag (Abwassermenge · Schmutzkonzentration) beträgt

CSB-Fracht: 200 l/(E · d) · 0,600 g/l = 120 g/(E · d).

Näheres zur CSB Bestimmung siehe Handbuch [15].

Mittelwertberechnung

Der CSB der Probe ist der Mittelwert aus drei Parallelbestimmungen. Sogenannte Ausreißer werden nicht berücksichtigt. Ein Ausreißer wird daran erkannt, wenn bei CSB-Werten

- unter 150 mg/l (kleiner Messbereich) ein Wert um 15 mg/l oder mehr
- über 150 mg/l (großer Messbereich) ein Wert um 10 % oder mehr

vom mittleren Wert der Einzelbestimmung (Median genannt) abweicht.

Beispiel: 1. Messung 75 mg/l (Median)
2. Messung 72 mg/l
3. Messung 91 mg/l (Ausreißer)

Bei mehr als einem Ausreißer ist die Messung zu wiederholen und nach Fehlerursachen zu suchen.

Häufige Fehlerursachen

Die Qualität der CSB-Betriebsmethode ist sehr gut. Treten dennoch größere Messwertstreuungen auf, kann dies folgende Ursachen haben:

Pipettierfehler:
Die Genauigkeit der Pipette soll vierteljährlich durch Auswiegen des angesaugten Wasservolumens kontrolliert werden. Die Auswaage von 2 ml destilliertem Wasser bei Zimmertemperatur muss zwischen 1,98 und 2,02 g liegen.



Bild 9.16: Sorgfältiges Pipettieren

Abfiltrierbare Stoffe/Schlammflocken:
Der CSB von 1 mg Tropfkörper- oder Belebtschlamm beträgt rund 1 mg. Durch das kleine Volumen von 2 ml kann bei schlecht

homogenisierten Proben der Fehler beträchtlich sein. Es ist notwendig, die Probe unter ständigem Rühren mittels Magnetrührer bei mittlerer Drehzahl, abzupipettieren.

Schwebstoffe im Reaktionsgemisch:
Die zu fotometrierende Lösung muss optisch klar sein. Durch unvorsichtiges Handhaben der abgekühlten Küvette kann es zu Aufwirbelungen des in kalter Lösung schwer absetzbaren Bodensatzes kommen. In derartigen Fällen sollte die Küvette nochmals kurz auf über 100 °C erhitzt und der CSB nach erneutem Abkühlen gemessen werden. Das nochmalige Erhitzen führt zu keiner messbaren Erhöhung des CSB-Wertes.

9.3.3 TOC

Wegen der Verwendung der giftigen Chemikalien und der teuren Entsorgungsverfahren werden immer wieder Bedenken gegen die CSB-Messung geäußert.



Bild 9.17: Betriebsmethode TOC-Bestimmung (Macherey-Nagel)

Als Alternative dazu wird der TOC (Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff) vorgeschlagen. Er kann kontinuierlich ohne Chemikalieneinsatz gemessen werden. Es gibt eine einfache Betriebsmethode mit Küvetten und fotometrischer Auswertung, die aber bisher kaum eingeführt ist. Der TOC eignet sich sowohl für die Zulauf- als auch für Ablaufkontrolle. Das Verhältnis CSB : TOC ist ein gutes Maß für die Beurteilung der Abwasserinhaltsstoffe. Der TOC ist wasser- und abgabenrechtlich nicht vorgeschrieben. In der AbwV § 6 Abs. 2 ist aber festgelegt, dass der im Wasserrechtsbescheid für den Einleiter festgesetzte CSB-Wert auch als eingehalten gilt, wenn der 4fache Wert eines gemessenen TOC-Messergebnisses nicht überschritten wird.

9.3.4 Haltbarkeit (Methylenblauprobe), Fäulnisfähigkeit

Die Bestimmung der Haltbarkeit geschieht mit der *Methylenblauprobe*. Bei dieser Untersuchung wird die Zeit bis zur Entfärbung des der Probe zugesetzten Methylenblaus bestimmt. Sie gibt einen Anhalt über die Menge der im Wasser vorhandenen fäulnisfähigen Stoffe. Dies ist nur ein Nachweis, ob der Ablauf biologischer Kläranlagen fäulnisfähig ist oder nicht.

Bei regelmäßiger CSB-Bestimmung ist diese Haltbarkeitsbestimmung entbehrlich, da der CSB eine genauere Aussage über die organische Belastung im Kläranlagenablauf ermöglicht. Näheres zur Bestimmung der Haltbarkeit siehe Handbuch [15].

9.3.5 pH-Wert

Die Bedeutung des pH-Wertes in der Abwassertechnik wird im Abschnitt Abwasserbeschaffenheit dargestellt.

Bei pH-Werten unter 6,5 besteht die Gefahr von Betonzerstörungen. Wenn im Rohabwasser pH-Werte unter 6 und über 9 festgestellt werden, kann hierdurch der Abwasserreinigungsvorgang gestört werden. Derartig niedrige oder hohe pH-Werte werden meist durch unzulässiges Einleiten von Abwasser aus Industrie und Gewerbe verursacht.

Während im Klärbetrieb der pH-Wert für den Zulauf und die

Schlammfaulung bedeutungsvoll ist, ist für die Gewässerüberwachung der pH-Wert des Ablaufes entscheidend.

Grundsätzlich sollten elektrisch betriebene, fortlaufend messende Geräte verwendet werden. Zuverlässige pH-Werte (auf 0,1 oder 0,05 pH-Einheiten genau) liefern elektrische Geräte, die als Batterie-, Netz- oder kombinierte Geräte erhältlich sind. Möglichst vor jeder Messung ist das Gerät abzugleichen, d. h. die Steilheit ist auf den Wert einer Pufferlösung einzustellen. Besonders ist darauf zu achten, dass die Glaselektrode nie trocken steht, da sie sonst schnell unbrauchbar wird. Eine Glaselektrode hat nur eine Lebensdauer von rund 2 Jahren. Eine Ersatzelektrode ist bereit zu halten.



Bild 9.18: pH-Messgerät (WTW)

Der stationäre Einbau einer pH-Messelektrode mit Schreibvorrichtung im Zulauf, z. B. nach dem Sandfang, ist notwendig. Sie ist regelmäßig (täglich bis wöchentlich) zu reinigen. Verkrustungen können durch kurzes Eintauchen in Salzsäure, Öl- und Fettbeläge durch Lösungsmittel (Spülmittel) entfernt werden. Darüber hinaus ist es zweckmäßig, ein transportables pH-Messgerät zur Verfügung zu haben, um Einleitungen vom Betriebsabwasser im Kanalnetz und Schlammproben überprüfen zu können.

Näheres über die Messung siehe Handbuch [15].

9.3.6 Säurekapazität, Alkalität im Faulwasser

Beim anaeroben Abbau (der Faulung) von organischen Stoffen treten als Zwischenprodukte organische Säuren (auch als Buttersäuregehalt, Fettsäuregehalt oder „Gehalt an wasserdampfflüchtigen, organischen Säuren" bezeichnet) auf. Ein schlecht ausgefaulter Schlamm ist durch einen hohen Gehalt an organischen Säuren gekennzeichnet, die im Schlamm einen niedrigen pH-Wert und üblen Geruch hervorrufen können. Daneben weisen diese Schlämme eine geringe Konzentration an puffernden, d. h. pH-stabilisierenden Karbonaten und Bikarbonaten (auch Alkalität bzw. Kalkreserve genannt) auf.

Nicht immer kann eine Störung im Faulraum rechtzeitig und mit genügender Deutlichkeit am pH-Wert erkannt werden, da dieser Wert bei Störungen im Faulprozess anfänglich oft nur um wenige Zehntel einer pH-Einheit zurückgeht, was sehr leicht unbemerkt bleibt. Neben der Beobachtung des täglichen Gasanfalles und des CH_4-Gehaltes im Faulgas gehören deshalb die Bestimmung der Alkalität und der organischen Säuren zu den wichtigsten Maßnahmen bei der Überwachung der Schlammfaulung. Alkalität und organische Säuren lassen sich mit einer für den praktischen Kläranlagenbetrieb ausreichenden Genauigkeit in sehr einfacher Weise bestimmen. Näheres dazu [15].

9.3.7 Stabilisierungsgrad des Schlammes

Allgemeines

Der Überschussschlamm wird in einer Kläranlage ohne Faulbehälter üblicherweise so weit behandelt, dass er stabilisiert – d. h. fäulnisunfähig – ist. Ein gewisser Anhaltspunkt für den Stabilisierungsgrad ist die Geruchsentwicklung bei der Zwischenlagerung in Stapelräumen oder Silos. Ein aerob weitgehend stabilisierter Schlamm ist auch bei längerer Lagerzeit und hohen Außentemperaturen – im Gegensatz zu teilstabilisiertem Schlamm – weitgehend geruchsfrei. Auch die Bestimmung des Glühverlustes lässt eine gewisse Aussage über den Grad der Schlammstabilisierung zu.
Um mit betrieblichen Maßnahmen eine ausreichende Stabilisierung des Überschussschlammes zu erkennen, ist je nach Entnahmezeitpunkt eine monatliche Überprüfung notwendig.

Enzymaktivität (TTC-Test)

Eine gute Näherungsmethode für den Stabilisierungsgrad ist der vereinfachte TTC-Test. Er ist Bestandteil der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (DEV/L3). Da die Aktivität der Enzyme an das Vorhandensein lebender Bakterienzellen gebunden ist, kann anhand der fotometrisch messbaren Formazanproduktion der Stabilisierungsgrad eines Schlammes annähernd festgelegt werden.

Um den Stabilisierungsgrad bestimmen zu können, wurde eine einfache Betriebsmethode entwickelt.

Geräteausstattung und Chemikalie

- Thermoschrank, einstellbar auf 20 °C
- Messzylinder (100 und 200 ml)
- Reagenzgläser (10 bis 15 ml), verschließbar (auch Leerküvetten aus dem Küvettentest)
- Reagenzglasständer
- Sicherheitspipette (1 ml)
- 2,3,5 Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC), max. 5 g, im Chemiehandel zu erhalten.

TTC-Lösung: 0,5 g TTC in 100 ml destilliertem Wasser lösen. Die Lösung wird vor Licht geschützt, in einer braunen Glasflasche aufbewahrt und sollte nach spätestens 2 Jahren erneuert werden.

Im Laborhandel werden auch Fertigtests angeboten.

Geräteausstattung

- Sauerstoffflaschen nach Winkler (sog. Winkler-Flaschen), Inhalt 200 bis 300 ml, (genaue Volumenangabe der Flasche nicht erforderlich). Flaschenhalsweite ist etwa der vorhandenen O_2-Laborsonde anzupassen
- Sauerstoffmessgerät mit O_2-Laborsonde
- Magnetrührgerät mit stufenlos regelbarer Drehzahl, möglichst mit 12 V-Betrieb (Adapter erforderlich)
- Magnetrührstäbe, Länge mindestens 30 mm; z. B. Rührstäbe der BSB-Geräte
- 2 ml-Pipette
- Glühofen (wenn der Glühverlust bzw. oTS bestimmt wird)

Arbeitsanleitung

1. TS-Gehalt des entnommenen Überschussschlammes bestimmen oder auf ± 20 % abschätzen.
2. 20 ml Schlamm mit Wasser aus der Nachklärung in einem Messzylinder auf einen TS-Gehalt von etwa 1 g/l vorverdünnen. Hierzu folgende Beispiele: Bei einem TS-Gehalt von 4,5 g/l → 20 ml Schlamm auf 20 · 4,5 = 90 ml verdünnen; bei einem TS-Gehalt von 5,3 g/l → 20 ml Schlamm auf 20 · 5,3 = 106 ml verdünnen.
3. Verdünnte Schlammprobe im Wasserbad auf etwa 25 °C erwärmen. 10 ml dieser Probe in ein mit 1 ml der 0,5 %igen TTC-Lösung beschicktes Reagenzglas abfüllen.
4. Glas verschließen und Inhalt gut durchmischen und auf Zimmertemperatur von 20 °C bringen. Ein Thermoschrank kann hier hilfreich sein. Die Temperatur darf maximal ± 2 °C vom Sollwert 20 °C abweichen, Lichteinfall ist zu vermeiden.

5. Nach 30 bis 60 Minuten Standzeit wird der Schlamm auf seine Rotfärbung überprüft.

Bewertung: Ist nach einer Stunde noch keine rötliche Färbung der Schlammflocken erkennbar, handelt es sich um einen Schlamm, der die „technische aerobe Stabilisationsgrenze" erreicht hat. Bei unzureichend stabilisierten Schlämmen tritt oft schon nach 30 Minuten, spätestens aber nach 45 Minuten, eine deutlich erkennbare Rotfärbung ein.

Atmungsaktivität

Die Messung der O_2-Atmungsaktivität ist die exaktere Methode zur Bestimmung des Stabilisierungsgrades eines Schlammes. Die Atmungsaktivität eines Belebtschlammes – häufig auch als Sauerstoffzehrung bezeichnet – wird durch die Geschwindigkeit der O_2-Aufnahme der aktiven Biomasse bestimmt. Sie ist im Wesentlichen von der Temperatur und vom Stabilisierungsgrad des Schlammes abhängig. Eine Zehrung durch Ammonium würde das Messergebnis verfälschen; um diese zu unterbinden, wird bei der Bestimmung grundsätzlich N-Allylthioharnstoff (ATH) zugegeben.

Bei einer Temperatur von 20° C (bei dieser Temperatur wird die Messung durchgeführt) und einem TS-Gehalt von etwa 4 g/l gelten als Faustzahlen für die O_2-Aufnahme (= O_2-Zehrung des Schlammes) für Anlagen

- mit Teilstabilisierung 0,2 bis 0,3 mg/(l · min)
- mit ausreichender Stabilisierung 0,1 bis 0,15 mg/(l · min).

Hieraus wird deutlich, dass schon während der Messung der O_2-Zehrung bei ungefährer Kenntnis des TS-Gehaltes eine Aussage über den Stabilisationsgrad getroffen werden kann.

Arbeitsanleitung

- Etwa 0,5 l Schlamm mit bekanntem TS-Gehalt aus dem Ablauf der Belebung auf etwa 20°C temperieren (Wasserbad) und zur O_2-Anreicherung auf über 6 mg/l mindestens 20 bis 30 Sekunden in einer 1 l-Flasche aufschütteln
- Eine mit 2 ml 0,05 %ige ATH-Lösung beschickte Winkler-

Flasche oder „Karlsruher Flasche“ (200 bis 300 ml) mit dem belüfteten Schlamm bis zum Rand auffüllen und Magnetstäbchen einwerfen

- Eine weitere Winkler-Flasche mit dem belüfteten Schlamm bis zum Rand auffüllen und Magnetstäbchen einwerfen
- Flasche in ein auf dem Magnetrührgerät befindliches Wasserbad (z. B. Kunststoffbecher mit etwa 20°C warmen Wasser) stellen.
- Dabei darf die Temperatur nicht mehr als ± 2°C von der Solltemperatur 20°C abweichen.
- O_2-Sonde des kalibrierten O_2-Gerätes (Taschen- oder Laborgerät) bis etwa zur Mitte der Flasche einführen (keine Luft einschließen!) und Drehzahl am Rührgerät soweit erhöhen, dass eine für die Anströmung der Sonde erforderliche Turbulenz erreicht ist.
- Je nach Geschwindigkeit der O_2-Zehrung, werden die Werte sogleich im Minutenabständen am Messgerät abgelesen und aufgeschrieben bzw. in das Diagramm (siehe Bild 9.18) eingezeichnet. Die Aufzeichnungen können nach ~ 15 Minuten beendet werden, spätestens dann, wenn die O_2-Konzentration den Wert 0,5 mg/l erreicht hat. Niedrigere Werte werden bei der Berechnung der Aktivität nicht berücksichtigt.

Berechnung der Atmungsaktivität des Schlammes:

Die Atmungsaktivität wird als O_2-Verbrauch von 1 kg TS pro Tag nach folgender Formel berechnet:

$$O_2\text{-Atmungsaktivität } [g/(kg \cdot d)] = \frac{O_2\text{ - Zehrung } [mg/(l \cdot min)] \cdot 60\,min \cdot 24\,h}{TS\ [g/l]} =$$

Beispiel:

TS des Schlammes	4,8	g/l
O_2 zu Beginn der Aufzeichnungen	4,1	mg/l
abzügl. O_2 nach 15 Minuten (Ende der Messung)	1,5	mg/l
ergibt Zehrung in 15 Minuten	= 2,6	mg/l

geteilt durch 15 Minuten ergibt: 2,6 : 1,5 = 1,73

O_2- Zehrung pro Minute 0,173 mg/(l · min)

$$O_2\text{-Atmungsaktivität} = \frac{0{,}173\,mg/(l \cdot min) \cdot 1440}{4{,}8\ g/l}$$

$$= 52\ g/(kg\ TS \cdot d)$$

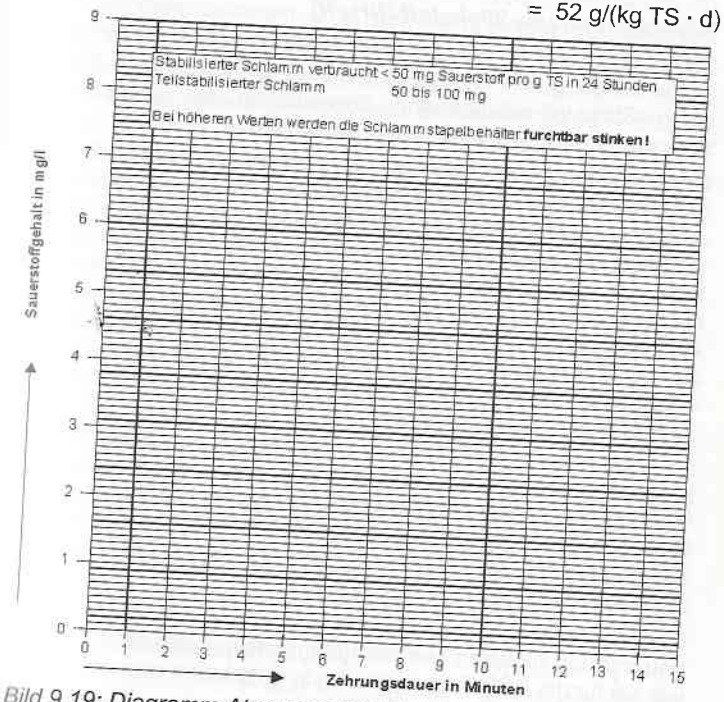


Bild 9.19: Diagramm Atmungsaktivität

Bewertung

Liegt die Atmungsaktivität unter 60 g/(kg TS · d), handelt es sich i. d. R. um einen weitgehend stabilisierten Schlamm. Bei darüber liegenden Werten ist von einer Teilstabilisierung auszugehen.

Eine sehr sichere Aussage kann getroffen werden, wenn die Aktivität auf den organischen Anteil (oTS) bezogen wird; hierfür ist der Glühverlust zu bestimmen. Für oTS gilt bei weitgehend stabilisierten Schlämmen ein Wert von ≤ 100 g/(kgTS · d).

9.3.8 Ammonium-Stickstoff (NH_4-N)

Neben den organischen Stoffen sind im Abwasser auch Stickstoffverbindungen enthalten. Im Zulauf zur Kläranlage liegen diese Stickstoffverbindungen überwiegend als Ammonium-Stickstoff vor. NH_4-N wird in mg/l gemessen.

Da der Ammonium-Stickstoff im Gewässer Sauerstoff verbraucht, sollte im Kläranlagenablauf die NH_4-N-Konzentration möglichst niedrig liegen. In der AbwV ist für den NH_4-N ein Anforderungswert festgelegt. Kläranlagen die größer als 5 000 EW sind, müssen den NH_4-N soweit abbauen, dass beim Einleiten ins Gewässer 10 mg/l nicht überschritten werden. Diese Konzentration ist im Sommerhalbjahr von Mai bis Oktober bzw. bei Abwassertemperaturen von über 12 °C im biologischen Teil einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssen Kläranlagen für eine Nitrifikation eingerichtet sein.

Im Allgemeinen liegt der NH_4-N im Zulauf von kommunalen Kläranlagen zwischen 40 und 60 mg/l. Wenn keine besonderen Maßnahmen zu seinem Abbau vorgesehen sind, wird er im Ablauf von schwachbelasteten Anlagen auf die Hälfte vermindert. Zusammen mit BSB_5 und CSB geht der NH_4-N in die Sauerstoffbedarfsstufe einer Kläranlage ein.

Der NH_4-N kann verhältnismäßig einfach und ausreichend genau mit den gleichen Geräten fotometrisch gemessen werden, wie sie für die CSB-Betriebsmethode angeboten werden.

Für die fortlaufende NH_4-N-Messung (Online-Messung) gibt es Geräte, die mit sogenannten gassensitiven Elektroden oder mit fotometrischen Verfahren arbeiten. Der Wartungsaufwand ist nicht wesentlich größer als der für Sauerstoff-Messgeräte.

9.3.9 Nitrat-Stickstoff (NO_3-N)

In einer Kläranlage ohne Stickstoffoxidation (Nitrifikation) ist der Nitratgehalt im Abwasser sehr gering. Es ist dann auch nicht sinnvoll, Nitrat zu messen. Sobald sich aber in einer Kläranlage durch Nitrifikation Nitrat bildet, kann der Nitratgehalt bis zu 50 mg/l und mehr betragen. D. h. wenn eine Anlage gut nitrifiziert, sinkt der Ammonium-Stickstoff, dafür entsteht aber Nitrat-Stickstoff.

Um unkontrollierten Denitrifiktionsvorgängen im Betrieb – vor allem in der Nachklärung – begegnen zu können, ist es wichtig zu wissen, wie groß der NO_3-N-Gehalt im Ablauf der Belebungsanlage ist. Außerdem ist Nitrat-Stickstoff ein Nährstoff und damit eine Belastung für das Gewässer. NO_3-N wird in mg/l angegeben.

In der AbwV ist für das Nitrat kein eigener Anforderungswert festgelegt. NO_3-N ist in der Summe der Stickstoffverbindungen im Parameter Stickstoff, gesamt, (N_{ges}) enthalten (siehe 9.3.11).

Die fotometrische Bestimmung mit dem Küvettentest ist als Betriebsmethode zu empfehlen. Dazu wird wieder das gleiche Gerät verwendet, wie zur CSB- oder NH_4-N-Bestimmung. Eine Erhitzung im Heizblock für den Aufschluss ist nicht erforderlich. Allerdings müssen ein eigener Interferenzfilter und die richtigen Nitrat-Küvetten vorhanden sein.

Für die online NO_3-N-Messung gibt es von verschiedenen Firmen Geräte. Es werden fotometrische Verfahren eingesetzt, ebenso kommen auch „ionenselektive Nitratelektroden" zur Anwendung. Diese Messgeräte werden bevorzugt zur verfahrenstechnischen Regelung der Denitrifikation eingesetzt.

9.3.10 Nitrit-Stickstoff (NO_2-N)

Die Nitrit-Messung ist in aller Regel bei der Selbstüberwachung entbehrlich, da der Nitritgehalt im kommunalen Abwasser vernachlässigbar gering ist. Nitritstickstoff ist normalerweise keine stabile Stickstoffverbindung und entsteht, wenn in einer Kläranlage gut nitrifiziert wird als „Zwischenstation" zum Nitrat-Stickstoff.

Der Nitritgehalt liegt meist deutlich kleiner als 1 mg/l. Die Mes-

sung kann mit Küvetten und fotometrischer Bestimmung erfolgen, wie dies bei der NH_4-N geschieht. Voraussetzung sind ein eigener Interferenzfilter und die richtigen Küvetten. Eine Konservierung ist nicht möglich. Da das Nitrition sehr instabil ist, muss grundsätzlich sehr schnell analysiert werden.

9.3.11 Gesamtstickstoff (N_{ges}, GesN, TKN)

In der AbwV - Anhang 1 „Häusliches und kommunales Abwasser" ist festgelegt, dass beim Einleiten von Abwasser in Gewässer ein Anforderungswert für den Gesamtstickstoff (N_{ges}) einzuhalten ist. Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 10 000 EW müssen einen Überwachungswert von 18 mg/l N_{ges} einhalten; bei mehr als 100 000 EW 13 mg/l N_{ges}. Der N_{ges} (anorganisch) ist als Summe der Stickstoffverbindungen NH_4-N + NO_3-N + NO_2-N definiert. Der Wert darf im Sommerhalbjahr von Mai bis Oktober – bzw. ab einer Abwassertemperatur von 12 °C im biologischen Teil – nicht überschritten werden. Ablaufwerte von N_{ges} < 18 mg/l sind nur einhaltbar, wenn die Kläranlage nitrifizieren und denitrifizieren kann. Der Gesamtstickstoff N_{ges} ist auch abgaberechtlich ein Schadstoffparameter. Für die Summenbildung ist es wichtig, dass die 3 Analysen immer aus der gleichen Abwasserprobe bestimmt werden, da sonst das Ergebnis nicht repräsentativ ist.

Bei der Bestimmung des Gesamtstickstoff N_{ges} (anorganisch) wird nach der Definition der AbwV und dem AbwAG der organische Anteil des Stickstoffs nicht berücksichtigt.

Um die Stickstoffverminderung in der Abwasseranlage für den Abbaugrad zu ermitteln, ist eine Gesamtstickstoffbilanz (Bild 4.2) vorzunehmen. Die Verminderung bezieht sich auf das Verhältnis der Stickstofffracht im Zulauf zu der im Ablauf. Für die Fracht im Zulauf ist die Summe aus organischem und anorganischem Stickstoff - zur Unterscheidung GesN - zu Grunde zu legen. Der GesN (TN = Total Nitrogen, d.h. alle Stickstoffverbindungen) kann ebenfalls fotometrisch bestimmt werden.

Der Chemiker benutzt für die Bestimmung des Gesamtstickstoffs im Rohabwasser hilfsweise den TKN (Total Kjeldahl Nitrogen). Dies ist die Summe aus organisch gebundenem Stickstoff und Ammoniumstickstoff; hier wird der oxidierte Stickstoff – vor allem das Nitrat – nicht erfasst. Der TKN hat als Betriebswert bisher kaum Bedeutung. Für die Messung wurde eine Betriebsmethode entwickelt.

9.3.12 Phosphor (P), Ortho-Phosphat-Phosphor (PO_4-P)

Im biologisch gereinigten Abwasser sind noch anorganische Salze enthalten, von denen besonders Phosphate das Wachstum von Algen und Grünpflanzen in Gewässern fördern.

Nach der AbwV - Anhang 1 „Häusliches und kommunales Abwasser" ist beim Einleiten von Abwasser in Gewässer ein Anforderungswert für P_{ges} einzuhalten. Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 10 000 EW, müssen einen Überwachungswert von 2 mg/l P_{ges}, einhalten; bei mehr als 100 000 EW sind es 1 mg/l P_{ges}. Bei empfindlichen Gewässern kann ein Grenzwert für P_{ges} auch schon bei kleineren Kläranlagen erforderlich sein. Der Gesamtphosphor P_{ges} ist abgaberechtlich ein Schadstoffparameter.

Die Bestimmung von Phosphorverbindungen nach der DIN- Methode sollte nur von Betriebspersonal mit großer Laborerfahrung durchgeführt werden. Die Geräteausstattung und die Chemikalien dafür sind sehr aufwändig.

Bei der Betriebsmethode wird mit Fertigküvetten und fotometrischer Auswertung gearbeitet. Auf die richtigen Phosphor-Küvetten und das geeignete Interferenzfilter ist zu achten. Da in Spülmitteln Phosphate enthalten sind, ist es bei dieser Bestimmung besonders wichtig, alle eingesetzten Geräte vorher gründlich mit destilliertem Wasser nachzuspülen, um Spülmittelreste zu entfernen.

Bei der Messung des Phosphors mit dem Fotometer beschränkt man sich teilweise auf die Bestimmung des PO_4-P (Phosphat-Phosphor). Es ist die häufigste vorkommende Phosphorverbindung und kann für den Kläranlagenbetrieb ausreichend genau mit dem Küvettentest (nach dem Molybdänblau-Verfahren) bestimmt werden. Im Ablauf einer Kläranlage beträgt der PO_4-P

~ 80 bis 90 % des Gesamtphosphors (P_{ges}), je nach Gehalt der abfiltrierbaren Stoffe. Dieses Verhältnis kann aber nicht auf den Zulauf übertragen werden.



Bild 9.20: Betriebsmethode zur Bestimmung des P_{ges} (Merck)

Aus betrieblichen wie aus wasserrechtlichen Gründen empfiehlt es sich, den Gesamtphosphorgehalt im Zulauf (bzw. im Zulauf zum biologischen Teil) sowie im Ablauf der Kläranlage zu bestimmen. Mit der Betriebsmethode können bei sorgfältiger Handhabung sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Da ein Aufschluss von Phosphaten (z. B. aus Waschmitteln) und organisch gebundenen Phosphaten ein Erhitzen der vorbereiteten sauren Lösung auf ca. 100 °C erfordert, wird dazu der Heizblock gebraucht.

Für die online P-Messung gibt es ebenfalls Geräte auf dem Markt. In der Regel wird dabei der PO_4-P gemessen. Die Messgeräte eignen sich besonders für die Regelung der Dosiereinrichtung zur P-Fällung, da nur PO_4-P fällbar ist.

9.4 Messung biochemischer Werte

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)

Der BSB_5 ist der **B**iochemische **S**auerstoff-**B**edarf in 5 Tagen mit der Dimension in mg/l. Der BSB_5 ist in der AbwV als Anforderungswert vorgeschrieben, wird aber im AbwAG nicht als Schadstoffparameter bewertet.

Bei häuslichem Abwasser liegt die mittlere BSB_5-Konzentration im Rohabwasser bei 300 mg/l, bei mechanisch gereinigtem Abwasser bei 200 mg/l und nach der biologischen Reinigung bei 5 bis 25 mg/l.

Die BSB_5-Schmutzfracht eines Einwohners pro Tag (Abwassermenge · Schmutzkonzentration) ergibt sich zu

BSB_5-Fracht: 200 l/(E · d) · 0,300 g/l = 60 g/(E · d)

Bei der Bestimmung wird die Menge Sauerstoff gemessen, die von den Mikroorganismen in 5 Tagen verbraucht wird, um die enthaltenen organischen Stoffe bei 20 °C abzubauen. Da Abwasser selbst nicht genügend Sauerstoff für diesen Abbau enthält, ist schon kurze Zeit nach der Entnahme einer Probe der Sauerstoff verbraucht; nach 5 Tagen würde immer ein O_2-Gehalt von 0 mg/l gemessen, gleich, ob viel oder wenig Schmutz enthalten war. Ein Verbrauch ist also nur aus dem Unterschied zwischen einem vorher und nachher vorhandenen O_2-Gehalt errechenbar. Damit nachher noch ein messbarer O_2-Rest vorhanden ist, muss in die Probe künstlich O_2 eingebracht werden. Dies geschieht durch Mischen des Abwassers mit O_2-haltigem Reinwasser nach der „Verdünnungsmethode" oder durch ständigen O_2-Eintrag aus dem Luftraum eines geschlossenen, teilweise mit Luft gefüllten Gefäßes. Diese Art der BSB_5-Messung wird als „respirometrischer" BSB_5 bezeichnet, da der Unterdruck durch direkte Veratmung des Sauerstoffes durch die Bakterien entsteht und der dadurch entstehende Unterdruck gemessen wird.

Voraussetzungen für eine einwandfreie BSB-Messung:

1. Während der gesamten Dauer muss stets Sauerstoff (min-

destens 2 mg/l) in der angesetzten Probe enthalten sein.

2. Giftstoffe oder die Bakterientätigkeit hemmende Stoffe dürfen in den Proben nicht enthalten sein, da sonst falsche Werte erhalten werden.
3. Die Temperatur muss genau bei 20 °C liegen. Abweichungen von ± 1 °C ergeben Werte, die nicht mehr vergleichbar sind.
4. Die zur BSB-Bestimmung angesetzten Proben müssen während des Zeitraumes der Bestimmung im Dunkeln aufbewahrt werden, da evtl. enthaltene Algen bei Lichteinwirkung Sauerstoff bilden und so ein zu niedriger BSB-Wert erhalten wird.

Da die Bestimmung des Verdünnungs-BSB mehrere exakte chemische O_2-Bestimmungen und Berechnungen umfasst, die nur von Personal mit größerer Laborerfahrung durchgeführt werden sollten, wird hier nur die respirometrische BSB-Bestimmung beschrieben.

Respirometrische Geräte zur BSB_5-Messung

Bei dieser Methode wird eine genau abgemessene Probemenge in eine Flasche gefüllt ATH und Kaliumhydroxid und luftdicht abgeschlossen. Während des Zeitraumes der Bestimmung wird durch Bakterien O_2 aus dem Luftbereich veratmet. Der Sauerstoffverbrauch erzeugt einen Unterdruck der an einem Manometer angezeigt wird. Beim Ausatmen durch die Bakterien wird auch Kohlendioxid-Gas (CO_2) gebildet. Zur Bindung des Kohlendioxides wird Kaliumhydroxid verwendet.

Wenn man dann den Sauerstoffverbrauch über den Unterdruck und sein Gewicht ins Verhältnis setzt zur eingefüllten Abwassermenge, erhält man den O_2-Verbrauch der Bakterien. Je schmutziger das Abwasser ist umso mehr Bakterien entwickeln sich in diesen 5 Tagen durch Zellteilung und umso mehr O_2 wird dafür verbraucht.

Daraus entsteht dann die vorgenannte spezifische Zahl von 60 g/(E · d); d.h. die tägliche Abwasserverschmutzungsfracht eines natürlichen Einwohners ist so groß, dass so viele Bakterien sich

entwickeln, die zusammen 60 g O_2 zum Leben verbrauchen. Bei ~ 200 l/(EW · d) Abwasseranfall ergibt eine Konzentration von 300 mg/l.

Besonderheiten: Zeigt sich im Verlauf der Messung wider Erwarten, dass der Messbereich vor Ablauf der Untersuchungszeit überschritten wird, so ist das Messgefäß zu öffnen und Luft hineinzublasen. Das Gerät ist wieder zu verschließen und die Messung ist von 0 aus fortzusetzen. Das Endergebnis errechnet sich dann aus der Summe der Teilmessungen; z. B. 1. bis 3. Tag 260 mg/l, 4. und 5. Tag weitere 80 mg/l; BSB_5 = 340 mg/l.

Auf Formblättern können die täglich abgelesenen Werte wie auch der Endwert (= BSB_5) eingetragen und graphisch aufgezeichnet werden. Verbindet man die täglich gemessenen Werte, so entsteht eine Kurve des biochemischen Sauerstoffverbrauches, auch „BSB-Kurve" genannt, die den Abbauverlauf der im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe kennzeichnet.

Näheres zur BSB_5-Messung siehe Handbuch [15].

Respirometrische BSB_5-Messgeräte mit Druckmesskopf

Ein anderes Messverfahren arbeitet ohne Quecksilbermanometer sondern mit Druckmesskopf. Dieser wird an Stelle der Schraubkappe direkt auf der Probeflasche montiert und misst den Unterdruck mit eingebauten Drucksensoren (Bild 9.20).

Das Gerätezubehör (Flasche, Magnetrührstäbchen, Köcher) bleibt unverändert, ebenso die Probemengen, Temperaturausgleich, evtl. Verdünnungsfaktor und die 5 Tage dauernde Messzeit. Neben der quecksilberfreien Messung ist ein Vorteil dieses Verfahrens die verwendete Mikroelektronik. Durch einen integrierten Messspeicher wird die tägliche Ablesung erspart. Das oft lästige Ablesen über das Wochenende entfällt durch die automatische Speicherung. Das Ergebnis wird über eine digitale Anzeige direkt abgerufen.



Bild 9.21: BSB_5 mit Druckmesskopf (WTW)

BSB_5-Messung nach dem vereinfachten Verdünnungsverfahren

Die respirometrische BSB_5-Messung zählt zu den zeitaufwändigsten Laborarbeiten. Auch stößt das Verfahren bei sehr niedrigen Ablaufwerten an die Grenzen der Genauigkeit. Da der Ablauf biologisch reinigender Kläranlagen meist sehr niedrig liegt empfiehlt es sich, bei Werten <10 mg/l BSB_5 das vereinfachte Verdünnungsverfahren anzuwenden. Diese Methode ist genauer und weniger zeitaufwändig.

Geräteausstattung

- BSB_5-Thermostatschrank, einstellbar auf 20 °C ± 1 °C
- 2 Sauerstoffflaschen nach Winkler, Inhalt 250 bis 300 ml, (genaue Volumenangabe nicht erforderlich)
- Sauerstoffmessgerät mit O_2-Laborsonde, möglichst mit digitaler Anzeige
- Magnetrührgerät mit stufenlos regelbarer Drehzahl, möglichst mit 12-V-Betrieb (Adapter erforderlich)
- 2 Magnetrührstäbe, Länge mindestens 30 mm
- Messzylinder mit 10- oder 20-ml-Teilung, Inhalt 500 ml
- 2-ml-Pipette
- N-Allylthioharnstoff (ATH), 0,05%ige Lösung (0,25 g ATH in 500 ml destilliertem Wasser lösen)
- Verdünnungswasser, hergestellt durch Belüftung von chlorfreiem Leitungswasser mit Trinkwasserqualität. Die Belüftung (z.B. halbgefüllte Flasche etwa 1 Minute kräftig aufschütteln) erfolgt nach der Entnahme und etwa 10 bis 20 Minuten vor Gebrauch. Das Verdünnungswasser wird in einer Glasflasche in Dunkeln aufbewahrt und ist frühestens nach 3 Tagen und längstens 14 Tage lang zu verwenden.

Durchführung der Messung

Siehe auch Leitfaden des DWA-Landesverbandes Bayern: <www.dwa-bayern.de>, in das Suchfeld: LF2-1 eingeben

Herstellen der Probenansätze

1. In die mit einem wasserfesten Faserstift numerierten Winkler-Flaschen 1 und 2 jeweils 2 ml ATH-Lösung geben.
2. Etwa 250 ml der Ablaufprobe in eine 1-l-Flasche (= Flasche 1) füllen und zur O_2-Anreicherung 1/2 bis 1 Minute kräftig aufschütteln. Die Wassertemperatur sollte 18 bis 22 °C betragen.
3. Überschüssige Luftblasen entweichen lassen und Flasche mit der Ablaufprobe bis zum Rand auffüllen (Ansatz 1).
4. 200 ml der Ablaufprobe im 500-ml-Messbecher oder Mess-

zylinder abmessen, mit Verdünnungswasser (18 bis 22 °C) auf 400 ml auffüllen und kurz durchmischen (Glasstab).

5. Flasche 2 mit der verdünnten Ablaufprobe bis zum Rand auffüllen (Ansatz 2). Rest der verdünnten Probe bis nach der O_2-Messung im Kühlschrank aufbewahren!

Bestimmung der O_2-Konzentration in beiden Flaschen

- Winkler-Flasche in einem Gefäß (z. B. Becherglas) auf den Magnetrührer stellen und Magnetrührstab einwerfen.
- O_2-Sonde langsam bis auf etwa 5 cm über dem Rührstab in die Flasche einführen; eventuell an der Membran eingeschlossene Luftblase durch kurzes ruckartiges Hochziehen der Sonde entfernen.
- Drehzahl am Magnetrührer langsam erhöhen. Eine ausreichende Turbulenz ist dann erreicht, wenn sich der O_2-Wert nicht weiter nach oben verändert.
- O_2-Wert ablesen, wenn dieser mindestens 30 Sekunden auf ± 0,1 mg/l konstant bleibt und als Sofort-O_2 protokollieren.
- Das durch die Sonde verdrängte Wasservolumen ersetzen, Flasche luftblasenfrei verschließen und in den BSB-Schrank stellen.
- Sauerstoffkonzentration nach 5 Tagen abermals messen und Werte als Rest-O_2 ins Protokoll eintragen.

Berechnung

Flasche 1: Sofort-O_2 - Rest-O_2 = 1. BSB_5-Einzelwert
Flasche 2: (Sofort-O_2 - Rest-O_2) · 2 = 2. BSB_5-Einzelwert

Der BSB_5 der Ablaufprobe ist der auf ganze mg/l auf- oder abgerundete Mittelwert aus beiden Ansätzen. Wichtig! Liegt der Rest-O_2 in Flasche 1 unter 1 mg/l, wird nur das Ergebnis der Flasche 2 gewertet. Liegt der Rest-O_2, auch in Flasche 2 unter 1 mg/l, ist als Ergebnis < 15 mg/l BSB_5 einzugeben.

Beispiel 1:
Flasche 1: 8,5 mg/l - 0,4 mg/l = 8,1 mg/l (nicht werten)
Flasche 2: (8,7 mg/l - 3,7mg/l) · 2 = 10,0 mg/l
BSB_5 der Probe = 10 mg/l

Beispiel 2:
Flasche 1: 8,5 mg/l - 4,1 mg/l = 4,4 mg/l
Flasche 2: (8,7 mg/l - 6,0 mg/l) · 2 = 5,4 mg/l
BSB_5 der Probe = 5 mg/l (Mittelwert)

Weitere BSB_5-Messverfahren

Es gibt ein BSB_5-Messverfahren, das mit Fertigküvetten und fotometrischer Auswertung arbeitet. Hierbei kann das gleiche Fotometer wie bei den bewährten Betriebsmethoden verwendet werden. Die Küvetten werden mit der Abwasserprobe und Verdünnungswasser befüllt. 5 Tage bei 20 °C lichtgeschützt inkubiert (bebrütet, warmgehalten) und dann fotometrisch ausgewertet. Das Fotometer zeigt den BSB_5 direkt in mg/l O_2 an. Vergleichsergebnisse ergaben eine gute Übereinstimmung mit den respirometrischen Methoden.

Hemmstoffe bei der BSB_5-Messung

Nach der AbwV ist beim Analysenverfahren für den BSB_5 vorgeschrieben, 5 mg/l Allylthioharnstoff (ATH) zur Hemmung der Nitrifikation (Stickstoffoxidation) zu verwenden. Dies gilt unabhängig von der Abwasserart, also auch für die Zulaufprobe der Kläranlage. Auch in der Selbstüberwachung darf auf die Zugabe des Hemmstoffs nicht verzichtet werden.

In biologischen Kläranlagen wird bereits ein Teil des Ammoniums oxidiert, also nitrifiziert; dadurch wird der Beginn der Nitrifikation vorverlegt. Sie kann dann schon innerhalb der ersten 5 Tage, also während der BSB_5-Messungen einsetzen. Der O_2-Verbrauch für die Nitrifikation ist beträchtlich (etwa 3,5 mg O_2 je mg Ammonium). Der gemessene BSB_5 von gereinigtem Hausabwasser wird dadurch höher. Die Messergebnisse der verschiedenen Anlagen sind dann nicht mehr vergleichbar, da bei schwachbelasteten Anlagen mit besserer Reinigungswirkung womöglich ein höherer BSB_5 gemessen wird, als bei hochbelasteten Anlagen mit schlechterer Reinigung.

Der ATH-Hemmstoff selbst ist nicht unbegrenzt haltbar. Die Hemmfähigkeit lässt je nach Aufbewahrungsort und Temperatur

mit der Zeit nach. Genauere Verfallsangaben sind nicht bekannt. Um eine sichere Hemmung zu erreichen wird empfohlen, Allylthioharnstoff nicht länger als 1 Jahr zu verwenden.

9.5 Das mikroskopische Bild

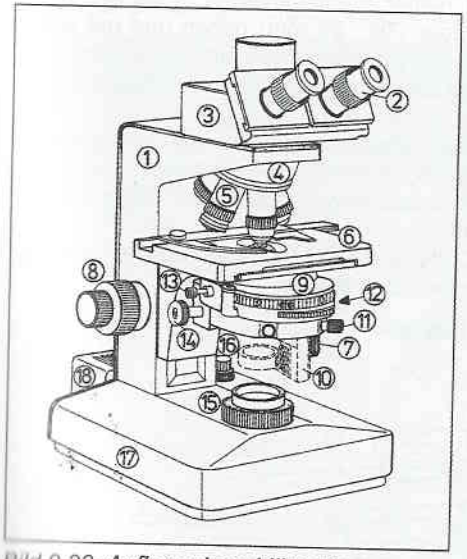
Durch die Bestimmung des mikroskopischen Bildes werden wesentliche Informationen über die Reinigungswirkung und den Betriebszustand einer Anlage gewonnen. Die gefundenen Indikatororganismen ermöglichen eine Beurteilung der vorherrschenden Milieuverhältnisse zum Zeitpunkt der Probenahme wie auch zeitlich zurückliegend, insbesondere Milieubedingungen wie Schlammbelastung, Schlammalter, Art der Abwasserinhaltsstoffe, Sauerstoffverhältnisse, pH-Wert, Faulprozesse und toxische Einflüsse.

9.5.1 Anforderungen an die Mikroskopausstattung

Zur mikroskopischen Belebtschlammuntersuchung wird ein *Durchlichtmikroskop mit Phasenkontrastausstattung* benötigt, das eine Gesamtvergrößerung bis 1 000-fach ermöglicht. Hier die wesentlichen Anforderungen an die Funktionalität und optische Leistungsfähigkeit eines Mikroskops (Bild 9.22):

- binokularer Beobachtungstubus
- fokussierbare Weitwinkel-Okulare mit 10-fach Vergrößerung und Sehfeldzahl größer 18; eingebaute Okular-Strichplatte zur Längenmessung
- Objektivrevolver mit Phasenkontrastobjektiven der Vergrößerung 10-fach, 40-fach und 100-fach (Ölimmersionsobjektiv), jeweils mit hoher numerischer Apertur
- Kreuztisch mit koaxialem Trieb und seitlich herausklappbarem Objekthalter für Standardobjektträger (76 · 26 mm)
- Kondensor mit drehbarer Revolverscheibe zum schnellen Wechsel der Beleuchtungs-/Kontrastierungsmethode; Revolverscheibe versehen mit Stellungen für Hellfeld, für drei Phasenringblenden und eine Dunkelfeldblende (Kondensoren mit Steckblenden sind untauglich).
- Beleuchtungseinrichtung: Halogenglühlampe mit stufenlos

- regulierbarer Lampenspannung (für Videoeinrichtung ist eine 100 Watt Halogenglühlampe erforderlich)
- Einstellfernrohr zur Kontrolle und Einstellung der Apertur- und Phasenringblenden



1 Stativ
2 Okular
3 Tubus
4 Objektivrevolver
5 Objektiv
6 Kreuztisch mit Präparatehalter
7 Bedienungstrieb für den Kreuztisch
8 Feintrieb und Grobtrieb zur Bildschärfeneinstellung
9 Revolverscheibe des Kondensors mit Phasenring- und Hellfeldblenden
10 Einklapphebel der Kondensorlinse (falls vorhanden)
11 Zentrierschrauben zur Kondensorzentrierung
12 Kondensorblende
13 Zentrierschrauben zum Justieren der Phasenkontrastblenden
14 Höhenverstellung des Kondensors
15 Leuchtfeldblende
16 Regulierung der Beleuchtungsstärke
17 Stativfuß
18 Lampenhaus

Bild 9.22: Aufbau eines Mikroskopes

„Billigmikroskope" haben ein viel kleineres Blickfeld sowie schlechte Optik und sind daher nicht geeignet.

Die Hinweise des Herstellers zur Pflege (staubfrei, spezielles Reinigungspapier für Okulare und Objektive, regelmäßiger Kundendienst) sind zu beachten.

9.5.2 Durchführung der mikroskopischen Untersuchung

Der Belebtschlamm bzw. Biofilm ist eine Lebensgemeinschaft aus einfach organisierten Organismen, d. h. Bakterien (Prokaryonten) und aus höher organisierten Organismen (Eukaryonten), wie einzellige Protozoen und mehrzellige Metazoen.

Für die Belebtschlammuntersuchung wird eine Probe aus der turbulenten, belüfteten Zone des Belebungsbeckens verwendet.

Durchführung der Probenanalyse:

- einen Tropfen mit blauer Einmal-Impföse (Volumen 10 µl) auf einen Objektträger (76 · 26 mm) geben und mit einem Deckglas (18 · 18 mm; Normdicke 0,17 mm) abdecken
- das Lebendpräparat auf dem Kreuztisch in die Präparathalterung einlegen
- 10-fach-Phasenkontrastobjektiv einschwenken und die dazu gehörende Ringblende am Kondensor einstellen
- Einstellen der verschiebbaren Okularstutzen entsprechend dem Augenabstand
- Präparat mittels Grob- und Feintrieb scharf stellen und systematisch untersuchen (Bild 9.23)

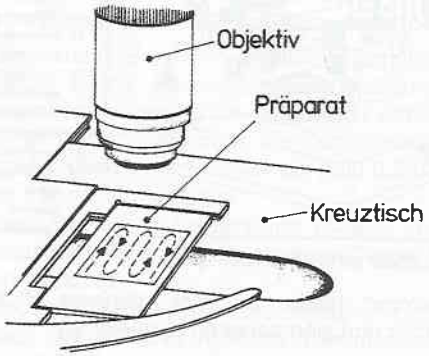


Bild 9.23: Systematische Untersuchung des Präparates

Zur Dokumentation der Biozönose sind folgende Strukturen und Organismengruppen zu erfassen:

- Die Ausbildung der Schlammflocken wird anhand der Form, Festigkeit, Struktur und Größe beschrieben.
- Die Bestimmung der Schlammfädigkeit erfolgt bei 100-facher Vergrößerung durch Zuordnung zu einer der abgebildeten Fädigkeitskategorien.

- Das Vorkommen von Spirillen, Protozoen (Flagellaten, Amöben, Schalenamöben, Ciliaten) und Metazoen (Rotatorien) und ihre Häufigkeit wird pro Präparat abgeschätzt.
- Die Größenordnung freier Bakterienzellen wird pro Gesichtsfeld bei 400-facher Vergrößerung erfasst.

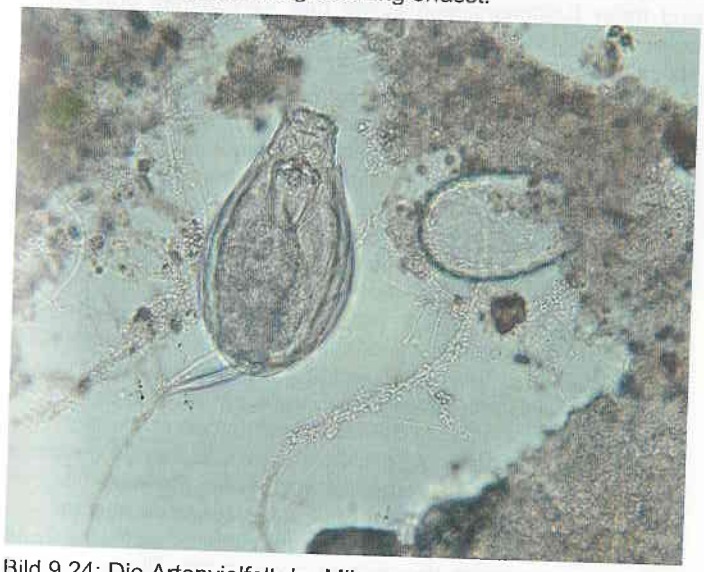


Bild 9.24: Die Artenvielfalt der Mikroorganismen

Die Artbestimmung von Protozoen und Metazoen sowie die Bestimmung einzelner Typen von Fadenmikroorganismen wird bei 1000-facher Vergrößerung durchgeführt, sie ist zunächst aber nicht erforderlich. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in einem Analysenformular zu protokollieren (siehe Bild 9.25).

9.5.3 Qualitätsbeurteilung der Biozönose

Die Analyse soll zu einem Qualitätsurteil führen (gut, mäßig, schlecht). Darüber hinaus ist es in Hinblick auf die Prozessüberwachung sinnvoll, die Analyse mit früher durchgeführten zu

vergleichen und die Entwicklung der Biozönose zu verfolgen (Trend: besser, gleich, schlechter).

Die Belebtschlammqualität wird durch die Morphologie der Schlammflocken, die Anwesenheit fädiger Mikroorganismen und freier Bakterienzellen sowie das Vorkommen von Protozoen und Metazoen bestimmt. Folgende allgemeine Richtlinien sollen die Beurteilung der Schlammqualität erleichtern:

- Bei der mikroskopischen Untersuchung ist zu kontrollieren, ob die vorhandenen Organismengruppen charakteristisch für die vorgegebene Belastung sind. Bei niedriger Belastung treten vor allem Ciliaten und Organismen mit langen Generationszeiten auf, wie Schalenamöben und Metazoen. In einer Hochlastanlage sind auf Grund des hohen Nahrungsangebots und des kurzen Schlammalters hauptsächlich freie Bakterien, Flagellaten und Amöben zu finden.
- Eine hohe Artenvielfalt in der Protozoen- und Metazoenfauna sind Zeichen für stabile Betriebs- bzw. Milieubedingungen.
- Ein Rückgang der Artenvielfalt und/oder ein Massenvorkommen einzelner Arten lassen auf eine Störung der Biozönose bzw. auf instabile Betriebsbedingungen schließen.
- Das Vorkommen von Spirillen, die im sauerstoffarmen und sulfidhaltigen Milieu verbreitet sind, kann auf eine unzureichende Belüftung und/oder auf Faulprozesse hinweisen.
- Günstige Flockeneigenschaften in Hinblick auf eine gute Schlammsedimentation zeigen abgerundete Flocken mittlerer Größe mit einer kräftigen und kompakten Struktur.
- Die Feststoffbelastung im Ablauf wird gering sein, wenn eine gute Flockenqualität vorliegt und die Dichte fädiger Mikroorganismen und freischwimmender Bakterien niedrig ist.

Eine detaillierte Beurteilung der Schlamm- bzw. Biofilmqualität sollte durch Fachleute erfolgen

Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung in Verbindung mit den messtechnischen Parametern und deren plausibler Auswertung ermöglichen eine Beurteilung der Verfahrenstechnik. Ergänzende Literatur dazu: [10], [11], [12], [13] und [14].

Kurs: Grundlagen für den Kläranlagenbetrieb

Dokumentation der mikroskopischen Schlammuntersuchung

DWA LANDESVERBAND BAYERN

Kläranlage:	Datum der Probenahme:	Probenbezeichnung:	Untersuchung durch:

1. Ausbildung der Schlammflocke:

1.1 Form: ☐ abgerundet ☐ vieleckig

1.2 Struktur: ☐ kompakt ☐ offen

1.3 Festigkeit: ☐ kräftig ☐ schwach

1.4 Größe: ☐ klein (<25µm) ☐ mittel (25-250 µm) ☐ groß (> 250 µm)

1.5 Fädigkeit: ☐ Kategorie 0 ☐ Kategorie 1 ☐ Kategorie 2 ☐ Kategorie 3 ☐ Kategorie 4 ☐ Kategorie 5

2. Erkennen der Belebtschlammorganismen:

Häufigkeitsschlüssel

Kategorie:	Organismen	freie Bakterien
0	nicht gefunden	keine
1	selten	wenige
2	mehrfach	einige zig
3	häufig	hunderte

2.1 Bakterien:

Freie Bakterien (Häufigkeit pro Gesichtsfeld 400fach): Häufigkeit: [ ]

Spirillen (Häufigkeit pro Präparat): Häufigkeit: [ ]

2.2 Protozoen und Metazoen (Häufigkeit pro Präparat):

Ciliaten z.B. *Carchesium* sp. z.B. *Aspidisca cicada*	Flagellaten	Amöben	Schalenamöben z.B. *Arcella* sp.	Metazoen z.B. Rotatorien
Häufigkeit: [ ] Häufigkeit: [ ]	Häufigkeit: [ ]	Häufigkeit: [ ]	Häufigkeit: [ ]	Häufigkeit: [ ]

3. Beurteilung

3.1 Schlammqualität: | gut | mäßig | schlecht | 3.2 Trend: | besser | gleich | schlechter

© in Zusammenarbeit mit Dipl.-Biologin George Lind, IMA, Institut für mikroskopische Analytik, München, Tel.: 0170 9021493

Literatur: Das mikroskopische Bild bei der Abwasserreinigung. Informationsbericht 1/1998, Hrsg.: Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München;
DIAS BOOM, D.(2000): Prozessüberwachung von Belebungsanlagen durch mikroskopische Schlammuntersuchung. Hrsg.: ATV-DVWK, Hennef;
LEMMER, H., UNO, D.(2000): Blähschlamm, Schaum, Schwimmschlamm. Mikrobiologie und Gegenmaßnahmen. Hrsg.: F. Hirthammer Verlag, München

Bild 9.25: Analysenformular, beziehbar beim Hirthammer-Verlag

10. Betriebsüberwachung

10.1 Allgemeines zur Betriebsüberwachung

Die Betriebsüberwachung einer Abwasseranlage ist umfangreich und vielfältig. Sie umfasst nicht nur das Bedienen, Beaufsichtigen, Pflegen und Instandhalten aller baulichen und maschinellen Einrichtungen, sondern auch das Überwachen, Steuern und Regeln des Betriebsablaufes sowie das Messen, Aufzeichnen und Auswerten. Eine gewissenhafte Betriebsüberwachung leitet sich aus dem WHG ab. Ziel muss es sein, die Abwasseranlage so zu betreiben, dass sie stets einen guten Abbaugrad hat. Nur bei einer sorgfältigen Betriebsführung ist auf Dauer ein einwandfreier Betrieb zu erreichen und eine möglichst niedrige Belastung für das Gewässer sicherzustellen.

Um den Abbaugrad beeinflussen zu können, braucht der Betreiber verfahrenstechnische Kenntnisse. Alles was der Betreiber in eigener Verantwortung unternimmt, um diese Kenntnisse zu erhalten – sei es durch das Betriebspersonal oder durch beauftragte Dritte – nennt sich *Selbstüberwachung* (WHG § 61). Auch die Bezeichnungen *Eigenüberwachung, Eigenkontrolle* werden in einigen Bundesländern verwendet. Im Gegensatz dazu stehen die von den staatlichen Aufsichtsbehörden veranlassten Überwachungen.

Die Abwasseranlage zählt zu den teuersten Vermögenswerten einer Gemeinde. Schon aus diesem Grund ist das Personal verpflichtet, mit den Maschinen und Geräten sorgfältig umzugehen. Werterhaltung und Betriebssicherheit sind oberstes Gebot. Es ist deshalb eine verantwortungsvolle Aufgabe, alle Einrichtungen der Abwasseranlage zu pflegen und zu warten.

Die Selbstüberwachung ist demnach ein Entscheidungsinstrument, das Informationen über Qualität und Wirtschaftlichkeit des Betriebes sowie über den Zustand der dazu benötigten Einrichtungen liefert. Maßnahmen zur Betriebsverbesserung richten sich nach den Erkenntnissen der Selbstüberwachung.

Unterlässt der Betreiber diese Selbstkontrolle, muss er sich vorwerfen lassen, eine teure Anlage „blind" zu betreiben. Auch besteht die Gefahr, dass sonst frühzeitig erkennbare wasserrechtlich, strafrechtlich oder abgaberechtlich bedeutsame Betriebszustände nicht erkannt werden. Schließlich kann der Verantwortliche die Wirtschaftlichkeit bzw. die Notwendigkeit kostenaufwändiger Maßnahmen nicht belegen.

Um die Wirtschaftlichkeit der eigenen Anlage beurteilen zu können kann es hilfsreich sein, am *Benchmarking* teilzunehmen. Das bedeutet sich mit anderen vergleichbaren Abwasseranlagen zu vergleichen um zu erfahren, in welchen Bereichen man sehr gut ist und wo es womöglich auch Defizite gibt. Dabei werden z. B. bei einem Kennzahlenvergleich einzelne Merkmale nach dem „Fünf-Säulen-Modell": Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Qualität, Kundenservice und Nachhaltigkeit der Abwasserbetriebe miteinander verglichen. Bei einem Benchmarking-Projekt in Bayern wurde 2007 ein durchschnittlicher Aufwand für die Abwasserbeseitigung von 88,50 € pro Einwohner und Jahr ermittelt. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 117 €.

10.2 Umfang der Betriebsüberwachung

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Bedienungs- und Wartungsaufgaben für die Einrichtungen verschiedener Abwasseranlagen beschrieben. Zusammenfassend können allgemeine Regeln aufgestellt werden, die für jede Abwasseranlage, unabhängig von Größe und Art immer gelten.

Betriebs- und Aufenthaltsräume sind wenigstens einmal wöchentlich zu reinigen und möglichst sauber zu halten. Zur *Raumpflege* gehört auch Fensterputzen.

Metallteile (Räumwagen, Rohrleitungen, Geländer, Zäune usw.), sind zu entrosten und die Anstriche zu erneuern. Die besten Rostschutz- und Anstrichmittel sind für die harte Beanspruchung auf der Kläranlage gerade gut genug. Alternativ sind korrosionsbeständige Materialien wie Edelstahl im Abwasserbereich bzw. Aluminium für Geländer zu verwenden.

Holzteile (Türen, Fensterrahmen, Schalungen usw.) verfaulen weniger rasch und sehen freundlicher aus, wenn sie alle drei bis fünf Jahre gestrichen oder imprägniert werden.

Für *maschinelle Einrichtungen* (Motoren, Gebläse, Pumpen, Räumer, Steueranlagen, Drehsprenger, Belüftungseinrichtungen usw.) geben die Lieferfirmen eigene Betriebsanleitungen zu Instandhaltung und Pflege. Diese Anweisungen, insbesondere hinsichtlich Abschmieren und Ölwechsel, sind genau zu befolgen. Als Hilfe für die Überwachung und Wartung von Maschinen und Geräten wird in Kapitel 8 auf ein Wartungs-Karteisystem mit Terminplan hingewiesen. *Ersatzteile* sind vorrätig zu halten.

Eine *Generalüberholung* aller Anlagenteile ist in regelmäßigen Zeitabständen vorzunehmen und rechtzeitig einzuplanen, um Betriebsausfälle und Störungen zu vermeiden. Diese Vorsorge macht sich, ebenso wie die Errichtung einer Werkstätte mit ausreichender Ausstattung, durch einen wirtschaftlicheren Betrieb bezahlt. Besonders bei kleineren Anlagen fehlen häufig die räumlichen Möglichkeiten. Dann kann es zweckmäßig sein, Wartungsverträge mit den Herstellerfirmen abzuschließen; das Betriebspersonal sollte sich verstärkt auf die Verfahrenstechnik konzentrieren können.

Sehr wichtig! Wenn wesentliche Teile oder die ganze Anlage aus triftigen Gründen (z. B. Beckentotalentleerung, Generalüberholung von Geräten, Hochwasser) abgeschaltet und außer Betrieb genommen werden müssen, ist das vorher den Überwachungsbehörden anzuzeigen. In Niedrigwasserzeiten ist damit zu rechnen, dass die Zustimmung versagt wird. Nutzungsberechtigte, z. B. Fischerei, müssen benachrichtigt werden.

Wenn eine vorherige Meldung wegen „Gefahr im Verzug" nicht mehr möglich ist, muss sie sofort nachgeholt werden (fernmündlich!). Vermerk im Betriebstagebuch nicht vergessen!

Elektrische Anlagenteile dürfen nur von Fachkräften mit entsprechender Ausbildung zur elektrotechnisch unterwiesenen

Person regelmäßig geprüft und mit Einschränkung auch selbständig repariert werden.

Die gesamte Ausstattung ist zu pflegen und instand zu halten. Dazu gehören alle Untersuchungs- und Messgeräte sowie Werkzeuge und Arbeitsgeräte. Eine Schaufel mit abgebrochenem Stiel ist wertlos.

Wenn nicht gerade Jauche (verboten!) oder der Inhalt von Fäkalien-Saugwagen (lästig!) einer sonst ausreichend bemessenen Kläranlage zugeführt werden, gilt als Grundsatz:

Wenn es stinkt, fehlt es an Bedienung und Wartung!

Nur durch regelmäßige Untersuchungen ist der Betreiber in der Lage, die Wirkungsweise seiner Abwasseranlage zu verfolgen. Mit Hilfe einer umfassenden regelmäßigen Selbstüberwachung ist es möglich rechtzeitig zu erkennen, ob

- Belastungsschwankungen des zufließenden Abwassers sich auf den Betrieb und auf den Abbaugrad auswirken
- die wasserrechtlichen Erlaubniswerte eingehalten werden
- es möglich ist, die Abwasserabgabe zu vermindern
- die Kläranlage wirtschaftlich betrieben wird und z. B. der Energieverbrauch nicht unnötig hoch ist
- nicht Schadstoffe die Wirkung der Kläranlage verschlechtern und frühzeitig Gegenmaßnahmen zu ergreifen sind
- sich eine Überlastung der Anlage andeutet und deshalb Vorbereitungen für eine Erweiterung zu treffen sind.

Mit einer lückenlosen Aufschreibung und Auswertung der Betriebsergebnisse kann der Betreiber beweisen, wie gut seine Kläranlage arbeitet. Damit können auch ungerechtfertigte Anschuldigungen Dritter abgewiesen werden (Schadstoffeinleitungen in ein Gewässer, Fischsterben u. a.).

10.3 Betriebsunterlagen

Alle zum Betrieb notwendigen Unterlagen gehören – *schnell auffindbar* – auf die Kläranlage. Dies sollte eigentlich selbstverständlich sein, doch leider sieht die Praxis anders aus.

Wer schon einmal in die Lage gekommen ist vor Ort den Auslastungsgrad der Kläranlage zu ermitteln, ohne die Bauwerksabmessungen oder die Bemessungswerte zu kennen der weiß es zu schätzen, wenn die Planungsunterlagen vollständig sind. Ein Stellvertreter ist auf die Betriebsunterlagen besonders angewiesen, vor allem wenn eine Ausnahmesituation eintritt.

Zu den Betriebsunterlagen gehören:

- Betriebstagebuch
- Unterlagen mit Bemessungswerten, Bestandsplänen und hydraulischen Längsschnitten, ggf. auch der Kanalisation
- wasserrechtliche und abgaberechtliche Bescheide
- Dienstanweisung des Dienstherren
- Betriebsanweisung für die Abwasseranlage
- Betriebsanleitungen für Betriebs- und Labormessgeräte;
- Betriebsvorschriften für maschinelle u. elektr. Einrichtungen
- Analysenvorschriften
- Unfallverhütungsvorschriften und Erste Hilfe-Anleitungen
- Sicherheitsdatenblätter, Gefahrstoffverzeichnis
- Alarmplan
- bundes- und landesgesetzliche Bestimmungen
- Entwässerungssatzung soweit diese mittelbar und unmittelbar den Betrieb und die Selbstüberwachung betreffen.

Vielfach sind diese Unterlagen an mehreren Stellen verstreut vorhanden und nicht übersichtlich griffbereit zu finden; manchmal liegen sie aber auch in der Verwaltung im Rathaus oder beim Planer. Eine sorgfältige Selbstüberwachung ist nur dann möglich, wenn vollständige Betriebsunterlagen in der Abwasseranlage vorhanden sind.

10.4 Messungen vor Ort und im Labor

Mit den Messungen der Selbstüberwachung wird das Betriebsgeschehen kontrolliert. Wichtig ist es die Messungen möglichst häufig durchzuführen. Damit bekommt das Betriebspersonal ein Gespür für den Wirkungsgrad und die Leistungsgrenzen der Kläranlage.

Es ergibt sich von selbst, dass für die Durchführung der Messungen auf der Kläranlage ein geeigneter Raum als Labor eingerichtet werden muss. Das Labor muss eine Mindestausstattung aufweisen, einwandfrei zu lüften und gut beleuchtet sein (siehe Kapitel 12). Nur unter diesen Voraussetzungen kann das Betriebspersonal sorgfältige analytische Untersuchungen durchführen und Ergebnisse mit ausreichender Genauigkeit und Qualität erzielen (Bild 10.1).



Bild 10.1: Labor einer Kläranlage

Beispiel für Untersuchungshäufigkeiten

Ort der Untersuchung	Parameter bzw. Überprüfung	Kläranlagen nach Ausbaugrößen in EW: bis 999	1 000 bis 5 000	5 001 bis 10 000	10 001 bis 100 000	> 100 000
Kläranlagenstandort	Wetter, Lufttemperatur	2 · w	At	t	t	T
Zulauf	Abw.-Zufluss	nur bei fehlender Abflussmessung, Häufigkeit siehe Abwasserabfluss				
	Abw.Temperatur	2 · w	2 · w			
	pH-Wert	2 · w	2 · w	Kontinuierlich		
Abw.-Teiche	Schlammstand	1/4 j	1/4 j			
Zulauf oder Zulauf biolog. Teil	BSB_5, CSB Pges GesN/ NH_4-N	1/4 j	monatlich			wöchentlich
Belebungsbecken/ belüft. Teiche	Sauerstoffgehalt	2 · w	at	3 · at	Kontinuierlich	
Belebungsbecken/ belüft. teiche mit Rücklaufschlammführg	Schlammvolum.	2 · w	at	Täglich		
	TS_R-Gehalt Schlammindex	m	M	2 · w	3 · w	At
	TS_R-Gehalt im Rücklaufschl.			14 tgl.		wöchentl.
	Mikroskop. Bild			wöchentlich		At
Tropfkörper	Beschickung	2 · w	at	Täglich		
	Mikroskop. Bild				wöchentl.	At
Rotationstauchkörper	Sauerstoffgehalt			2 · w		
Ablauf Biologie	Abw.Temperatur			Täglich		
Ablauf	Abw.-Abfluss	w	Kontinuierlich			
	min.- und max Durchfluss		at	Täglich		
	Abw.-Schmutzwassermenge		Monatlich			
	Fremdwasserbestimmung	1/4 j	Monatlich			

Ort der Untersuchung	Parameter bzw. Überprüfung	Kläranlagen nach Ausbaugrößen in EW: bis 999	1 000 bis 5 000	5 001 bis 10 000	10 001 bis 100 000	> 100 000
Ablauf bzw. Zulauf Schönungsteich (bei technischen Anlagen mit nachgeschaltetem Schönungsteich	pH-Wert	2 · w	at	Kontinuierlich		
	Sichttiefe	arbeitstäglich		täglich		
	Trübung					kont.
	abfiltr. Stoffe			2 · w	täglich	Wöchentl.
	absetzb. Stoffe	2 · w	[at]			
	Methylenblaupr.	[2 · w]				
	Rückstellproben			Kontinuierlich		
	BSB_5,CSB,Pges	1/4 j	m	14 tgl.	w	T
	NH_4-N, NO_3-N	1/4 j	m	14 tgl.	w	T
	NO_2-N				m	14 tgl.
	Ges-N	1/4 j	m		14 tgl.	W
	PO_4-P, TOC					kont.
Ablauf Schönungsteich	BSB_5,CSB,NH_4-N,NO_2-N,Pges	1/4 j		m		14 tgl.
Ablauf (AQS)	Paralleluntersuchungen	1 · j	2 · j		3 · j	4 · j
Abwasserteich	Schlammstand	jährlich				
Schlammbehandlungsteil	Beschickung		at	Täglich		
	Temperatur			Kontinuierlich		
	pH-Wert		at		Täglich	
	TS, Glühverlust		Monatlich			
	Gasanfall			Täglich		
	CO_2 bzw CH_4 Faulgas			3 · w		
	Nachweis der Stabilisierung			monatlich		
	Schl.entnahme		at	Täglich		
Gesamtanlage	Abbaugrade BSB_5,CSB, GesN, Pges	1 x j	1/2 j	1/4 j	Monatlich	
	Energieverbr.	w	at	Täglich		
	Schlammabgabe (nass,entwässert)	bei Abgabe				
	Sieb-,Rechen-, Sandfanggut					
Zulauf- bzw. Ablaufkontrolle		arbeitstäglich		Täglich		
Einleitungsstelle	Auffälligkeiten	Wöchentlich				

j = jährlich; m = monatlich; at = arbeitstäglich; kont. = kontinuierlich; tgl. = täglich
[ ] bei Abwasserteichen oder nachgeschalteten Schönungsteichen andere Regelung

Bei der Überwachung ist zwischen Selbstüberwachung und amtlicher Überwachung zu unterscheiden. Die Überwachungswerte des Bescheides sollten innerhalb von drei Jahren mindestens fünf Mal amtlich untersucht werden. Dabei werden auch die für die Abwasserabgabe wichtigen Parameter überprüft.

Für die Plausibilität ist es angebracht, gleichzeitig mit den Proben die für die amtliche Untersuchung gezogen werden, auch Proben für die Selbstüberwachung zu untersuchen. Um die Ergebnisse vergleichen zu können, ist die Probenvorbehandlung abzusprechen (z. B. Homogenisierung). Auch die Messverfahren müssen möglichst gleichwertig sein, sonst ist ein Vergleich der Ergebnisse ohne Aussagewert.

Die meisten Bundesländer haben für die Durchführung der Selbstüberwachung Verordnungen erlassen. Hier ist für den Betreiber einer Abwasseranlage geregelt, welche Messungen erforderlich sind. Abhängig von der Ausbaugröße der Kläranlage ist Art und Häufigkeit der Untersuchungen festgelegt. Einige Bundesländer legen die Auflagen für die Selbstüberwachung auch im Wasserrechtsbescheid fest.

Da sich die Selbstüberwachung vorwiegend nach betrieblichen Erfordernissen richtet, sind die Untersuchungsmethoden nicht im Detail vorgeschrieben. In vielen Fällen ist es der Verantwortung des Betreibers überlassen, die seinen Bedürfnissen angepasste Methode auszuwählen. Als Anhalt dienen die einschlägigen DIN-, DIN-EN und DIN-EN-ISO-Normen sowie das Handbuch einfacher Messungen [15].

Um gravierende Fehler bei den einfachen Messverfahren zu vermeiden, ist es notwendig, die Messgeräte regelmäßig zu überprüfen. Eine Selbstkontrolle durch Parallelmessungen oder durch Nachmessungen mit Standardlösungen bietet sich an. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Messungen mit einem anderen Gerät oder Messverfahren zu überprüfen. Zur Qualitätssicherung wird auf das einschlägige Arbeitsblatt DWA-A 704 verwiesen [15], insbesondere auf die IQK-Karte 4 „ Messungen von Standards, IQK-Karte 6 „Vergleichsmessungen“ und IQK-Karte 7 „Parallelmessungen zum Referenzverfahren“.

Bei kleinen Anlagen empfiehlt es sich, dass mehrere benachbarte Kläranlagen gemeinsame Geräte anschaffen. Auch ist es denkbar, dass im Zuge der Nachbarschaftshilfe eine große Anlage für die kleinen Kläranlagen die Untersuchungen vornimmt; die Vergabe an ein Fachlabor auch eine Möglichkeit. In jedem Fall muss jedoch auf der Kläranlage eine Mindestausstattung vorhanden sein, um sämtliche geforderten Messungen einwandfrei und zeitnah durchführen zu können; dazu gehören auch ausreichende Räumlichkeiten.

Ihrer Art nach lassen sich Betriebsmessungen unterscheiden in

- Messungen vor Ort, z. B. Durchfluss, Sichttiefe, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur
- Messungen im Labor, z. B. BSB_5, CSB, NH_4-N, NO_3-N, P_{ges}.

Die Messung beginnt bereits bei der Probenahme. Nur wenn die Proben sorgfältig gezogen werden, kann das Ergebnis der Untersuchung die tatsächlichen Verhältnisse wiedergeben. Messungen vor Ort sind für alle Parameter erforderlich, die später nicht mehr reproduzierbar sind oder durch längeres Aufbewahren oder Transportieren der Proben ihre Eigenschaften verändern.

10.5 Auswerten der Betriebsergebnisse

Das Auswerten der Betriebsergebnisse hat den Zweck, Zurückliegendes zu dokumentieren und Prognosen über zukünftige Betriebsabläufe zu ermöglichen sowie die ordnungsgemäße Betriebsführung nachzuweisen.

Die Ergebnisse der Selbstüberwachung müssen in übersichtlicher Form aufgeschrieben werden. Hierzu gehören auch die wesentlichen Bedienungs- und Wartungsvorgänge, Betriebszustände und Störungen, Defekte, Beanstandungen sowie sonstige Vorkommnisse, soweit daraus mit Auswirkungen auf Menge und Beschaffenheit insbesondere im Ablauf der Kläranlage zu rechnen ist.

Gedruckte Protokolle automatisch arbeitender Datenerfas-

sungsanlagen können handgeschriebene Betriebsaufzeichnungen ersetzen. Voraussetzung dabei ist, dass Form und Inhalt der Ausdrucke so übersichtlich und zweckdienlich sind, dass sie für das Personal eine Arbeitserleichterung und eine Zeitersparnis bieten. Das Hirthammer-PC-Betriebstagebuch nach Stier, Felber, Fischer entspricht dem gedruckten Betriebstagebuch [6] und erfüllt diese Voraussetzungen. Eine elektronische Datenerfassung für die Protokollierung sowie zur Steuerung von Betriebsvorgängen ist nicht von der Ausbaugröße der Kläranlage abhängig. Entscheidend ist vielmehr, dass die Anwendung der EDV für das Personal Vorteile bietet und betriebliche Erleichterungen mit sich bringt.

Betriebsaufzeichnungen, Protokolle von Datenerfassungsanlagen und Schreibstreifen von selbsttätig aufzeichnenden Messgeräten, sind mindestens 5 Jahre nach der letzten Eintragung aufzubewahren. Es ist sinnvoll, diese Unterlagen nicht einfach in den Schrank zu stellen, sie sollen auch ausgewertet werden.

Wird beispielsweise regelmäßig am Freitagnachmittag auf dem Schreibstreifen des pH-Messwertes ein erhöhter Wert registriert, dann ist zu vermuten, dass hier ein Industriebetrieb Laugen ablässt, wie z. B. Waschwässer. Werden hierdurch der Reinigungsprozess gestört, die wasserrechtlichen Auflagen in Frage gestellt, das Kanalrohr geschädigt? Da der Zeitpunkt der pH-Stöße ersichtlich ist, kann der Betriebsablauf gezielt beobachtet, zurückverfolgt und kontrolliert werden. Die Schreibstreifen können dabei als Beweis vorgelegt werden. Dies gilt auch für andere Aufzeichnungen von Messdaten.

Schreibstreifen und Protokolle sind eine wichtige Beweissicherung bei Rechtsstreitigkeiten. Schreibstreifen, auf denen der Parametermaßstab in Prozent vom Messbereich des Messinstrumentes angegeben wird, erfüllen diese Forderung nicht.

10.5.1 Die Führung des Betriebstagebuches

Das Führen eines Betriebstagebuches ist für alle Kläranlagen – gleich welcher Größe – unerlässlich. Im Allgemeinen wird dies in den wasserrechtlichen Erlaubnisbescheiden zwingend vorgeschrieben. In allen Bundesländern werden Verstöße gegen die vorgeschriebene Selbstüberwachung als Ordnungswidrigkeiten mit erheblichen Geldbußen geahndet.

Das Betriebstagebuch hat verschiedene Aufgaben:

- Durch gewissenhafte Eintragungen kann das Betriebspersonal die Verrichtung der vorgeschriebenen Tätigkeiten (Untersuchungen, Messungen, Steuerungen, Wartungsarbeiten) und weitgehend den Erfolg der Anlage nachweisen.
- Es ermöglicht dem Dienstherrn und dem Gewässerschutzbeauftragten, sich einen Überblick zu verschaffen.
- Der Unternehmensträger und das Betriebspersonal können sich vor ungerechtfertigten Vorwürfen und Schadensersatzforderungen schützen.
- Belastungsspitzen und Überlastungszeiten werden erkannt.
- Die wirtschaftliche Betriebsführung wird dokumentiert.
- Das Betriebstagebuch ist eine *Urkunde* und alle Eintragungen sind dementsprechend sorgfältig mit Kugelschreiber vorzunehmen.
- Es kann als Beweismittel für eine ordnungsgemäße Betriebsweise auch vor Gericht herangezogen werden.
- Dazu ist es zweckmäßig, die Originalseiten der Monatsberichte vorher zu nummerieren. Das Betriebstagebuch ist ein Dokument aus dem Originalblätter nicht entfernt werden dürfen und in dem nicht radiert werden darf. Fehlerhafte Eintragungen werden so durchgestrichen, dass das Durchgestrichene leserlich bleibt. Dies gilt analog für EDV-geführte Aufzeichnungen.

Es liegt im Interesse des Betriebspersonals, wenn die Berichte monatlich dem Dienstvorgesetzten vorgelegt und von ihm abgezeichnet werden. Die Aufzeichnungen können auch verwendet werden, wenn über Betriebsumstellungen oder Erweiterungen der Anlage zu entscheiden ist, da die Entwicklung der zugeführten Abwasser- und Schmutzmengen zu erkennen ist. Die Aufzeichnungen sind auch deshalb mindestens fünf Jahre lang aufzubewahren (Bild 10.2).



Bild 10.2: Das Betriebstagebuch ist ein Dokument

Es ist notwendig, Zwischenberichte (z. B. für das Quartal) und Jahresberichte zusammenzustellen und auszuwerten, um die Entwicklung vergleichen zu können. Übersichtliche Jahresberichte können die Festsetzung kostenechter Abwassergebühren, in die die Abwasserabgabe einzurechnen ist, erleichtern.

Bei großen Anlagen umfasst der Begriff „Betriebstagebuch" neben den täglichen Eintragungen auch spezielle Monatsberichte. Leistungsbescheinigungen, Lohnzettel, Inventarverzeichnis. Schlammbuch, Pumpenbetriebsbuch und sonstige Nachweisungen wie Schreibstreifen von selbstschreibenden Messgeräten. Maßgebend für alle Aufzeichnungen ist die für jede Kläranlage besonders aufzustellende *Betriebsanweisung*.

Aufzeichnungen während des Rundganges durch die Kläranlage sollten nicht unmittelbar in das Betriebstagebuch eingetragen werden, um das Tagebuch nicht zu verschmutzen. Es empfiehlt sich, einen handlichen Notizblock zu benützen und erst

danach die Angaben zu übertragen. Auf vielen Kläranlagen wird dafür ein Block verwendet, der vom Hirthammer Verlag herausgegeben wird (Bild 10.3). Es gibt auch einen Block für die Laborwerte.

Tagesaufzeichnungen bei Kläranlagenrundgang und Schaltwarte für Monatsbericht

Tag/Datum: Mi / 13.06.10

Wetterschlüssel für das Wetter des gesamten 24-h-Tages bei:
Trockenwetterzufluss: trocken = 1; Frost = 2
Mischwasserzufluss: Regen = 3; Gewitter = 4; Schneeschmelze = 5; Schneefall = 6; Regenschauer = 7

Spalte:						
3	Uhrzeit für Spalte, siehe Erläuterungen Monatsbericht			8[00]		
	Niederschlagshöhe in den letzten 24 Stunden			—	mm	
4	Wetterschlüssel für die letzten 24 Stunden			1		
5	Lufttemperatur		min	18	°C	
			max	24	°C	
6	Zulauf Kläranlage: Abwassertemperatur			16	°C	
7	pH-Wert mit Uhrzeit	3[00] Uhr	min	6,9		
		14[00] Uhr	max	7,1		
Bem.	Auffälligkeiten:					
8	niedrigster Durchfluss			22	m³/h	
9	höchster Durchfluss			104	m³/h	
10	Zählerablesung			55 662	m³	
15	Rechengutanfall			0,2	m³	
16	Sandanfall			—		
Bem.	Schwimmstoffe auf Vorklärung	☐ ja		☒ nein		
Bem.	Geruch	☐ auffällig		☐ unauffällig		
17	Temperatur im biologischen Teil	Uhr		8[00] 16	°C	
12	Belebungsbecken: O₂-Gehalt min/max mit Uhrzeit: Becken 1 min	Uhr		12[00] 2,8	mg/l	
	Becken 1 max	Uhr		2[00] 3,4	mg/l	
	Becken 2 min	Uhr		11[00] 2,9	mg/l	
	Becken 2 max	Uhr		2[00] 3,4	mg/l	
	Becken 3 min	Uhr			mg/l	
	Becken 3 max	Uhr			mg/l	
		Mittelwert:		3,1	mg/l	
Bem.	Schaum ☐	Algenbildung ☐				
18	Ablauf Kläranlage: US-Abzug auf 20 m³	☒ erhöht	☐ verringert			
19	pH-Wert mit Uhrzeit	Uhr /	min	7		
		Uhr /	max	9,2		
41	Sichttiefe / Trübung			90	cm	
Bem.	sonst. Auffälligkeiten:	keine				
35	Fällungsmittelverbrauch			—		
Bem.	Reinigung Probenehmer notwendig					
Bem.	Laufgeräusche bei:	RS-Pumpe 2				

Spalte:					
57	Anfall stabil. Überschussschlamm			15	m³
59	Annahme Fäkalschlamm			—	m³
61	Stapelräume gepumpt	Nr.: 1		15	m³
MF19		Nr.: 2		—	m³
		Summe:		15	m³
62	MF20 zur maschin. Entwässerung			/	m³
	MF24 Betriebszeit der masch. Entwässe				h
62	Tropfwasserabz./Zentrat(Rückbelast.)			4	m³
64	63 Schlamm abgabe:	nass		180	m³
65	MF27	entwässert		/	m³; to
MF2	Schlammbehandlung bei Faulbehälter: Anfall Primärschlamm				m³
MF5	Anfall Rohschlamm eingedickt				m³
MF6	Beschickung Faulbehälter				m³
MF8	Temperatur im Faulbehälter				°C
MF9	pH-Wert im Faulbehälter				
MF12	Erzeugung Klärgas				m³
MF14	Verbrauch Klärgas				m³
MF16	Dauer Zusatzheizung				h
MF17	zusätzl. Brennstoffverbrauch				l; m³
66	Stromverbrauch: Zählerablesung HT			92 758	kWh
68	Zählerablesung NT			42 448	kWh
71	Stromverbrauch je Tag biologischer Teil			805	kWh
73	Abwasserbetrieb: Pumpe Nr: 1 Zulauf			24	h/d
74	Pumpe Nr: 2 "			—	h/d
75	Pumpe Nr: 1 Rücklauf			24	h/d
76	Pumpe Nr: 2 "			/	h/d
MF26	Schlammbereich: Pumpe Nr:				h/d
MF29	Pumpe Nr:				h/d
MF30	Pumpe Nr:				h/d
MF31	Pumpe Nr:				h/d

☐ In der Regel sind die Ablesungen und Aufschreibungen für die gerasterten Zeilen in der 1. Arbeitsstunde, für den vorangegangenen Tag durchzuführen!

Bemerkungen: die freien Zeilen können z.B. verwendet werden für Windrichtung, Geruch, Kontrolle von Tropfkörperoberfläche und Umgebung, Änderung von Probenahmestellen usw. sowie:

verstärkter US-Abzug wegen hohem Schlammvolumen eingestellt

S. Huber
Unterschrift

© 2008 Hirthammer Verlag, Raiffeisenallee 10, 82041 Oberhaching/München

Bild 10.3: Tagesaufzeichnungen

Der DWA-Landesverband Bayern gibt seit 1966 ein gebundenes Betriebstagebuch [5] für Kläranlagen heraus, um lose Blätter möglichst zu vermeiden. Die einheitlichen Aufzeichnungen sollen dem Personal, dem Betriebsleiter, dem Dienstvorgesetzten (Bürgermeister, Verbandsvorsitzender usw.) und schließlich auch der überwachenden Behörde in kurzer Zeit eine Übersicht der wichtigsten Betriebsergebnisse verschaffen können. Das Buch enthält Monatsberichte (Bild 10.4), vierteljährliche Auswertungen (Bild 10.5), Jahresberichte, Arbeitshilfen zur Fremdwasserermittlung (Bild 10.13) sowie Blätter für Überlegungen zum Energiesparen. Für Anlagen mit beheizter Schlammbehandlung gibt es dafür ein ergänzendes Buch.

Durch Festlegung der Trockenwettertage kann über Monats- und Jahresbericht die Jahresschmutzwassermenge für die Abwasserabgabe ermittelt werden. Die Kopfleiste eines Monatsberichtes ist als Beispiel in Bild 10.4 dargestellt.

Ein gleichartiges Betriebstagebuch gibt es auch für naturnahe Abwasseranlagen [6]. In beiden Büchern sind umfassende Erläuterungen zu allen, Aufzeichnungen und Auswertungen enthalten. Sie entsprechen den Selbstüberwachungsrichtlinien. Alle drei Bücher sind vom F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching, beziehbar, ebenso wie ausgefüllte Mustersätze.

Die Jahresschmutzwassermenge

Die Jahresschmutzwassermenge (JSM) hat für die Berechnung der Abwasserabgabe maßgebliche Bedeutung.

Nach dem AbwAG ist Schmutzwasser definiert als das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser, einschließlich dem bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (z. B. Fremdwasser). Unter dem Begriff „Trockenwetter" wird der Zeitraum ohne nennenswerten Niederschlag im Einzugsgebiet einer Einleitung verstanden.

Eine direkte Messung der JSM ist nicht möglich. Sowohl bei getrenntem Ableiten von Schmutzwasser und Niederschlagswasser in verschiedenen Kanälen (Trennverfahren), wie auch beim

gemeinsamen Ableiten (Mischverfahren) treten bei Niederschlägen höhere Abflüsse auf. Diese dürfen zur Bestimmung des JSM nicht berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung der JSM sind daher besondere Berechnungen (AbwAG) anzuwenden, nach folgenden Fallgruppen:

- Über die Einleitung liegen gesicherte Messwerte vor.
- Es liegen nur wenige zuverlässige oder gar keine Messwerte vor.

Für jede der Fallgruppen kommen zur Ermittlung der JSM mehrere Methoden in Betracht. Eine mathematisch eindeutige Berechnung, deren Anwendung in jedem Fall zu repräsentativen Ergebnissen führt, gibt es nicht.

In der Praxis haben sich folgende Methoden bewährt:

Ermittlung der JSM anhand gesicherter Messwerte

Um die JSM mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können, müssen mindestens 50 zuverlässige Messwerte (Tagessummen) zur Auswertung zur Verfügung stehen. Dazu wird die Methode „Auswertung auf Grund von Tagesmessergebnissen bei Trockenwetter" angewandt. Nach den Aufzeichnungen im Betriebstagebuch werden Tage nicht berücksichtig, an denen offensichtlich kein Trockenwetter herrschte (z. B. Regenwetter, Entleerung eines Regenbeckens, Schneeschmelze). Von den so gewonnenen „Trockenwettertagen" wird über eine Mittelbildung auf die JSM hochgerechnet. Dieses Verfahren ist genau und wird am häufigsten angewandt. Die Ermittlung an Hand der Aufzeichnungen ist leicht möglich, sie ist schnell überprüfbar und leicht verständlich.

Bei der Festlegung der Trockenwettertage werden die Tagesmessergebnisse herausgesucht, an denen folgende Bedingungen (Niederschlagshöhe N) erfüllt sind:

N weniger oder gleich 1,0 mm am Tag und
N weniger oder gleich 1,0 mm am Vortag

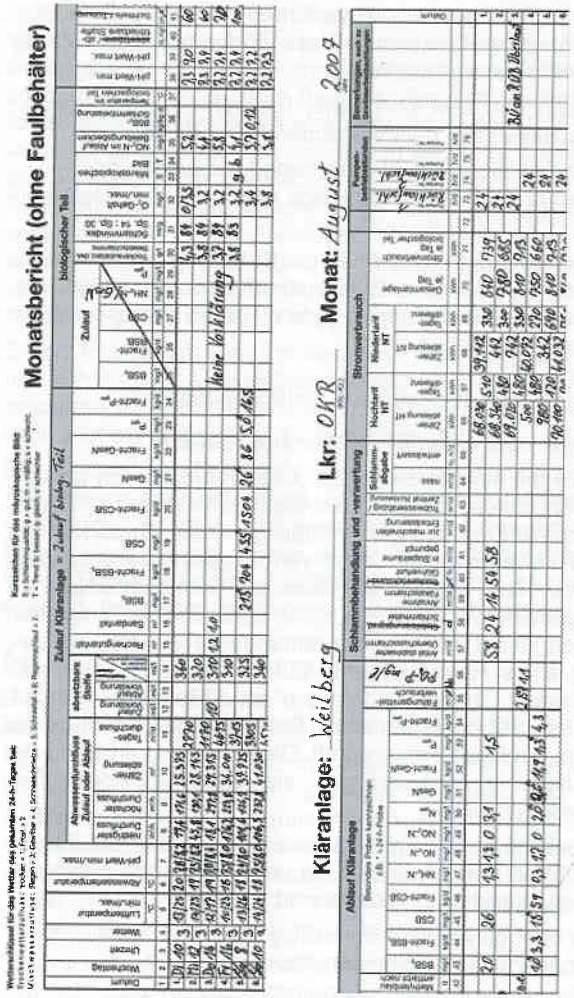


Bild 10.4: Kopfleiste des Monatsberichtes [5]

Kläranlage Weilberg Landkreis OKR

AUSWERTUNG der monatlichen Betriebsergebnisse (Zwischenbericht) für den

Zeitraum vom 1. Juli bis 30. Sept 10 (N-Verbindungen nur von 1. Mai bis 31. Okt., bzw. >12°C)

Hydraulische Belastung

		Einheit	Bescheidswerte	Betriebswerte
a	Abwasserdurchfluss, höchster Wert bei Trockenwetter (Felder M10) [1]	m³/h	248	139
b	Abwasserdurchfluss, höchster Wert aller Tage (Felder M9) [1]	m³/h	454	298
c	Tagesdurchfluss, höchster Wert aller Trockenwettertage (Felder M11) [1]	m³/d	2.272	1.230
d	Schmutzwassermenge (anteilige JSM) [2]	m³		98.428
e	Abwassermenge (alle Tage) (Summe aller Felder E) [1]	m³		102.545
f	Fremdwasseranteil (Spalte J8) [1]	%	<25	25

Zulauf (organische, anorganische Belastung)

		Einheit	BSB_5	CSB	NH_4-N	GesN	P_{ges}
g	Zulauf Rohabwasser, Mittelwert (2h/24h-Proben) [2]	mg/l	299	606	–	40	6,1
h	Zulauf biologischer Teil, Mittelwert (2h/24h-Proben) [2]	mg/l	–	–	–	–	–
i	Messungen (Zeile g oder h)	Anzahl	12	12	–	12	12
k	mittlere Zulauffracht [3]	kg/d	493	1070		81	14,2
l	Ausbaugröße 12.000 EW_{60} tatsächl. Belastung [BSB_5-Fracht (Zeile k)] : 0,06 =		8.217	EW_{60}			

Ablauf

		Einheit	BSB_5	CSB	NH_4-N	NO_2-N	NO_3-N	N_{ges}	GesN	P_{ges}
m	Art der Probenahme: Stichprobe, 2h-Probe 24h-Probe	Sp. 2h 24h	Sauerstoffbedarf					Nährstoffbelastung		
			2h	2h	2h	2h	2h			2h
n	Messungen	Anzahl	6	6	6	6	6			6
o	höchster Messwert (Felder M1 bis M8) [1]	mg/l	5	33	1,3	3,7	0,1	4,8		1,6
p	Mittelwert (Felder P9 bis P16) [1]	mg/l	<2	19	0,2	2,8	<0,1	3,0	3,5	1,3
q	Bescheidswert	mg/l	20	90	10			18		2
r	Überschreitungen (Felder Ü5 bis Ü11) [1]	Anzahl	0	0	0			0		0
s	mittlere Ablauffracht [2]	kg/d	4,3	46					8,7	2,9
t	Abbaugrad (k ... s) : k · 100 [2]	%	99	96					89	80
u	Stufen für Sauerstoffbedarf und Nährstoffbelastung aus Mittelwert (p) (siehe Schlüssel) [3]		1	1	1			1		3
v	Gesamtstufe		1					2,0		

[1] Summieren der Spalten/Felder im Monatsbericht/Jahresbericht des Betriebstagebuches
[2] Berechnung siehe Erläuterungen

Schlüssel für: Sauerstoffbedarfsstufe

Stufe	1	2	3	4	5
BSB_5	≤ 5 X	> 5 10	> 10 20	> 20 30	> 30
CSB	≤ 30 X	> 30 50	> 50 90	> 90 120	> 120
NH_4-N	≤ 1 X	> 1,5 3	> 3 10	> 10 20	> 20

gering ← Sauerstoffzehrung → groß

Nährstoffbelastungsstufe

Stufe	1	2	3	4	5
N_{ges}	≤ 8 X	> 8 13	> 13 18	> 18 35	> 35
P_{ges}	≤ 0,5	> 0,5 1,0	> 1,0 X 2,0	> 2,0 5,0	> 5,0

gering ← Nährstoffbelastung → groß

Stufen festgelegt am 5. 10. 2010 durch Keller
Unterschrift

© 2004 Oldenbourg Verlag, Rosenheimer Straße 10, 82041 Oberhaching/München, 15. Auflage

Bild 10.5: Auswertung von Betriebsergebnissen [5]

Ermittlung der JSM, wenn keine Messwerte vorhanden sind

Abwasseranlagen werden üblicher Weise mit einem mittleren spez. Schmutzwasseranfall von 150 l/(E · d) bemessen. Dieser Wert ist um den Fremdwasserzufluss zu erhöhen, der ebenfalls geschätzt werden muss. Diese Ermittlung sollte aber die Ausnahme bleiben. So sind aus den neuen Bundesländern zum Teil wesentlich niedrigere spez. Schmutzwasserwerte bekannt.

Besser ist es, die JSM mit Hilfe des Trinkwasserverbrauchs im Einzugsgebiet der Abwasseranlage zu bestimmen, aber auch hier darf ein geschätzter Wert für den Fremdwasserzufluss nicht vergessen werden. Die größte Unsicherheit dabei bleibt immer der Fremdwasseranteil (siehe 10.5.5).

Das Wetter

Über das Wetter muss das Kläranlagenpersonal ein „Urteil abgeben". Es muss beurteilen, ob es im Einzugsgebiet des Kanalnetzes geregnet hat. Hilfreich sind Regenmesser im Einzugsgebiet der Kanalisation bzw. auf der Kläranlage.

Da die Jahresschmutzwassermenge auf der Grundlage der Abwasserzuflüsse aller Trockenwettertage ermittelt wird, ist die Angabe des Wetters besonders wichtig. Täglich muss das Wetter der vergangenen 24 Stunden (z. B. von 7.00 bis 7.00 Uhr = Klärwerkstag) ins Betriebstagebuch [5] eingetragen werden.

Folgender Wetterschlüssel hat sich bewährt:

trocken	= 1	Regen	= 3
Frost	= 2	Gewitter	= 4
		Schneeschmelze	= 5
		Schneefall	= 6
		Regennachlauf	= 7

Es sind nur Ergebnisse für Trockenwettertage zu verwenden, wenn die Niederschlagshöhe weniger oder gleich 1,0 mm beträgt. Frost ist immer dann einzutragen, wenn die Temperaturen unter 0 °C liegen. Steigen die Temperaturen über 0 °C und liegt Schnee, dann ist Schneeschmelze anzugeben, wenn sich dadurch der Trockenwetterzufluss erhöht.

Die Festlegungen für Gewitter und für Schneefall sind wohl am einfachsten.

Schwieriger wird es bei der Frage des Regennachlaufs. Die zunehmende Zahl an Regenbecken und Kanalstauräumen in den Kanalnetzen führen zu immer längeren Entleerungszeiten und damit zu länger andauernden Mischwasserzuflüssen zur Kläranlage. Da im Betriebstagebuch nur das Wetter eines ganzen (24stündigen) Tages einzutragen ist, heißt das, dass nach einem Regenereignis der folgende Tag als Nichttrockenwettertag (Regennachlauf 7) eingetragen wird, wenn Regenbecken oder Stauräume entleert werden.

Müssen in einem Netz weitere Nachlauftage als Nichttrockenwettertag berücksichtigt werden, so ist dazu von der zuständigen Behörde eine Genehmigung einzuholen.

10.5.2 Wirtschaftlichkeit, Energiesparmöglichkeiten

Eine wirtschaftliche Betriebsführung ist auch für den öffentlichen Dienst eine ganz wichtige Aufgabe; schließlich wird für die Abwasserbehandlung das Geld der Bürger gebraucht. Natürlich kann dafür nicht alleine das Betriebspersonal verantwortlich gemacht werden, sind doch viele Einflüsse beim Bau der Abwasseranlage festgelegt worden. Für die Transparenz der Kosten ist die Teilnahme am *Benchmarking* (siehe Kap. 10.1) sehr hilfreich.

Energiesparende Maßnahmen gehören heute zum Umweltschutzgedanken. Die gilt natürlich auch für Kläranlagen.

Eine Möglichkeit zur Bestandsaufnahme und Bewertung der Energieeffizienz bieten die Formulare (Bilder 10.6 und. 10.7). Die verwendeten Zahlenwerte können überwiegend aus dem Betriebstagebuch entnommen werden. Ergibt sich aus dem Ergebnis der Bewertung, dass der Energieverbrauch ungünstig ist, sollten die Ursachen genauer erforscht werden.

Kennzahlenermittlung zur Energieeffizienz 2009

(Kläranlage mit Faulbehälter) Name: *Musterdorfanlage*

Eingabefeld, bitte nur Zahlen eingeben, keine "." o.Ä. | automatische Berechnung

Ausbaugröße der Kläranlage: 56.000 EW_{CSB120} = 2.452.800 kg CSB/a

Ermittlung der CSB-Zulauffracht im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg CSB/d · 365 = 2.349.626 kg CSB/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem CSB im Zulauf der Kläranlage: 1.504,0 mg/l — Auslastungsgrad: 95,79 %

Jahresabwassermenge der Kläranlage: 1.562.251 m³/a — Belastung: 53.644 EW_{CSB}

Ermittlung der GesN-Zulauffracht im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg GesN/d · 365 = 162.474 kg GesN/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem GesN im Zulauf der Kläranlage: 104,0 mg/l

Ermittlung der CSB-Ablauffracht im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg CSB/d · 365 = 37.494 kg CSB/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem CSB im Ablauf der Kläranlage: 24,0 mg/l

Ermittlung der GesN-Ablauffracht im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg GesN/d · 365 = 10.780 kg GesN/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem GesN im Ablauf der Kläranlage: 6,9 mg/l

Daraus Abbaufrachten KA: CSB 2.312.131 kg/a — GesN 151.695 kg/a

Ermittlung der CSB-Zulauffracht des biologischen Teils im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg CSB_{Bio}/d · 365 = 1.566.938 kg CSB_{Bio}/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem CSB im Zulauf des biologischen Teils: 1003,0 mg/l

Ermittlung der GesN-Zulauffracht des biologischen Teils im Jahr:

a) aus Betriebstagebuch : kg $GesN_{Bio}$/d · 365 = 135.916 kg $GesN_{Bio}$/a

b) **oder** errechnet aus:

mittlerem GesN im Zulauf des biologischen Teils: 87,0 mg/l

Daraus Abbaufrachten Biologie: CSB 1.529.444 kg/a — GesN 125.136 kg/a

Elektrischer Energiebedarf:

gesamter Jahresstromverbrauch der Kläranlage 1.177.366 kWh/a

abzüglich Jahresstromverbrauch für masch. Schlammentwässerung, Zulaufpumpwerke*) u.ä. 68.295 kWh/a

*)wenn nur Betriebsstundenzähler und Amperemeter vorhanden:

Bild 10.6: Energieeffizienz 1

ergibt jährlichen Stromverbrauch der Kläranlage: 1.109.071 kWh/a (Jahresbetriebsstunden · 0,6 · Amperemeteranzeige = kWh/a)

Jahresstromverbrauch des biologischen Teils 751.232 kWh/a

Daten aus dem Stromliefervertrag: 2009 **€-Beträge jeweils mit Mehrwertsteuer**

Bestell-Leistung beim EVU: 230 kW — Leistungspreis: 19.607,00 €/a

maximaler Leistungsbezug lt. Abrechnung EVU: 222 kW

Bezogene elektr. Arbeit: 1.109.071 kWh/a — Arbeitspreis: 99.816,00 €/a

sonstige Kosten für Strombezug, wie Zählergebühr etc: 2.850,00 €/a

Gesamtkosten: 122.273,00 €/a

daraus: **Leistungspreis:** 85,25 €/(kW a) **Arbeitspreis:** 0,0900 €/kWh

Gesamtkosten: 0,1102 €/kWh **Jahresbenutzungsstunden:** 4.995,82 h/a

Effizienz der Schlammfaulung (Jahresmittelwerte):

Ø Beschickung Faulbehälter: 60,0 m³/d — Ø oTR: 75,0 % — Ø TR: 25,0 g/l

Ø Entnahme aus Faulbehälter: 25,0 m³/d — Ø oTR: 50,0 % — Ø TR: 60,0 g/l

errechneter Abbaugrad des oTR: 66,7 % — Ø erzeugter Faulgasanfall: 420,0 m³/d = Volumen des feuchten, warmen Rohgases

zur energetischen Verwertung des Faulgases muss die Menge umgerechnet werden auf Normkubikmeter!

Ø Temperatur Rohgas: 36 °C; Ø Gastemperatur am BHKW: 25 °C;

$V_2 = V_1 \cdot (273+T_2) : (273+T_1)$; das sind ca. 90 %!!

Ø verwertete Gasmenge feucht: 420,0 m³/d

Ø verwertete Gasmenge BHKW: 405,0 Nm³/d — Ø Stromproduktion: 685,0 kWh/d

Auswertung der Daten, Kennzahlenerhebung:

Ø jährl. Stromverbrauch je EW-Belastung der Kläranlage: 20,67 kWh/($EW_{CSB\text{-}Belastung}$ a)

spez. Stromverbrauch je kg biol. abgebautem CSB: 0,50 kWh/kg $CSB_{abgebaut}$

spez. Stromverbrauch je biol. abgebautem GesN: 6,08 kWh/kg $GesN_{abgebaut}$

spez. Leistungsbereitstellung je EW-Belastung: 4,29 W/$EW_{Belastung}$

Ergebnisse und Zielwerte zur Energieoptimierung:

Ø jährl. Stromverbrauch der Kläranlage je EW-Belastung:

5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | >55 kWh/(EW_{CSB} a)

gering — mittel — hoch

spezifischer Stromverbrauch der Biologie je kg abgebautem CSB:

0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 kWh/kg $CSB_{abgebaut}$

n.erdig — hoch

spezifischer Leistungsbezug: 4,14 W/EW-Belastung

spezifischer Faulgasanfall je abgebauter to oTR: 1.008 Nm^3/to oTR $_{abgebaut}$

Literaturwert: bei T=30°C >1000 Nm³/to oTR$_{abgebaut}$

Ø genutzter Faulgasanteil zur Stromerzeugung: 96,4 % — Gas-Stromeffizienz: 1,69 kWh/Nm³

Bild 10.7: Energieeffizienz 2

Die Gründe für einen hohen Energieverbrauch können vielfältig sein. Unterbelastete Anlagen, ungünstig abgestufte Motoren, unzureichende Klärgasverwertung, hoher Fremdwasseranteil, zu hoher Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken, zu hohe Trockensubstanz im Belebungsbecken, Probleme durch Industrieeinleitungen usw. sind einige der Ursachen.

Viele Unternehmensträger haben bislang keine verfahrenstechnische Energieoptimierung vorgenommen. Hier gibt es meist Ansätze für Verbesserungen.

Auf das Merkblatt ATV-M 252 „Stromlieferungsverträgen" [1] wird hingewiesen. Weiter ist als Literatur „Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen", Heft 4, DWA Landesverband Baden-Württemberg [20] zu empfehlen.

10.5.3 Sauerstoffbedarfsstufen, Nährstoffbelastungsstufen

Mit Hilfe der Stufen für den Sauerstoffbedarf und die Nährstoffbelastung ist es auf einfache Weise möglich, die durch die Abwassereinleitungen aus einer Kläranlage verursachten Auswirkungen im Gewässer beurteilen zu können (Bild 10.8).

Sauerstoffbedarfsstufen

Für den Sauerstoffverbrauch in unseren Gewässern sind drei wesentliche Parameter der Abwassereinleitung maßgebend. Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB_5) als Maß für die biologisch abbaubare Verschmutzung, der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) als Maß für die chemisch abbaubare organische Verschmutzung und der Ammonium-Stickstoff (NH_4-N).

Durch den guten Abbaugrad der Kläranlagen bei den Kohlenstoffverbindungen hat sich die Gewässergüte im letzten Jahrzehnt so verbessert, dass dem Ammonium besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Der durch die Oxidation des Stickstoffs im Gewässer auftretende Sauerstoffbedarf ist daher von großer Bedeutung.

In dem Bewertungsschlüssel für den Sauerstoffbedarf wird jeder Messwert einer zugehörigen Sauerstoffbedarfsstufe zugeordnet und schließlich eine vereinfachte gemittelte Gesamtstufe errechnet. Wenn die aus dem Klärwerk ablaufende Restverschmutzung sehr klein ist, ergibt sich Stufe 1. Stufe 5 gilt bei hohen Konzentrationswerten, die gemäß den Anforderungen nach der Abwasserverordnung nicht mehr zulässig sind.

Es gilt folgender Bewertungsschlüssel:

Stufe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Sauerstoff-Belastung	sehr gering	gering	mäßig	groß	sehr groß
BSB_5 mg/l	≤ 5	6 - 10	11 - 20	21 - 30	> 30
CSB mg/l	≤ 30	31 - 50	51 - 90	91 - 120	> 120
NH_4-N mg/l	≤ 1	2 - 3	4 - 10	11 - 20	> 20

Bild 10.8: Schlüssel für die Sauerstoffbedarfsstufe

Aus der Gesamtstufe durch Mittelwertbildung ist zu erkennen, wie hoch die Restverschmutzung noch ist, die das Gewässer belastet. Außerdem kann mit einem Blick festgestellt werden, welcher Parameter das Ergebnis am meisten verschlechtert und wo gezielt eine Verbesserung ansetzen sollte. Die Messwerte sind so für das Betriebspersonal und als Sauerstoffbedarfsstufe auch für die Öffentlichkeit leicht verständlich darstellbar.

Nährstoffbelastungsstufen

Werden Nährstoffe (Phosphat und Nitrat) in ein Gewässer eingeleitet, führt dies nicht zu einem unmittelbaren Sauerstoffverbrauch.

Anorganische Nährstoffe fördern die Eutrophierung (Pflanzenwachstum im Gewässer). Dies macht deutlich, warum es sinnvoll ist, als zweites Bewertungssystem die Nährstoffbelastungsstufen zusätzlich darzustellen. Aus der Mittelwertbildung ist leicht zu erkennen, wie stark das Gewässer mit Nährstoffen belastet wird.

Es gilt folgender Bewertungsschlüssel:

Stufe	1	2	3	4	5
Nährstoff-Belastung	sehr gering	gering	mäßig	groß	sehr groß
Stickstoff (N_{ges}) mg/l	≤ 8	9 - 13	14 - 18	19 - 35	> 35
Phosphat (P_{ges}) mg/l	≤ 0,5	0,6 - 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 5	> 5

Bild 10.9: Schlüssel für die Nährstoffbelastungsstufen

10.5.4 Abbaugrad einer Kläranlage

Die tatsächliche „Leistung" der Abwasserreinigung ist nicht nur an guten Ablaufkonzentrationen zu erkennen, entscheidend ist vielmehr, welche Fracht tatsächlich vermindert wurde.

Nur der Abbaugrad (%) einer Kläranlage (auch Wirkungsgrad genannt) ist ein objektives Maß für die Verminderung einer Schmutzfracht. D. h. die Schmutzfracht die der Anlage zugeführt wird, abzüglich der Schmutzfracht, die nach der Reinigung übrig bleibt, gibt dazu eine Aussage.

$$\text{Abbaugrad (\%)} = \frac{\text{Zulauffracht - Ablauffracht}}{\text{Zulauffracht}} \cdot 100$$

Für die Abbaugrade der wichtigsten Schmutzstoffparameter wurde ein Bewertungsschlüssel eingeführt. Die Einteilung des 5-stufigen Systems für die Abbaustufen baut auf dem bekannten System der Sauerstoffbedarfs- und Nährstoffbelastungsstufen auf. Damit ist es möglich, den Abbaugrad einer Kläranlage verständlich zu machen.

Stufe	Abbaugrade (%)			
	BSB_5	CSB	N	P_{ges}
1	≥ 98	≥ 95	≥ 85	≥ 94
2	< 98 – 96	< 95 – 92	< 85 – 76	< 94 – 89
3	< 96 – 93	< 92 – 85	< 76 – 67	< 89 – 78
4	< 93 – 90	< 85 – 80	< 67 – 36	< 78 – 44
5	< 90	< 80	< 36	< 44

Bild 10.10: Schlüssel für den Abbaugrad

10.5.5 Fremdwasserermittlung

Fremdwasser ist ein zusammenfassender Begriff für Wasser, das nicht in einen Abwasserkanal gehört und weil es sauber ist, auch nicht in einer Kläranlage behandelt werden muss.

Fremdwasser ist beispielsweise Grund- und Quellwasser oder Wasser aus

- Grundstücks- und Baustellendränungen,
- Wasserhaltungen von Baugruben,
- Gewässern und Entwässerungsgräben,
- Überläufe aus Trinkwasserbehältern,
- Kühlwasser.

Unverschmutztes Kühlwasser ist im eigentlichen Sinn kein Fremdwasser, doch gehört es ebenfalls nicht in den Abwasserkanal, da es nur zur Verdünnung des Schmutzwassers beiträgt.

Fremdwasser darf in eine Kanalisation nicht eingeleitet werden. Es darf im Regenwasserkanal unter bestimmten Umständen abgeleitet werden. Regenwasser ist Fremdwasser im Schmutzwasserkanal, nicht im Mischwasserkanal.

Meist entsteht Fremdwasser, wenn Grundwasser über undichte Kanäle oder Schächte in die Kanalisation gelangt (Bild 10.11).



Bild 10.11: Undichter Kanal

Der Fremdwasseranfall wird aber nicht nur durch jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserstandes beeinflusst. Oft ist nach längeren Regenperioden ein erhöhter Fremdwasserzufluss über mehrere Tage (10 bis 20 Tage) zu beobachten. Dieses Phänomen hängt mit dem Retentionsvermögen (Rückhaltevermögen) des Untergrundes nach intensiven Niederschlagsereignissen zusammen. Auch in solchen Fällen dringt das Wasser über undichte Stellen in die Kanalisation. Das Problem kann sowohl bei öffentlichen Kanälen als auch bei der Grundstücksentwässerung auftreten.

Die Hausanschlussleitungen bereiten die größten Sorgen. Auf Grundstücken werden oft die Hausdränungen unerlaubterweise an den Abwasserkanal angeschlossen. Im Trennverfahren wird das Regenfallrohr oft falsch an den Schmutzwasserkanal angeschlossen, weil er in der Nähe liegt. Solche Fehlanschlüsse sind durch die Entwässerungssatzung untersagt. Meistens ist Unkenntnis und ungenügende Überwachung durch den Unternehmensträger der Abwasseranlage Ursache dieser Fehlanschlüsse; sie können aber schwerwiegende Folgen haben (Bild 10.12).



Bild 10.12: Fehlanschlüsse entdecken durch Nebelberauchung

Auch die Abwasserabgabe erhöht sich, da das Fremdwasser in der Jahresschmutzwassermenge enthalten ist und daher entsprechend bei der Berechnung der Abgabe berücksichtigt wird. Im AbwAG heißt es ferner, dass die Reinigung des Abwassers nicht durch Verdünnung oder Vermischung erreicht werden darf. Dies kann bedeuten, dass bei großen Fremdwasserzuflüssen die Reinigungswirkung nicht vollständig anerkannt wird und deshalb eine Ermäßigung der Abwasserabgabe nicht gewährt werden kann. Aus diesen Gründen ist es wichtig, immer wieder zu kontrollieren, wie hoch der Fremdwasseranfall ist.

Leider kann das Fremdwasser nicht so einfach bestimmt werden. Ein untrügliches Zeichen ist sicherlich, wenn die Zulaufkonzentration des Abwassers sehr gering ist (z. B. BSB_5-Werte < 180 mg/l). Doch ist dies lediglich ein Anhaltspunkt. Als bisher einzige brauchbare Methode ist die Nachtmessung eingeführt. Ausgehend von der Überlegung, dass Fremdwasser unabhängig von der Tageszeit anfällt, sucht man zur Messung die Zeit aus, in der das Fremdwasser möglichst ohne Schmutzwasser im Kanal fließt.

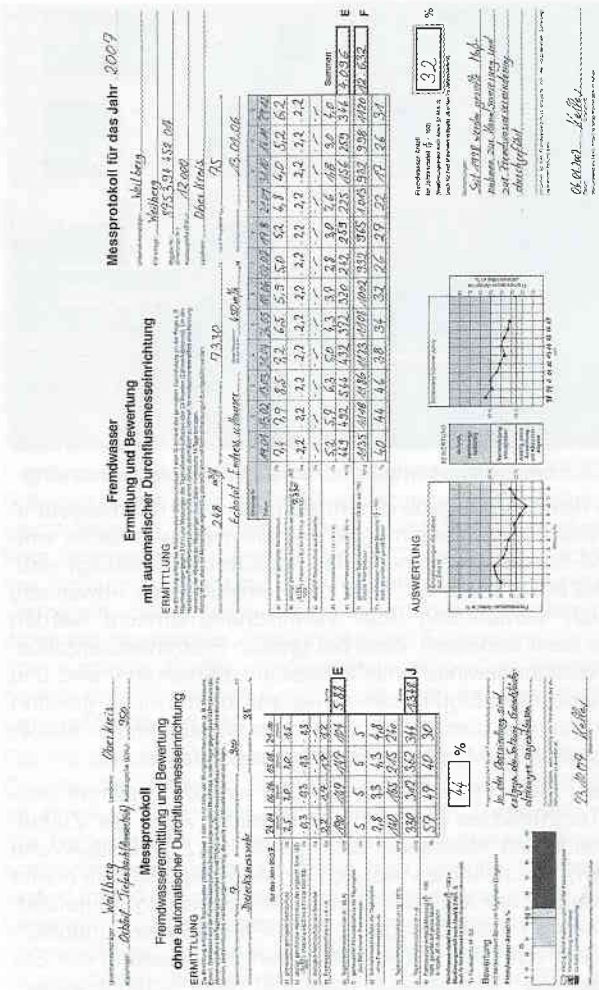


Bild 10.13: Arbeitsblatt zur Fremdwasserermittlung [5]

Dies ist erfahrungsgemäß etwa in der Zeit zwischen drei und fünf Uhr nachts. Selbstverständlich darf dabei auch kein Niederschlagswasser anfallen und das Messergebnis verfälschen.

Im Betriebstagebuch [5] ist zur Fremdwasserermittlung eine Arbeitshilfe enthalten (Bild 10.13). Dabei wird unterschieden, ob eine selbstschreibende Durchflussmessanlage zur Verfügung steht oder nicht. Da die Messung in den späten Nachtstunden oder frühen Morgenstunden durchgeführt werden muss, ist es ohne Durchflussmessanlage notwendig, dass das Personal den Durchfluss mit Hilfe eines Messwehres, einer Eimermessung oder einer anderen einfachen Messmethode selbst bestimmt. Der zeitliche Aufwand dafür darf kein Grund dafür sein, von der Messung Abstand zu nehmen. Es genügt nicht, nur einmal zu messen. Kleine Kläranlagen sollten wenigstens viermal, größere zwölf Mal im Jahr messen.

Wenn die Ergebnisse vorliegen, kann sich der Unternehmensträger ein Bild von den tatsächlichen Auswirkungen verschaffen. Liegt der Fremdwasseranteil über 50 %, dann sollten unbedingt gezielte Maßnahmen zur Verminderung des Fremdwasseranfalls eingeleitet werden. Häufig ist es dann angebracht, das planende Ingenieurbüro einzuschalten und zu beauftragen, den Ursachen nachzugehen sowie Sanierungsvorschläge auszuarbeiten. Die Ergebnisse der TV-Inspektion und der Dichtheitsprüfungen erleichtern die Ursachenforschung und das Setzen von Prioritäten.

10.6 Besondere Betriebszustände

Besondere Betriebszustände können verursacht werden durch Frost, Überschwemmung, Unwetter, Geruchsentwicklung, Unfall, Öleinwirkung, Gift- oder pH-Wert-Stöße, Stromausfall oder Störungen bei wichtigen Einrichtungen. Die dabei auftretenden Probleme sind sehr vielfältig und können nicht allgemein beschrieben werden.

Vielmehr ist darauf hinzuweisen, dass in der Dienst- und Betriebsanweisung die Vorgaben für das Personal ausgearbeitet

sein müssen. Dazu DWA-Regelwerk A 199 sowie Themenheft „Muster Betriebsanweisung“ [1].

Reicht das Fachwissen für die Beherrschung von besonderen Betriebzuständen nicht aus, ist die Einschaltung von verfahrenstechnischen Experten (nicht der Architekt als Kläranlagenplaner) und abwasserbiologisch geschulten Fachkräften von Instituten für mikroskopische Analytik dringend empfohlen.

10.6.1 Inbetriebnahme

Vor *Inbetriebnahme* ist in sämtlichen Leitungen (Luft, Schlamm, Abwasserzu- und -ablauf) sorgfältig zu prüfen, ob nicht Reste von der Baumaßnahmen liegen geblieben sind.



Bild 10.14: Test des Blasenbildes

Zur *Einarbeitung* ist dem Belebungsbecken das gesamte vorgeklärte Wasser zuzuführen. Gleichzeitig sind die Rücklaufschlammpumpen mit vollem Förderstrom zu fahren. Überschussschlamm darf erst abgezogen werden, wenn der vorgesehene Schlammgehalt erreicht ist; er ist während dieser Zeit laufend zu überprüfen. Die Einarbeitungszeit dauert 10 bis 20 Tage, bei sehr dünnem Abwasser bis zu vier Wochen. Im Winter lassen sich Belebungsanlagen nur schwer einarbeiten. Hier empfiehlt sich manchmal die Einarbeitung mit einer langsam zu steigernden Teilbeschickung.

10.6.2 Stromausfall

Der Betreiber einer Abwasseranlage muss wissen, wie sicher die Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz ist und welche Folgen bei Stromausfall zu erwarten sind. Erst dann wird entschieden, ob eine Ersatzstromanlage (Notstromanlage) bereit zu halten ist. Die in den Bundesländern unterschiedlichen gesetzlichen Regelungen und Anforderungen sind zu beachten.

Ist nur eine einzige Stromzuführung vorhanden, ist die Gefahr eines Stromausfalls größer als bei einer Ringversorgung (Einspeisung von zwei Seiten). Bei Kläranlagen und Pumpwerken ist eine Ersatzstromversorgung sicherzustellen, wenn durch Rückstau größere Schäden oder besondere Gefahren entstehen können. Häufig reichen für Pumpwerke transportable Ersatzstromanlagen aus. Feuerwehren oder technische Hilfswerke verfügen meist oft über fahrbare Aggregate.

Ob auf eine Ersatzstromversorgung zum Betrieb einer Kläranlage verzichtet werden kann, hängt von der Einspeisungssicherheit, den Gewässerbenutzungen und den behördlichen Auflagen ab. Grundsätzlich muss damit gerechnet werden, dass es bei mehrstündiger Einleitung von unbehandelten Abwassers zu schwerwiegenden Beeinträchtigungen des Gewässers kommen kann. Dagegen wird selbst bei mehrstündigem Stromausfall (4 bis 6 Stunden) die Biomasse des biologischen Teils nicht nachhaltig geschädigt. Notfalls genügt ein gelegentliches Benetzen des Tropfkörperrasens bzw. ein Umwälzen des Belebtschlammes (z. B. Zapfwellenmixer mit Antrieb durch Traktor). Stationäre Ersatzstromanlagen sind mit vollautomatischer Schaltung auszurüsten; der automatische Schwarzstart ist in erforderlichen Abständen zu testen. Die Größe dieser An-

lagen ist nicht für den Maximalfall, sondern für den Notbetrieb vorzunehmen. Große Kläranlagen mit einer Faulgasverwertung zur Eigenstromerzeugung sind, sofern kein Erdgasanschluss vorhanden ist, mit mindestens einem Zweistoff-Motor auszurüsten, der den Ersatzstrom zum Betrieb der mechanischen Stufe und zur Sicherung der Vorflut liefert.

Bei Stromausfall ist beim zuständigen Elektrizitätswerk die Dauer des Ausfalls zu erfragen und die Betriebsleitung zu verständigen. Nach Wiedereinschalten des Stroms sind alle elektrischen Einrichtungen zu prüfen und zeitabhängige Schreib- und Schaltgeräte neu einzustellen.

10.6.3 Winterbetrieb

Schwierigkeiten treten insbesondere bei kleinen bis mittleren Anlagen infolge geringen Zuflusses bei sehr niederen Temperaturen und hier besonders in der Nacht auf. Ganz besonders sind Anlagen gefährdet, die diskontinuierlich beschickt werden.



Bild 10.15: Der Winterbetrieb

Um im Winter den Betrieb einer Kläranlage aufrechterhalten zu können, sind allgemeine Maßnahmen zur Vorbeugung erforderlich. So sind Zugänge und Wege von Schnee und Eis zu räumen und wenn notwendig mit Sand oder Kies zu streuen. Salz ist zu vermeiden, da es Beton angreift.

Frostgefährdete *Leitungen* sind durch eine Kälteisolierung (Styropor oder Strohpackung) vor dem Einfrieren zu schützen, zu beheizen oder zu entleeren. Nach dem Entleeren ist der Schieber offen zu lassen. Wenn trotzdem Leitungen oder Schieber einfrieren, darf wegen der Verpuffungs- und Explosionsgefahr keine offene Flamme zum Auftauen verwendet werden.

Die *biochemischen Vorgänge* sind nicht nur von den bekannten Werten wie Raumbelastung, Schlammbelastung, Aufenthaltszeit usw. abhängig. Es ist bekannt, dass diese Vorgänge auch temperaturabhängig sind. Dieser Gesichtspunkt ist vor allem niedrig belasteten Belebungsanlagen wichtig.

Die Vereisung von *Messwertaufnehmern* hat oft ungenaue Ergebnisse zur Folge, was wiederum die Beurteilung der Reinigungswirkung einer Anlage unmöglich macht.

Rechenanlagen im Freien sind besonders frostgefährdet. Es können folgende Störungen auftreten:

Das Rechengut friert zwischen und an den Stäben fest, die Harke gleitet darüber, das Rechengut wird nicht geräumt. Es kann auch die automatische Steuerung ausfallen, wenn z. B. bei der Lufteinperlung die Luftaustrittsöffnungen zufrieren.

Der *Sandbehälter* im Freien kann einfrieren, sofern dieser nicht mit einer Heizung ausgestattet ist.

Bei größeren Anlagen oder in frostgefährdeten Gebieten ist daher unbedingt anzustreben, dass Rechen, Sand- und Waschbehälter in einem Gebäude untergebracht werden.

Betonbecken sind durch starke Eisdeckenbildung gefährdet, da die Sprengwirkung des Eises die Umfassungswände beschädigen kann. Vorbeugend können Weichholzbalken oder Styroporplatten an den Außenwänden ausgelegt werden, der Eisdruck wird dadurch auf nachgiebiges Material übertragen.



Bild 10.16: Die Räumerlaufbahn im Winterbetrieb

Das Durchdrehen der Räder von Räumer- oder Belüftungsbrücken bei vereister Räumerlaufbahn kann mit Sand oder Frostschutzmitteln verhindert werden (Bild 10.16). Salz darf nicht verwendet werden. Beheizte Räumerfahrbahnen haben sich bewährt.

Wie alle anderen Anlagenteile erfordern auch die *Belebungsbecken* mit Oberflächenbelüftern ständige Wartung. So ist das Eis, das sich an Kreiseln, Standrohren und Wänden gebildet hat, ständig zu entfernen. Die mechanische Zerstörung des Eises muss vorsichtig geschehen, damit die Belüftungsblätter, die bei einigen Aggregaten aus Kunststoff bestehen, nicht beschädigt werden.

Insbesondere bei kleineren, vielfach auch intermittierend beschickten *Tropfkörpern* kann sich Eis an den Belüftungsöffnungen am Tropfkörperboden bilden, was zu einer verminderten Luftzirkulation und damit einer Schädigung des biologischen Rasens führt.

Eis an der Tropfkörperoberfläche kann durch eine gleichmäßige Verteilung des Abwassers verhindert werden, durch Säuberung und Regulierung der Austrittsöffnungen am Drehsprenger. Dies vermindert auch die Gefahr der Eiszapfenbildung.

An inneren Tropfkörper-Umfassungswänden kann Eis durch die ständige Benetzung mit dem relativ warmen Abwasser verhindert werden, indem man die Endverschlüsse der Drehsprengerarme teilweise öffnet oder Spritzdüsen und Prallbleche anbringt.

Um eine weitgehende Auskühlung des Tropfkörpers zu vermeiden, sollten die Lüftungsöffnungen am Tropfkörperboden teilweise abgedeckt werden; in extremen Lagen sollte der Tropfkörper zumindest teilweise überdacht werden.

Die Einrichtungen zur *Nassschlammabgabe* sind zu entleeren, da in Frostperioden ohne dies der Schlamm nicht landwirtschaftlich verwertet werden darf.

10.6.4 Öl im Kläranlagenzulauf

Öl ist ein wassergefährdender Stoff und kann über Oberflächen- und Grundwasser die Wasserversorgung verunreinigen. Es kann den biologischen Teil einer Anlage zum Erliegen bringen!

Mit dem Abwasser fließt oft auch Öl verschiedener Art in die Kläranlage, obwohl es nach der Satzung nicht in die Kanalisation eingeleitet werden darf. Man erkennt es meistens am Geruch und an Ölschlieren. Die auftretenden Mengen sind unterschiedlich. Das Auge lässt sich über die Ölmenge auf der Wasseroberfläche leicht täuschen; bereits einige Liter Heizöl verursachen einen riesigen Ölfleck. Solange die Ölschlieren noch in den Regenbogenfarben schillern, ist die Schichtdicke und damit meistens die Menge nicht erheblich. Der Einsatz von Ölbindemitteln ist in diesen Fällen meist noch wirkungsvoll möglich. Selbst kleinere Ölmengen sollten bereits im Betriebstagebuch vermerkt werden. Außer der Überwachung, dass im Ablauf der Anlage keine Ölschlieren mehr auftreten, ist verfahrenstechnisch nichts veranlasst. Absetzbecken wirken ausgezeichnet als Öl- und Fettabscheider, nur ist die Schwimmschicht

manchmal schlecht abzuziehen. Nur sehr kleine Ölmengen können von biologischen Anlagen verkraftet werden.

Wenn sehr große Ölmengen (z. B. einige Hundert Liter) in die Kläranlage gelangen (Tankwagenunfall, Benachrichtigung durch Feuerwehr, absichtliches oder unabsichtliches Ölablassen eines Betriebes), ist zu beachten:

1. *Keinesfalls* Kläranlagenzulauf absperren; Klärbecken, insbesondere Regenbecken, bieten bei Trockenwetter die letzte Möglichkeit, das Öl vom Gewässer fernzuhalten (Bild 10.15).
2. *Ölalarmplan* bereitlegen und danach handeln. Bei Tankwagenunfällen alles versuchen, um Öl auf der Straße zu sammeln und Straßenabläufe dichten.

Wenn keine besonderen Anweisungen vorliegen gilt:

3. *Dienstvorgesetzten*, z. B. Bürgermeister, und nächste Feuerwehr mit Ölwehrausrüstung verständigen, möglichst ohne die Anlage zu verlassen.
4. Zulauf zum biologisch wirkenden Teil der Anlage absperren! (Bei Anlagen ohne Vorklärung gelten besondere Überlegungen: Zulauf offenlassen, Schwimmbalken einlegen, Belüftung und Rücklaufschlammpumpen abschalten).
5. Zur Beweissicherung sind Proben von 2 l zu entnehmen.
6. Dienstvorgesetzten erinnern, dass sofort Wasserrechtsbehörde und technische Fachbehörden (Wasserwirtschaftsamt usw.) zu verständigen sind; notfalls selbst benachrichtigen.
7. Wenn der Ölzulauf abklingt, Öl mit Schwimmschlammschild oder Schwimmbalken in einer Ecke des Beckens in Einlaufnähe zusammendrängen und absaugen lassen.
8. Uhrzeit von Beginn und Ende des Ölzulaufs, geschätzte Menge, Farbe und Geruch im *Betriebstagebuch* notieren.

Bei der Erstellung eines Alarm- und Benachrichtigungsplans bietet das Muster des DWA-Landesverbandes Bayern eine Hilfe. Homepage: www.dwa-bayern.de, in Suchfeld das Wort Alarmplan eingeben.



Bild 10.17: Die Feuerwehr im Einsatz

Wenn Öl gleicher Art stoßweise öfters auftritt, ist zu vermuten, dass der Verursacher ein Betrieb ist. Mit Hilfe der technischen Fachbehörden muss der Verursacher ausfindig gemacht werden.

Bei der Auswahl des Ölbinders ist darauf zu achten, dass nur Mittel eingesetzt werden dürfen, die dauernd schwimmfähig bleiben. Keinesfalls dürfen Mittel verwendet werden, die das Öl als Emulsion im Wasser verteilen, sogenannte Emulgatoren.

10.6.5 Gift- und pH-Wert-Stöße

Der Einfluss von Giften wird in Kläranlagen meistens erst erkannt, wenn es zu spät ist. In seltenen Fällen ist das giftige Abwasser an einer Verfärbung zu erkennen, z. B. gelblichgrün von chromhaltigem Industrieabwasser.

Häufiger ist es der Fall, dass Gifte gleichzeitig mit pH-Stößen zufließen, insbesondere bei unerlaubter Einleitung des Abwassers aus Galvanikbetrieben. Wenn begründeter Verdacht auf

Giftzufluss besteht muss versucht werden, den Giftstoß von der Schlammfaulung fernzuhalten.

In der Kläranlage kann im Regelfall nichts gegen Gift- oder pH-Stöße unternommen werden. Wichtig ist, sofort Proben (2 l) zu nehmen, sowie Zeit und Umstände sofort im Betriebstagebuch und auf der Probeflasche zu vermerken. Eine Meldung an den Dienstvorgesetzten ist notwendig, ggf. auch an die technische Gewässeraufsicht.

Nur durch sorgfältiges Beobachten dieser Ereignisse gelingt es, den Verursacher solcher Stöße zu erfassen. Eine selbstschreibende pH-Messung am Kläranlagenzulauf ist dafür hilfreich. Manchmal hilft auch eine sofortige Nachschau in den Kanälen mit einem pH-Messgerät, oder auch eine Sielhautbeprobung, um den Verursacher ausfindig zu machen.

10.6.6 Blähschlamm

Ein gesunder Belebtschlamm hat einen Schlammindex, der zwischen 50 bis 150 ml/g liegt. Steigt er über 150 ml/g an und enthält der Belebtschlamm Fadenorganismen (Bild 10.18), so spricht man von Blähschlamm; er setzt sich sehr schlecht ab, er schwebt mehr oder weniger im Nachklärbecken, teilweise treibt der leichte Schlamm über die Ablaufschwelle ab.

Blähschlamm kann sich dann stark entwickeln, wenn ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sind (Nährstoffzusammensetzung, Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert), die für Fadenbakterien besonders günstig sind. Darum hat es meist wenig Erfolg, den belebten Schlamm zu entfernen. Nur wenn man die Ursachen kennt und ggf. die Betriebsverhältnisse ändert, können die Lebensbedingungen der Bakterien so verbessert werden, dass die weitere Blähschlammentwicklung vermindert wird.

Eine Vielzahl verschiedener Bakterienarten haben im Blähschlamm günstige Entwicklungsmöglichkeiten. Dies macht verständlich, dass nicht immer die gleichen Bekämpfungsmaßnahmen zum Erfolg führen. Oft entwickeln sich die Fadenbakterien nur zu bestimmten Jahreszeiten, z. B. häufig im Frühjahr, was auf Temperatureinfluss schließen lässt. Auch besondere

Belastungszustände durch Kampagnebetriebe, wie Konservenfabriken oder Brennereien, fördern die Blähschlammneigung. Ebenso wirkt sich angefaultes Abwasser sowie ein Mangel an Stickstoff oder Phosphor aus.



Bild 10.18: Fadenorganismen (Typ 021N, 125-fach)

Bestimmte Betriebsweisen scheinen die Blähschlammentwicklung zu fördern. So neigen BSB_5-Schlammbelastungen < 0,10 (kg BSB_5/(kgTS · d) besonders dazu. Längsdurchströmte Becken sind weniger gefährdet. Eine geringe hydraulische Leistungsfähigkeit eines Nachklärbeckens kann die Betriebsprobleme noch verstärken.

So verschieden die Bakterien und ihre Ursachen sein können, so unterschiedlich sind sie auch zu bekämpfen. Eine bestimmte Gegenmaßnahme, die mit Sicherheit in allen Fällen hilft, gibt es nicht. Hier kann nur empfohlen werden, mit einer biologisch ausgebildeten Fachkraft eine Beurteilung durchführen zu lassen.

Gegen Blähschlammbildung oder Schlammtreiben durch nicht gezielte Denitrifikation im Nachklärbecken können dann folgende Maßnahmen in Betracht gezogen werden:

1. Schlammrückführen aus dem Nachklärbecken verstärken.
2. Die Aufenthaltszeit des abgesetzten Schlammes am Boden der Nachklärung verkürzen (weniger als 1 Stunde), in dem die Geschwindigkeit des Nachklärbeckenräumers etwas vergrößert wird (bei Rundräumern bis zu 6 cm/s). Evtl. sind auch die Räumschilde etwas zu verlängern oder zu verdoppeln, um den Schlamm schneller zum Trichter räumen zu können.
3. Sorgfältiges Säubern aller Gerinne der Kläranlage um Ablagerungen, die zum Anfaulen des Abwassers führen könnten, auszuschließen.
4. Aufenthaltszeit in der Vorklärung vermindern, z. B. durch Außerbetriebnahme einer Einheit. Dies gilt besonders wenn das Rohabwasser schon angefault ankommt.
5. Wenn die Ursache bei Industrieabwässern, z. B. Zuckerfabrik, Brauerei, Molkerei, vermutet wird, kann das einseitige Nährstoffangebot, das die Bildung von Fadenbakterien (Bild 10.18) begünstigt durch Zugabe von Stickstoff und/oder Phosphat verbessert werden (vorher durch abwassertechnisches Institut untersuchen lassen).
6. Durch Zugabe von Fällungsmitteln, z. B. Eisensulfat, Eisenchlorid, Aluminiumsulfat, können Flockenbildung und Absetzeigenschaft verbessert werden. Auch Kalkzugabe kann gegen Blähschlamm helfen. Wegen der Erhöhung des pH-Wertes und der Verkrustungsgefahr muss hier besonders sorgfältig vorgegangen werden.
7. Mit der Dosierung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) kann Sphaerotilus mit Erfolg bekämpft werden.
8. Bei langen Belebungsbecken hilft manchmal wenn Abwasser und Rücklaufschlamm vor Kopf, also an der Stirnseite des Belebungsbeckens, eingeleitet werden und gleichzeitig eine gut durchmischte anoxische Zone vorhanden ist.

10.6.7 Schaumbildung

Die Schaumbildung ist in Belebungsbecken manchmal recht lästig. Abhelfen kann man durch Besprühen mit Wasser. Im Ablaufgerinne kann durch ein schräg eingebautes Brett, das den Schaum zum Untertauchen zwingt, die Schaumentwicklung gehemmt werden.



Bild 10.19: Schaumprobleme

Wichtig sind auch hier die Ursachen zu finden. Eine wertvolle Hilfe sind Fachkräfte von abwasserbiologischen Instituten.

10.7 Instandhaltung der Außenanlagen

Warum müssen die Außenanlagen Instand gehalten werden? Dafür gibt es viele Gründe:

- Der Wert der Anlagen, wie Bauwerke, Maschinen, Straßen und Wege, Beleuchtung, Abstell- und Wärterraum, Lager,

Schachtabdeckungen, Einzäunungen, Grünanlagen usw., ist sehr hoch. Statistische Auswertungen in Bayern haben ergeben, dass das Betreuungsvermögen je Mitarbeiter/in im Abwasserbereich (also auch Verwaltungskräfte) bei über 4,0 Mio. € je Einwohnerwert der Ausbaugröße der Kläranlage liegt.

- Durch sorgfältige Instandhaltung wird das Anlagevermögen wirtschaftlich verwaltet und die Lebensdauer der Anlagen um Jahre verlängert.
- Bauschäden bedeuten fast immer auch eine Unfallgefährdung, die beseitigt werden muss.
- Eine Kläranlage muss aus hygienischen Gründen, um eine gesundheitliche Gefährdung des Personals, von Besuchern und der Umgebung zu vermeiden, so sauber wie möglich gehalten werden. Oft werden dadurch auch Geruchsbildungen vermieden.
- Der äußere Anblick einer Kläranlage entspricht einer Visitenkarte. Das Ansehen eines Klärwerkes und seines Personals steht und fällt damit.
- Häufig ist im Wasserrechtsbescheid eine standortgemäße Bepflanzung vorgeschrieben; diese muss auch erhalten und gepflegt werden.

Die Aufzählung der Gründe für eine Instandhaltung zeigt schon, dass es hier sehr oft um Aufgaben geht, die eher der eines Hausmeisters entsprechen. Die folgenden Hinweise betreffen Bauwerke aller Art.

Wenn Metalle durch Korrosion angegriffen werden, leidet ihre statische Standsicherheit. Metalle, vor allem unbehandelter Stahl, aber auch feuerverzinkter Stahl, werden durch Beschichtung, das sind meistens Anstriche, vor Korrosion geschützt. Feuerverzinkung ist ein sehr wirksamer Korrosionsschutz. Sehr wichtig ist hierfür die Untergrund- oder Oberflächen-Vorbehandlung. Die Vorbehandlung kann sein:

- Handentrosten (Drahtbürste)

- maschinelles Entrosten (Maschinenbürsten, Schleifscheiben)
- Strahlen mit Sand oder Strahlmittel
- Flammstrahlen mit Injektor-Kammerbrenner oder Acetylen-Sauerstoffflamme
- Beizen (z. B. Tauchen in Phosphorsäure)

In der Regel ist eine metallisch blanke Entrostung notwendig. Zum Beschichten selbst sind folgende Verfahren möglich:

- Aufwalzen oder Rollen (schlechtestes Verfahren)
- Streichen (gut)
- Spritzen (gut für Schichten nach Anstrich)
- Tauchen (nur bei kleinen Gegenständen möglich)
- Spachteln (für manche Kunststoffbeschichtungen).

Die Wahl des Materials wird nicht zuletzt von der Beanspruchung bestimmt. Es besteht ein Unterschied, ob es sich in einem trockenen, beheizten Zimmer oder in der Wasserwechselzone eines Beckens befindet. Auch die Stadtatmosphäre ist z. B. aggressiver als die Landluft. Begehen oder Befahren sind starke mechanische Beanspruchungen.

Um den Korrosionsschutz auf Kläranlagen leichter und übersichtlicher überwachen zu können, hat der DWA-Landesverband Bayern eine Korrosionsschutzkarte nach dem Muster der Maschinenwartungskartei herausgegeben (beziehbar beim F. Hirthammer Verlag).

Auch Betonbauwerke sind der Korrosion ausgesetzt. Bei Stahlbeton gilt das vor allem für die Bewehrung. Meist wird zuerst eine Rostfahne sichtbar; dann platzen Betonteile ab. Um solche Schäden dauerhaft instand zu setzen, wird empfohlen Fachfirmen einzusetzen. Salz greift den Beton an, deshalb dürfen keine Auftausalze verwendet werden. Dies gilt besonders für Beckenränder, auf denen die Räder der Räumerbrücken laufen.

Holz muss ebenfalls regelmäßig vor Witterungseinflüssen durch Anstriche geschützt werden.

Es ist nicht richtig, diese Aufgabe durch das Betriebspersonal einer Kläranlage ausführen zu lassen; dazu werden Firmen herangezogen. Aber es ist Aufgabe des Betriebpersonal darauf zu achten, wann solche Arbeiten notwendig werden und dann den Dienstherrn darauf aufmerksam zu machen.

Zur Instandhaltung von Außenanlagen gehören neben den Bauwerken auch folgende Anlagenteile:

Straßen und Wege

Dazu gehören auch Laufstege, Treppen, Leitern und Abdeckungen. Sie müssen sauber gehalten werden und sicher benutzbar sein. Schadenstellen müssen gemeldet und u. U. gesichert und beseitigt werden. Leitern z.B. sind in bestimmten Zeitabständen durch eine Fachkraft zu überprüfen. Auf Wegen dürfen keine Gegenstände liegen bleiben. Im Herbst muss das Laub entfernt werden, im Winter Schnee und Eis; möglichst ohne Salz.

Umzäunung

Die Umzäunung muss den Zutritt von Unbefugten aus Sicherheitsgründen verwehren. Das Tor muss verschlossen bleiben, damit niemand unbeaufsichtigt das Gelände betreten kann. Der Zaun muss in regelmäßigen Abständen nachgesehen werden. Schäden sind zu melden, zu sichern und möglichst bald zu beseitigen.

Beleuchtung

Die Beleuchtung soll bei Dunkelheit unfallfreies Betreten des Geländes und die Benutzung von Räumen ermöglichen. Deshalb muss auch ein Schalter am Einfahrtstor angebraucht sein. Nicht ständig benutzte Beleuchtungseinrichtungen sind wöchentlich auf ihre Funktion zu prüfen. Beschädigte Beleuchtungskörper sind zu melden; in einfachen Fällen sind die Leuchtmittel auszuwechseln.

Grünanlagen

In Kläranlagen gibt es häufig ziemlich große Flächen, auf denen

Gras, Sträucher, Bäume oder Blumen angepflanzt sind. Diese Anpflanzungen müssen gärtnerisch betreut werden, entweder vom gemeindeeigenen Gärtner oder einer Firma. Das Gelände sieht sonst rasch verwahrlost aus. Die Betreuung der Grünanlagen ist sehr arbeitsintensiv.

Die Bepflanzung darf den Kläranlagenbetrieb nicht stören. Deshalb ist in der unmittelbaren Nähe von Becken oder Tropfkörpern eine Bepflanzung mit Sträuchern, Bäumen oder Blumen unzweckmäßig. Besonders Laubbäume in Beckennähe können im Herbst viel zusätzliche Arbeit und manchmal sogar Betriebsstörungen verursachen. Es versteht sich von selbst aus hygienischen Gründen, dass kein Obst und Gemüse angepflanzt werden darf.

Die meiste Arbeit erfordert oft das Grasmähen. Böschungen können hier Schwierigkeiten bereiten. Hier helfen manchmal sogenannte Motorsensen. Hecken brauchen Pflege, wenigstens einmal im Jahr müssen sie geschnitten werden.

Unkrautbekämpfungsmittel sollen auch wegen der Vergiftungsgefahr der Mikroorganismen nicht eingesetzt werden.

Ungeziefer

Ungeziefer in Abwasseranlagen ist eine Frage der Sauberkeit! Gegen Möwen- oder Taubenplage hilft der gelegentliche Einsatz eines Falkners.

Von den Insekten können vor allem die Fliegen lästig werden. Die üblichen Fliegen treten meistens nur auf, wenn Rechengut oder Sandfanggut offen herumliegt. Absackeinrichtungen, Container mit Deckel helfen hier. Die Psychoda-Fliege am Tropfkörper ist an sich harmlos, kann aber in größeren Schwärmen vom Wind verblasen werden. Gegenmaßnahmen sind in den Wartungshinweisen zum Tropfkörper aufgezeigt.

Eine gezielte Rattenbekämpfung ist oft nicht zu vermeiden. Ratten übertragen die Erreger der Weil'schen Krankheit. Rechtliche Grundlage sind die gesetzlichen Bestimmungen im Infektionsschutzgesetz (IfSG).

Ratten halten sich in der Regel in der Kanalisation auf. Sie

kommen nur ins Freie, wenn es dort etwas zu fressen gibt. Wichtigste Regel ist daher Sauberkeit. Arbeitsgeräte sollen nicht herumliegen sondern hochgelagert werden, um den Ratten nicht zugänglich zu sein. Auch Rechengut gehört in abgedeckte Container.

Ratten können in der Kanalisation vertrieben werden, indem man ihnen die Nistplätze nimmt. Das sind vor allem aufgelassene Kanalhaltungen oder stillgelegte Hausanschlussleitungen und Abzweige. Mit einer einzigen Gegenmaßnahme ist es aber meistens nicht getan. Ist eine gezielte Bekämpfung erforderlich, muss sie fachgerecht ausgeführt werden, da die Mittel, die dabei eingesetzt werden, selbst ein Gefahrenpotential für Mensch und Tier sind. Die einschlägigen landesrechtlichen Regelungen zum Vollzug des Tierschutzgesetzes sind zu beachten.



Bild 10.20: Möwendraht gegen den Anflug der Vögel

11. Arbeitsschutz

Arbeitsschutz ist ein umfassender Begriff für alle Maßnahmen, die der Sicherheit am Arbeitsplatz zum Schutz der Beschäftigten dienen. Dazu gehören Arbeitshygiene ebenso wie ärztliche Vorsorgeuntersuchungen, Unfallverhütungsmaßnahmen, Rettungseinrichtungen und Kurse zur Ausbildung in Erste Hilfe.

11.1 Gesetze, Arbeitssicherheitsvorschriften

Die Sicherheit am Arbeitsplatz ist nur gewährleistet, wenn auch die einschlägigen rechtlichen Bestimmungen beachtet werden:

- Gesetz des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit:

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Arbeitsstätten-verordnung (ArbStättV)	Betriebssicherheits-verordnung (BetrSichV)	Biostoff-verordnung (BioStoffV)

- Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen:

Chemikaliengesetz (ChemG)

Gefahrstoff-verordnung (GefStoffV)	Betriebssicher-heitsverordnung (BetrSichV)	Biostoff-verordnung (BioStoffV)

- Gesetz über technische Arbeitsmittel:

Gerätesicherheitsgesetz (GSG)

- Gesetz zur Verhütung von Infektionskrankheiten beim Menschen:

Infektionsschutzgesetz (IfSG)

Bei der Durchführung der Arbeitssicherheit und der Unfallverhütung sind die a.a.R.dT. – wie das DWA Regelwerk [1], DIN-Normen, VDE-Bestimmungen usw. – zu berücksichtigen. Auch die berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften (UVV) sind entsprechend den besonderen Betriebsverhältnissen anzuwenden. Schriften mit GUV-Bestell-Nr. können beim örtlich zuständigen Gemeindeunfallversicherungsverband bezogen oder im Internet unter: www.unfallkassen.de abgerufen werden.

Titel	Nr. GUV
UVV Allgemeine Vorschriften	V A1
UVV Elektrische Anlagen und Betriebsmittel	V A2
UVV Abwassertechnische Anlagen	V C5
UVV Lärm	V B3
UVV Arbeiten mit Flüssigkeitsstrahlern	V D15
Sicherheitsregeln für Abwasserbehandlungsanlagen - Bau und Ausrüstung -	
Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)	R 104
Sicherheitsregeln für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen	R 126
Sicherheitsregeln für Steigeisen u. Steigeisengänge	R 177
Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz	R 198
Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen zum Halten und Retten	R 199
Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung	V A4
UVV Erste Hilfe	V A5
Umgang mit biologischen Arbeitstoffen in abwassertechnischen Anlagen	R 145
Verbandbuch (DIN A 5 - kartoniert)	I 511-1
Arbeitsmedizinische Vorsorge und Beratung im Abwasserbereich	I 8521

*) R = Regeln; I = Information; V = Vorschriften

11.2 Vollzugshinweise

Gefährdungsbeurteilung

Entsprechend § 5 ArbSchG ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Gefahren der Beschäftigten bei ihrer Arbeit möglichst gering zu halten und die Möglichkeiten einer Gefährdung aufzuzeigen. Bei der Ermittlung dieser Gefährdungen kann es hilfreich sein, die Fachkraft für Arbeitssicherheit oder einen Sicherheitsingenieur beizuziehen. Insbesondere zu Fragen des Unfallschutzes ist dies zu empfehlen.

Einzelheiten bei der Beurteilung des *Arbeitsplatzes* regelt die Arbeitsstättenverordnung. Ein Kriterium dabei ist die Festlegung der Tätigkeiten in „normale" und in „gefährliche" Arbeiten. Normale Arbeiten auf Abwasseranlagen sind z. B. Kontrollgänge, bei denen keine Absturzgefahr besteht. Gefährliche Arbeiten hingegen sind in der ArbStättV und in den UVV definiert, z. B. Arbeiten an offenen Becken oder das Einsteigen in Schächte. Dafür ist mindestens eine zweite Person erforderlich. Die zweite Person kann bei gefährlichen Arbeiten nicht durch Ersatzmaßnahmen (wie Benutzen eines Personensicherungssystems oder eines Handy) eingespart werden. Dies gewährleistet nicht die geforderte Sicherheit und ist deswegen nicht zulässig.

Bei der Beurteilung der *Arbeitsmittel* ist die Betriebssicherheitsverordnung anzuwenden. Schließlich ist die Gefährdungsbeurteilung im *Gesundheitsbereich* in der Biostoffverordnung festgelegt (§§ 5 bis 8 BioStoffV). Speziell diese Richtlinie enthält Mindestvorschriften, mit denen das erforderliche Niveau an Gesundheitsschutz erreicht werden kann. Für die Beschäftigten von Abwasseranlagen ist i. d. R. die Risikogruppe 2 der BioStoffV zutreffend. Eine wirksame Vorbeugung in dieser Gruppe 2 wird erreicht, wenn der betroffene Personenkreis die üblichen hygienischen Regeln beachtet.

Die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung sind zu dokumentieren. Sie geben dem Arbeitgeber wichtige Erkenntnisse, um die notwendigen Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen und der gesundheitlichen Belastung ergreifen zu können.

Unterweisung

Der Arbeitgeber hat das Betriebspersonal über die bei den Arbeiten auftretenden Gefahren sowie über Schutzmaßnahmen zu informieren (§ 12 ArbSchG). Diese sog. Unterweisung ist nicht nur bei der Einstellung vorzunehmen, sondern regelmäßig zu wiederholen. Die Betriebsanweisung kann als Grundlage hilfreich sein, da hier i. d. R. Verhaltensmaßnahmen beschrieben sind, wie man sich vor Unfall- und Gesundheitsgefahren schützen kann. Um die Bedienung der Sicherheitseinrichtungen richtig vornehmen und Maßnahmen im Gefahrenfall zielsicher ergreifen zu können, sind praktische Übungen empfohlen. Sie sind wesentlich einprägsamer und nachhaltiger als mündliche Erklärungen.

Die Unterweisung ist von einer fachkundigen Person vorzunehmen, die vom Arbeitgeber schriftlich beauftragt wurde. Die Durchführung der Unterweisung muss schriftlich festgehalten und durch die Teilnehmer gegengezeichnet werden.

11.3 Arbeitshygiene

Vor der Einführung der Schwemmkanalisation im 19. Jahrhundert brachen in vielen Städten Epidemien aus. Ursache war meistens Trinkwasser, das durch Abwasser verunreinigt war.

Das Ableiten und Reinigen von Abwasser dient nicht nur dem Gewässerschutz, sondern in hohem Maße der Gesundheitsvorsorge (Hygiene). Die Abwasserbeseitigung trägt dazu bei, Infektionen bei Mensch und Tier zu verhindern. Ohne die Beachtung und Befolgung der Hygienevorschriften ist die Infektionsgefahr sehr groß. Infektionen können z. B. ausgelöst werden durch

- unmittelbaren Kontakt von Kranken und Gesunden;
- indirekte Übertragung von Mensch zu Mensch über Wäsche, Essgeschirr, verunreinigte Nahrungsmittel;
- tierische Zwischenwirte (z. B. Ratten).

In kommunalem Rohabwasser sind in 1 ml mehr als 1 Million Bakterien (Keime) enthalten. Die überwiegende Anzahl ist für

den Menschen unschädlich. Bacterium coli, das aus dem Darm z. B. vom Menschen stammt, wird als „Anzeiger für eine Abwasserverunreinigung" in der Bakteriologie verwendet. Bakterium coli verursacht unter bestimmten Voraussetzungen auch beim Menschen Infektionen. Kommunales Abwasser kann jedoch auch Krankheitserreger, und zwar Bakterien, Viren sowie Eier von Eingeweidewürmern enthalten. Diese Krankheitserreger werden auch pathogene Keime genannt. Pathogen heißt krankheitserzeugend.

Beschäftigte auf Abwasseranlagen unterliegen zwangsläufig einer gewissen Gefährdung, da der Kontakt mit Abwasser oder Klärschlamm kaum zu vermeiden ist. Es ist daher wichtig, wirkungsvolle Schutzmaßnahmen vorzunehmen und die elementaren hygienischen Verhaltensregeln am Arbeitsplatz zu beachten.

11.3.1 Krankheitserreger

Krankheitserreger in Abwasser und Schlamm

Zu den wichtigsten Gruppen der Krankheitserreger gehören

1. Pathogene Bakterien:

Bakterien der Salmonellen-Gruppe; sie rufen Typhus, Paratyphus und Salmonellen-Erkrankungen hervor.

Ruhr-Bakterien; sie verursachen Ruhr-Erkrankungen (starker Durchfall, Darmbluten u. a.).

Tuberkulose-Bakterien; sie verursachen verschiedene Krankheitserscheinungen, von denen die Lungentuberkulose die bekannteste ist.

Die Weil'sche Krankheit ist eine meldepflichtige Infektionskrankheit. Hervorgerufen wird sie durch einen korkenzieherartigen Erreger (Leptospira). Nach einer Inkubationszeit von 1 bis 2 Wochen bricht hohes Fieber mit Schmerzen, besonders heftigen Wadenschmerzen aus, wozu bald Gelbsucht, Nierenentzündung und Milzschwellung treten. Die Sterblichkeitsrate liegt bei 10 bis 20%. Die Erreger gelangen über infizierten Ratten-Urin ins Abwasser oder auf Gegenstände und können bei Be-

rührung bereits durch kleine Hautverletzungen in den menschlichen Körper eindringen.

Tetanus-Bakterien rufen den Wundstarrkrampf hervor. Es ist keine typische Krankheit, die durch Abwasser übertragen wird, sondern eine Wundinfektion. Sie wird durch ein Bakterium verursacht, das oft in Erde und an Holz vorkommt. Bei Hautverletzungen und offenen Wunden ist man durch diese Infektion gefährdet.

2. Viren:

Auch Viren treten im Abwasser auf, besonders solche, die ihren Sitz im Darm haben. Der wichtigste Vertreter ist das Poliomyelitis-Virus, welches die spinale Kinderlähmung hervorruft. Andere im Abwasser vorkommende Viren können vor allem bei Kindern fieberhafte Erkrankungen hervorrufen. Auch gewisse Formen der Gelbsucht (Hepatitis) sind auf Viren zurückzuführen.

Nach heutigen Erkenntnissen sind AIDS-Viren (HIV) durch Abwasser nicht übertragbar.

Grippeviren können ebenfalls vorkommen. Eine Infektion ist z. B. beim Einatmen größerer Aerosolmengen denkbar. Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand „überlebt" das Schweinegrippe-Virus H1N1 im Medium Abwasser nicht länger als bereits bekannte Influenza-Viren. Daher ist davon auszugehen, dass die im Abwasserbereich üblichen Hygienemaßnahmen ausreichend sind, um einer Infektion vorzubeugen.

Im Zusammenhang mit der BSE-Krise wurde auch über eine mögliche Gefährdung von BSE (Bovine Spongiforme Enzephalopathie) durch die Abwasser- und Schlammverwertung diskutiert. Es konnten aber weder BSE-Erreger im Abwasser noch im Klärschlamm nachgewiesen werden.

3. Wurmeier:

Eier parasitischer Würmer (Bandwurm) sind ebenfalls stets im Abwasser vorhanden. Da sie schwerer als Wasser sind, setzen sie sich in Vorklärbecken ab, werden jedoch in Schlammfaulanlagen nicht abgetötet. In Wasser können sie sich meist Monate, z. T. sogar jahrelang, entwicklungsfähig halten.

Krankheitserreger bei der Abwasserreinigung

Durch die Abwasserreinigung werden zwar Wurmeier aus dem Abwasser entfernt und pathogene Keime um etwa 90 % vermindert. Wegen ihrer großen Zahl sind sie aber auch im Ablauf biologischer Kläranlagen noch nachweisbar.

Der bei Abwasserreinigung anfallende Rohschlamm enthält stets pathogene Keime. Auch im ausgefaulten Schlamm sind sie enthalten, er ist daher ohne besondere Behandlung als „seuchenhygienisch nicht einwandfrei" zu beurteilen. Klärschlamm, der auf 65 bis 70 °C mindestens 20 bis 30 Minuten vor oder nach der Faulung erhitzt wurde („pasteurisierter Schlamm"), mit höheren Temperaturen behandelte Schlämme (= „thermisch konditioniert") oder kompostierter Schlamm sind dagegen seuchenhygienisch weitestgehend unbedenklich.

11.3.2 Hygienische Grundsätze

Trotz der hygienischen Gefährdung des Betriebspersonals vor allem der Kanalarbeiter, ist nach statistischen Unterlagen die Erkrankungshäufigkeit nicht höher als bei anderen Bevölkerungsgruppen. Das beruht vermutlich darauf, dass das Betriebspersonal weniger anfällig gegen Infektionskrankheiten ist, da eine gewisse „Immunisierung" eintritt.

Zwar kommen Erkältungskrankheiten häufiger vor, bei meldepflichtigen Infektionskrankheiten ist jedoch kein signifikanter Unterschied zur restlichen Bevölkerung feststellbar. Es ist allerdings davon auszugehen, dass leichte Infektionen, wie Hautausschläge, Anschwellungen durch Insektenstichen oder Übelkeiten über den Hausarzt oder durch Selbsthilfe behandelt werden und damit statistisch nicht erfasst werden.

Der beste Schutz gegen Ansteckung ist die persönliche Hygiene. Erstes Gebot ist daher peinliche Sauberkeit.

1. Stets Schutzkleidung tragen. Nicht mit der Arbeitskleidung ins Wohnhaus gehen. Die Schutzkleidung nicht im eigenen Haushalt waschen.

2. Der Arbeitgeber hat die Schutzkleidung in erforderlicher Stückzahl zu stellen und auch für deren Reinigung zu sorgen. Wird die Reinigung nicht in einer Zentralwäscherei vorgenommen, muss auf der Kläranlage eine Waschmaschine dafür aufgestellt werden.
3. Bei schmutzigen Arbeiten sind Gummihandschuhe zu tragen. Hierzu gehören besonders Arbeiten, bei denen die Berührung mit Abwasser, Abwasserschlamm oder Rechengut zu befürchten ist.
4. Nach dem Arbeitsende unbedingt duschen und die Kleidung einschließlich Unterwäsche und Strümpfe wechseln. Die Schutzkleidung ist getrennt von der Zivilkleidung aufzubewahren (Doppelspind).
5. Nach einem direkten Kontakt mit Abwasser und vor jedem Essen die Hände mit Seife und Handbürste waschen, danach ggf. mit Desinfektionslösung auf Alkoholbasis (z. B. Sterillium, Septical) in der vorgeschriebenen Konzentration behandeln und mit klarem Wasser nachspülen. Zum Abtrocknen sollten nur Papierhandtücher benutzt werden. Vor Beginn der Arbeit sind Hautschutzmittel und nach jedem Händewaschen Pflegemittel anzuwenden; sie sollen in Apotheken bezogen werden.
6. Mahlzeiten dürfen nicht in Arbeitsräumen eingenommen werden, sondern in einem gesonderten Raum. Ist dies nicht möglich, muss wenigstens ein eigener Tisch vorhanden sein, der nicht mit Abwasserproben in Berührung kommt.
7. Rechengut darf nie frei herumliegen (Fliegen, Ratten, Möwen).
8. Ist die Abwasseranlage mit Ratten befallen, muss eine gezielte Bekämpfung durchgeführt werden (Bild 11.1). Der Umgang mit den Fraßködern erfordert eine bestätigte Sachkenntnis (Abschnitt 10.7, Ungeziefer).
9. Auch kleinste Verletzungen sollten versorgt werden. Sie sind mit einer geeigneten antiseptischen (keimfrei machenden) Tinktur (aus der Apotheke) zu desinfizieren (Jodtinktur ist nicht ratsam). Nie mit offenen (nicht verbundenen) Hautwunden auf der Kläranlage oder im Bereich des Kanalnetzes arbeiten! Verletzungen (auch aus Versicherungsgründen) vom Arzt behandeln lassen. Bei kleineren Wunden, bei denen kein Arzt aufgesucht wird, Zeitpunkt, Art und Ursache der Verletzung schriftlich festhalten (Verbandbuch im Erste-Hilfe-Kasten).



Bild 11.1: Ratten können zur Plage werden

Die *Wasch- und Rüstzeiten* gehören im Bereich der Abwasserbetriebe zur Arbeitszeit, denn die Arbeitsschutzbestimmungen fordern ein hohes Maß an Hygiene. Abwasserbetriebe sind nach der BioStoffV der Risikogruppe 2 zugeordnet, d. h. eine wirksame Vorbeugung ist erforderlich. Schutzkleidung, Reinigung und Desinfektion sind wesentliche Bestandteile des Hygieneschutzes für Mitarbeiter und ihrer Angehörigen. Der Verbleib und die Reinigung von Schutzkleidung im Betrieb sind unbedingt erforderlich. Nach Art. 8 Abs. 3 der EU-Richtlinie 2000/54 und § 3 Abs. 3 ArbSchG dürfen entsprechende Maßnahmen nicht zu Lasten des Arbeitnehmers gehen.

Folgende Arbeitschutzregelungen sind einschlägig:

- EU-Richtlinie 89/391/EWG: Artikel 6 und Artikel 13
- EU-Richtlinie 2000/54/EG: Artikel 6 und Artikel 8
- Arbeitsschutzgesetz: § 3
- Biostoffverordnung: § 11
- Arbeitsstättenverordnung: § 6
- GUV-V C5 Abwassertechnische Anlagen: § 21 und § 27

Bei verdächtigen Krankheitserscheinungen sollte der Beschäftigte unbedingt einen Arzt aufsuchen und dabei auf seine Tätigkeit in der Abwasseranlage hinweisen. Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten zu ermöglichen, sich regelmäßig arbeitsmedizinisch untersuchen zu lassen (§ 11 ArbSchG), um Krankheiten, z. B. chronische Hautaffektionen, möglichst früh zu erkennen. Die Vorsorgeuntersuchung kann vom Hausarzt oder vom Betriebsarzt vorgenommen werden. Die Kosten der ärztlichen Untersuchungen, einschließlich eines Impfangebotes, trägt der Unternehmensträger. Die Untersuchung ist freiwillig, doch sollte jeder Beschäftigte aus eigenem Interesse von diesem Angebot Gebrauch machen. Bei Einstellungsuntersuchungen ist nach zwei Monaten eine Kontrolluntersuchung notwendig, um mögliche allergische Reaktionen frühzeitig zu erkennen.

Mindestens alle drei Jahre sollte die Vorsorgeuntersuchung wiederholt werden. Dazu wird empfohlen:

- Blutuntersuchung: Hämoglobin, Blutsenkungsgeschwindigkeit, Erythrozyten, Leukozyten, Differentialblutbild;
- Urin: auf Eiweiß, Zucker, Urobilinogen;
- Leberstatus: Transaminasen, Nachweis von Anti Hbc (wenn nicht schon früher untersucht und positiv befunden);
- Hautuntersuchung unter besonderer Berücksichtigung allergischer Symptome;
- Untersuchung des Respirationstraktes;
- Überprüfung des Impfstatus: Ein ausreichender Impfschutz gegen Tetanus (Wundstarrkrampf) ist zwingend erforderlich.

- Bei Beschäftigten im Abwasserbereich, besonders bei Kanalarbeitern, ist auch eine Impfung gegen Hepatitis A und B (als Mehrfachimpfung) wünschenswert.

Durch persönliche Sauberkeit und eine gepflegte Kläranlage schützt sich das Betriebspersonal und hilft auch seinem Berufsstand bei der Bevölkerung an Ansehen zu gewinnen.

11.4 Unfallverhütung

11.4.1 Die gesetzliche Unfallverhütung

Beschäftigte in einem *Arbeits- oder Ausbildungsverhältnis* sind ohne Rücksicht auf Staatsangehörigkeit, Alter und Einkommenshöhe *kraft Gesetzes* gegen die Folgen von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten versichert (§ 539 Abs. 1 Reichsversicherungsordnung (RVO)). Zu dem versicherten Personenkreis gehört auch das Betriebspersonal von Abwasseranlagen.

Die gesetzliche Unfallversicherung ist, wie die gesetzliche Krankenversicherung, ein Zweig der *Sozialversicherung*. Sie ist eine Pflichtversicherung. Gesetzliche Grundlage der Unfallversicherung ist das *Sozialgesetzbuch* (SGB) mit der *Reichsversicherungsordnung* (RVO). Der Abschluss privater Unfall- und Haftpflichtversicherungsverträge beeinflusst und ersetzt nicht die Versicherung in der gesetzlichen Unfallversicherung.

Träger der gesetzlichen Unfallversicherung sind die Berufsgenossenschaften und die Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand. Die Berufsgenossenschaften sind fachlich nach Gewerbezweigen, gegliedert. Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand sind der Bund, die Länder, die Gemeindeunfallversicherungsverbände und bestimmte Gemeinden (Städte mit Eigenunfallversicherung). Die Aufgaben des Bundes, der Länder und der Gemeinden nehmen die hierfür bestimmten Ausführungsbehörden wahr. Gemeindeunfallversicherungsverbände sind Zusammenschlüsse von Gemeinden.

Die *Berufsgenossenschaften und die Gemeindeunfallversicherungsverbände* sind Körperschaften des öffentlichen Rechts mit

Selbstverwaltung. Ausführungsbehörden sind dem Träger der Unfallversicherung (Bund, Land, Gemeinde) nachgeordnete Dienststellen. Jeder Unternehmer ist Kraft Gesetzes Mitglied des für ihn nach der Art des Unternehmers zuständigen Unfallversicherungsträgers. Die Mittel zur Deckung der Aufwendungen der Unfallversicherungsträger werden allein von den Unternehmern aufgebracht.

Aufgaben der gesetzlichen Unfallversicherung

Aufgabe der gesetzlichen Unfallversicherung ist es

- Arbeitsunfälle zu verhüten *)
- nach Eintritt eines Arbeitsunfalls Betroffene zu entschädigen.

*) Unter dem Oberbegriff „Arbeitsunfall" werden die Arbeitsunfälle, Wegeunfälle und die Berufskrankheiten zusammengefasst.

Oberstes Gebot ist die Vermeidung. Die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung haben mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen und für eine wirksame Erste Hilfe zu sorgen (§ 546 RVO).

Dazu erlassen die Träger der gesetzlichen Unfallversicherungen Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und Sicherheitsregeln. Diese sind sowohl von den Leitern der Verwaltungen und Betriebe oder von ihren Beauftragten als auch von den Versicherten zu beachten.

Verstoßen Mitglieder oder Versicherte vorsätzlich oder fahrlässig gegen Unfallverhütungsvorschriften, kann der Vorstand des Unfallversicherungsträgers eine Geldbuße bis zu 10 000,- € festsetzen.

Durch fachlich vorgebildete technische Aufsichtsbeamte haben die Unfallversicherungsträger die Durchführung der Unfallverhütung zu überwachen und ihre Mitglieder zu beraten. Die Maßnahmen zur Unfallverhütung sind vom Leiter des Betriebes bzw. dem von ihm Beauftragten verantwortlich durchzuführen.

Leistungen nach Eintritt eines Arbeitsunfalls

Ein Arbeitsunfall ist dann gegeben, wenn ein Versicherter in einem direkten Zusammenhang mit seiner beruflichen oder sonst versicherten Tätigkeit einen Unfall erleidet. Merkmale für einen Arbeitsunfall sind

- es muss ein Gesundheitsschaden vorliegen,
- das Ergebnis muss zeitlich begrenzt sein,
- es muss eine äußere Einwirkung gegeben sein.

Sind die Merkmale gegeben, deckt die gesetzliche Unfallversicherung alle bei dem Arbeitsunfall eingetreten Körperschäden. Eigenes Verschulden ist dabei ohne Belang, es sei denn, der Unfall wurde absichtlich herbeigeführt. Schmerzensgeld und Ersatz von Sachschäden werden auf Grund der Bestimmungen der RVO nicht gewährt. Die Leistungen umfassen bestmögliche Heilbehandlung ohne zeitliche Begrenzung sowie Berufshilfe und Rente. Unter die Berufshilfe fallen auch Leistungen, die erforderlich sind, einem Verletzten die Wiederaufnahme seines früheren Berufes zu ermöglichen. Sollte das nicht durchführbar sein, ist der Weg zur Aufnahme eines anderen, möglichst gleichwertigen Berufes zu unterstützen (Rehabilitation). Verletztenrente wird gewährt, wenn der Unfall zu einer Minderung der Erwerbstätigkeit von mindestens 20 v. H. über die 13. Woche nach dem Unfall hinaus geführt hat.

11.4.2 Maßnahmen zur Unfallverhütung

Die Durchführung der Unfallverhütung im Bereich der Abwasseranlagen ist ein umfangreiches Gebiet.

Die Unfallverhütungsvorschriften können kostenfrei beim Gemeindeunfallversicherungsverband bzw. bei der Berufsgenossenschaft bezogen werden. Aus den Unfallverhütungsvorschriften „Abwassertechnische Anlagen" (GUV-V C5) und den „Sicherheitsregeln für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen" (GUV-R 126) werden im Folgenden einige wichtige Unfallverhütungsmaßnahmen beschrieben.

Becken und Gerinne

Bei offenen *Becken* ohne umlaufende Räumer gibt es keinen Grund auf eine ausreichende Absturzsicherung zu verzichten. An Becken mit Räumer ist eine Absturzsicherung nicht so einfach möglich und könnte neue Gefahrenstellen schaffen, z. B. Quetsch- und Scherstellen bei einem Geländer oder einer Umzäunung. Da die Absturzsicherung nicht unbedingt aus einem Geländer bestehen muss, können Lösungsmöglichkeiten überlegt werden, die auf den Einzelfall zugeschnitten sind (Bild 11.2).



Bild 11.2: Absturzsicherung an Becken

Wenn nach den Anforderungen der ArbStättV eine Absturzsicherung für ein *Gerinne* erforderlich ist, ist diese i.d.R. auch unproblematisch anzubringen (Geländer, Abdeckung). Bei Abwasserteichen sind meist keine Absturzsicherungen vorhanden und überwiegend auch nicht erforderlich.

Notwendig sind sie direkt an Verkehrswegen sowie an Probenahmestellen. Bei Arbeiten an Becken, die nicht mit Geländer gesichert sind, ist das Tragen von ohnmachtsicheren, vollautomatisch aufblasbaren Rettungsschwimmkragen erforderlich.

Alle Arbeiten an offenen Becken, Gerinnen und Pumpensümpfen sind wegen der Absturzgefahr als gefährlich einzustufen. Hier sollte nie alleine gearbeitet werden. Bei einem Sturz in ein belüftetes Belebungsbecken ist die Gefahr des Ertrinkens sehr groß. Durch den Lufteintrag in das Wasser ist der menschliche Körper schwerer als das Wasser-Luft-Gemisch, wodurch das Schwimmen sehr erschwert ist. Meist gibt es in Belebungsbecken starke Strömungen. An Belebungsbecken müssen allseitig Absturzsicherungen – z. B. Geländer – angebracht sein.

Arbeitsplätze an Räumern und Rechen

Ablaufrinnen und Beckenteile in Klärbecken sind meist zur Reinigung nicht begehbar, und müssen von den Räumerbrücken aus gewartet werden. Für diese Wartungsarbeiten sind gesicherte Standplätze anzubringen. Auf keinen Fall dürfen Trennwände in Becken als Standplätze benutzt werden.

Auch die Antriebe von Rechenanlagen müssen regelmäßig gewartet werden. Oft liegen die Antriebsmotoren und Getriebe so hoch, dass sie vom Fußboden aus nicht erreicht werden können. Für Arbeiten an hochgelegenen Antriebseinheiten sind gesicherte Standplätze vorzusehen, z. B. Wartungsbühnen.

Arbeits- und Verkehrsbereich sowie Grünanlagen

Häufig ereignen sich Unfälle in Kläranlagen durch Stolpern und Ausrutschen im Arbeits- und Verkehrsbereich. Das Personal muss darauf achten, dass alle Arbeits- und Verkehrsbereiche von Verschmutzungen, wie Abwasser, Schlamm, freigehalten werden. Bei Schnee und Eis ist die Trittsicherheit erforderlichenfalls durch Streuen von abstumpfenden Mitteln (wie Sand) zu gewährleisten.

Bei der Pflege der Grünanlagen in Kläranlagen werden meist Motorrasenmäher verwendet, dabei sind Sicherheitsschuhe zu

tragen. Vor allem beim Rasenmähen auf oft unebenem Gelände ist die Gefahr groß, dass bei Stürzen die Füße durch das rotierende Mähmesser verletzt werden.

Schächte, Pumpensümpfe, Kanäle

Zum Heben und Entfernen der Schachtabdeckungen sind geeignete Deckelheber zu benutzen, um Finger- und Handverletzungen sowie Rückenprobleme zu vermeiden.



Bild 11.3: Deckelheber für Schachtabdeckungen (Fa. Bischof)

Beim Einsteigen und Arbeiten in Bauwerken unter Erdgleiche muss immer mit dem Auftreten von giftigen und explosiblen Gasen sowie mit Sauerstoffmangel gerechnet werden. Vor dem Einsteigen sind Schächte und Kanäle ausreichend zu belüften. In der warmen Jahreszeit, wenn Schacht- und Kanalatmosphäre kühler als die Umgebungsatmosphäre ist, reicht die natürliche Lüftung nicht aus. Dann ist eine technische Lüftung mit teils Kanallüftern mit Frischluftzufuhr zur Arbeitsstelle hin vorzunehmen. Sie kann als ausreichend angesehen werden, wenn

- bei Kanälen je m^2 Kanalquerschnitt ein Luftstrom von 600 m^3/h und
- bei sonstigen Bauwerken, wie Pumpensümpfen u. ä. ein sechs- bis achtfacher Luftwechsel pro Stunde erreicht wird.

Vor dem Einsteigen und Begehen sowie während der Arbeiten ist durch Messungen die Atmosphäre zu prüfen. Für diese Prüfung sind Gasmessgeräte einzusetzen, die mit einem einzigen Messgerät mehrere Gase messen.

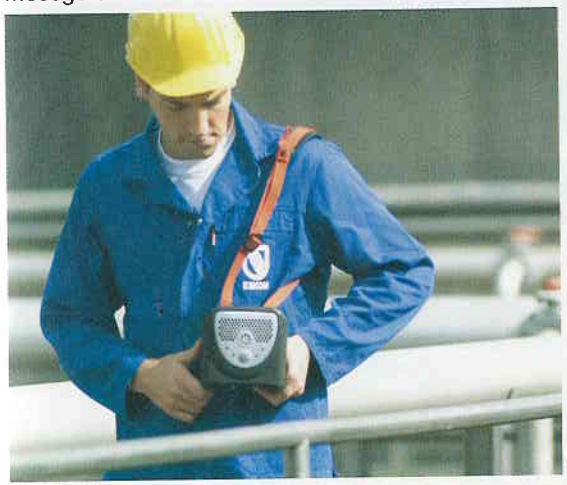


Bild 11.4: Gaswarngerät (Fa. Dräger)

Nach der GUV-Richtlinie R 126, Anhang 2 sind 4-fach Gaswarngeräte (Bild 11.4 und Bild 11.5) vorgeschrieben, die folgende Gase messen können:

- Sauerstoffmangel (O_2)
- Kohlendioxid (CO_2)
- Schwefelwasserstoff (H_2S)
- Methan (CH_4) und Benzine.

Diese Gaswarngeräte müssen nach der Europäischen Richtlinie 94/9/EG zugelassen und die Prüfvorschriften der ATEX erfüllen. Die Geräte haben nur eine begrenzte Betriebszeit und sind regelmäßig zu überprüfen, bzw. zu kalibrieren. Die empfohlenen

Wartungsintervalle der Herstellerfirmen sind aus Sicherheitsgründen unbedingt zu beachten. Unabhängig davon muss es der Benutzer vor dem Einsatz testen. Beim Kauf eines Gaswarngerätes ist darauf zu achten, dass nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch die Folgekosten durch Prüfung und Wartung verglichen werden.



Bild 11.5: Einstieg in den Schacht (Fa. Bischof)

Grundsätzlich trägt jeder Einsteigende einen Rettungsgurt nach DIN 7478 oder eine Arbeitshose mit eingearbeitetem Rettungsgurt (Bild 11.5). An den Gurt ist in der in Nackenhöhe befindlichen Befestigungsöse ein Sicherheitsseil anzubringen, wenn der Schacht tiefer als 2 m ist. Das Ende des Sicherheitsseiles ist oberhalb der Einstiegsstelle an einem Dreibock mit Fallschutzsicherung zu befestigen. Als Schutzkleidung sind Sicherheitsschuhe, Schutzhelm sowie ein Selbstretter vorgeschrieben.

Beim Einsteigen und Arbeiten in Schächten steht zur Sicherung und Rettung eine weitere Person in Sichtverbindung bereit; diese darf sich nicht im Schacht befinden. Beim Begehen von Kanälen muss eine dritte Person auf der Schachtsohle in ständiger Sichtverbindung mit der Person über Tage stehen. Um den Einsteigenden bei Gefahr wieder schnell aus dem Schacht heben zu können, ist über Tage ein Rettungshubgerät bereitzuhalten.



Bild 11.6: Rettungsübung mit fahrbarem Dreibock (Fa. Bischof)

Es ist notwendig, in regelmäßigen Abständen Rettungsübungen durchzuführen und die Bergung eines Unfallopfers aus dem Schacht zu simulieren (Bild 11.6). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind für den Ernstfall von unschätzbarem Wert.

Lärmbereich

Durch Gebläse, Gasmotoren und Kompressoren entstehen in vielen Kläranlagen lärmintensive Betriebsteile. Lärmmessungen belegen, dass in diesen Betriebsteilen ein Lärm auftritt, bei dem ein Lärmpegel von 85 dB (A) überschritten wird.

Bei diesem Lärmpegel können bereits Gehörschäden entstehen. Die hochempfindlichen Nervenzellen des menschlichen

Gehörs sind daher unbedingt vor dieser Überbeanspruchung zu schützen. Über einen längeren Zeitraum gesehen besteht sonst die Gefahr einer bleibenden nicht mehr heilbaren Gehörschadens.

Bereiche in denen ein Lärmpegel von 85 dB (A) erreicht oder überschritten wird, müssen durch Gebotsschilder „Persönlicher Schallschutz" gekennzeichnet sein. Hier haben die Beschäftigten Schallschutz z. B. Kapselgehörschützer, zu tragen.

Der Unternehmer (Betriebsleiter) hat dafür zu sorgen, dass bei Versicherten, die in Lärmbereichen beschäftigt sind, regelmäßig Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden.

Explosible Gase

Durch die Einleitung von brennbaren Flüssigkeiten, wie z. B. Benzin usw. in das Abwasser, können auf Abwasseranlagen, besonders in unterirdischen sowie umschlossenen Einlaufbauwerken, Rechenanlagen, Sandfängen und Pumpensümpfen explosible Gase auftreten. Um eine Explosionsgefahr zu vermeiden, müssen in diesen geschlossenen Bauwerken Explosionsschutzmaßnahmen getroffen werden.

In Kläranlagen mit Faulgasgewinnung, dessen Hauptbestandteile Methan und Kohlendioxid sind, kann es bei ungünstigem Zusammentreffen mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch geben. Beim Bau und Betrieb der Einrichtungen für die Gaserzeugung, Weiterleitung und Gasspeicherung müssen die Explosionsschutzvorschriften beachtet werden.

11.4.3 Erste Hilfe

Auf jeder Abwasseranlage mit mehr als 1 Person muss ein Ersthelfer zur Verfügung stehen. Für eine wirksame Erste Hilfe ist es notwendig, dass sich auch bei jeder Arbeitsgruppe, die außerhalb der Kläranlage beschäftigt ist, stets ein Ersthelfer befindet, der bei einem Unfall sofort eingreifen kann. Durch die Ausbildung für alle Personen kann dieses Ziel erreicht werden.

Der Arbeitgeber darf als Ersthelfer nur Personen einsetzen, die bei einer von der Berufsgenossenschaft für die Ausbildung zur Ersten Hilfe ermächtigten Stelle ausgebildet worden ist. Die

Ersthelfer sind in Abständen von etwa drei Jahren fortzubilden.

Die Möglichkeit Erste Hilfe herbeizurufen, muss nach der UVV „Erste Hilfe" immer gegeben sein. Daher muss auf einer Kläranlage immer ein Festnetz oder Mobiltelefon vorhanden sein. Die Rettungskette muss festgelegt sein (Betriebsanweisung). Beim Einsatz von Mobiltelefonen ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auch die Funktionsfähigkeit (Funkloch) zu prüfen. Es muss darüber hinaus sichergestellt werden, dass beim Betreten von Ex-Bereich ein Mobiltelefon zuvor abgelegt wird, es sei denn, es ist exgeschützt ausgeführt.

Entsprechend der Zahl der Beschäftigten ist das Erste-Hilfe-Material vorrätig zu halten. Notwendig ist es, bei Kläranlagen mit bis zu 20 Beschäftigten mindestens einen kleinen Verbandkasten nach DIN 13157 bereitzuhalten. Auch jede Arbeitsgruppe, die außerhalb der Abwasseranlage arbeitet, muss dieses Erste-Hilfe-Material mitführen. Es muss jederzeit leicht zugänglich und gegen schädigende Einflüsse geschützt sein. Bei Entnahme von Material ist es wieder sofort zu ergänzen.

Wegen der erhöhten Infektionsgefahr im Bereich von Abwasseranlagen sind offene Wunden, auch kleinerer Art, ernst zu nehmen. Bei größeren Verletzungen sollte zur Behandlung unbedingt ein Arzt aufgesucht werden.

11.4.4 Unfallanzeige

Der Unternehmer hat alle Arbeitsunfälle anzuzeigen, die tödlich verlaufen sind, oder die zu einer Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Tagen geführt haben. Der Unfall ist binnen drei Tagen mit der gesetzlich vorgeschriebenen Unfallanzeige anzuzeigen.

Todesfälle sowie andere schwere Unfälle sind außerdem sofort fernmündlich zu melden. Die Vorschriften über die Anzeigepflicht des Unternehmers gelten bei Berufskrankheiten entsprechend. Grundsätzlich sind über jede Erste-Hilfe-Leistung Aufzeichnungen zu führen. Beim Ausfüllen der Unfallanzeige ist darauf zu achten, dass Unfallereignis und Unfallursache richtig dargestellt werden. Unfallereignisse mit kleinen Verletzungen sind in das *Verbandbuch* einzutragen.

12. Kläranlagenausrüstung

Ein ordnungsgemäßer Kläranlagenbetrieb setzt eine ausreichende Ausrüstung voraus. Je nach Größe und Art wird sie Unterschiede aufzeigen, z. B. sollte bei größeren Kläranlagen bedacht werden, dass regelmäßig mit Besuchergruppen zu rechnen ist. Grundsätzlich ist die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) zu berücksichtigen. Zur Grundausstattung jeder Kläranlage gehört ein Wartenraum (Schaltwarte, Sozialräume mit Sanitäranlagen), ein Geräteraum sowie ein Laborraum und dazu im Einzelnen mindestens folgendes:

Schriftliche Unterlagen:
Betriebsanweisungen, Dienstanweisung des Dienstherrn,
Betriebstagebuch,
Maschinen-Wartungskartei mit Terminplan (Bild 8.1),
Bestandspläne der Kläranlage, Schaltpläne, Erläuterungsbericht,
Übersichtsplan des Kanalnetzes,
Unfallverhütungsvorschriften,
Sicherheitsdatenblätter, Gefahrstoffverzeichnis,
Anleitung zur Ersten Hilfe, Rufnummer eines Arztes/Notarztes,
Anschriften und Rufnummern der zuständigen Fachbehörden,
Alarmplan mit Rufnummern von Feuerwehr, Ölwehr, Katastrophenplan usw.
Entwässerungssatzung,
Abdruck des wasserrechtlichen Bescheides,
Einschlägiges Fachschrifttum, siehe Literaturverzeichnis.

Verbandkasten für Erste Hilfe (siehe Unfallverhütung).

Hygieneausstattung:

Waschgelegenheit (Warmwasser und Dusche), Seife, Handtücher (Papier), Desinfektionsmittel auf Alkoholbasis, Waschmaschine zum Waschen der Arbeitskleidung, denn sie darf aus hygienischen Gründen nicht zu Hause gewaschen werden.

Schreibplatz, Schreibgerät, Taschenrechner, Fernsprecher.

Werkzeugkasten, besser Werkzeugschrank mit Arbeitsbank in der Werkstätte; nicht zu vergessen Schleifpapier und Stahlbürste zum Entrosten, Pinsel und Anstrichmittel.

Die *Werkstätte* ist ebenerdig anzuordnen mit breiter Tür oder Tor ohne Schwelle, direkt nach außen. Dazu gehört ein eigener Lagerraum möglichst neben der Werkstätte, ebenfalls mit ebenerdigem Zugang ohne Schwelle, in dem auch Schubkarren, Reinigungsgeräte, Dampfstrahlgeräte, Ölbindemittel, Schläuche, Tauchpumpe und Ersatzteile sauber und übersichtlich aufbewahrt werden können.

Ersatzteile, Schmiermittel, Öl, Fett, Dichtungen.

Zur Pflege der Außenanlagen:
Sense, Mähmaschine, Heckenschere, Rechen (Harke) für Gras und Laub, Sandschaufel, Kreuzhacke (Pickel), Schubkarren und sonstiges gärtnerisches Arbeitsgerät, Schneeräumer, Streusand, ggf. Streusalzersatz.

Große Schöpfkelle und Kescher mit Teleskopstiel zum Abschöpfen von Schwimmstoffen. Der Kescher dient auch zum Abschöpfen von Ölbindemitteln. Mindestens 5 Sack Ölbinder (schwimmfähig bleibend!) sollten bereitliegen.

Behälter für Altöl und gebundenes Öl

Abdeckbare Behälter für Rechengut, Container

Kanaldeckelheber (Bild 11.3)

Grobe Besen zum Reinigen von Regenüberläufen, Ablaufkanten und Rinnen. Eisenschaber und Gummischaber an langen Stangen zum Abkratzen von Fetträndern und Algenaufwuchs. Für empfindlichere Beläge, Fliesen oder Anstriche sind Gummischaber geeigneter

Dampfstrahlgerät eignet sich besonders gut zur Entfernung von Fetträndern, Algen und Moos

Durchflussproportionale Probenahmegeräte (1 fest eingebautes und 1 tragbares)

Geräte zur Schlammräumung

Rettungshubgerät, Sicherheitsgeschirr (Bild 11.6)
Rettungsschwimmkragen (Bild 12.1)
Gaswarngerät (Bild 11.4)
Atemschutzgerät, Selbstretter
Stableuchte, explosionsgeschützt.



Bild 12.1: Schwimmkragen

Für jeden Beschäftigten der Anlage (antistatische Qualität):

- Schutzhelm,
- Arbeitsanzüge als Schutzkleidung,
- Gummihandschuhe,
- Sicherheitsschuhe, Sicherheits-Gummistiefel,
- Regenbekleidung,
- Sicherheitskleidung für Arbeiten im öffentlichen Verkehr.

Eine Kläranlage müsste über einen Trinkwasseranschluss verfügen. Eine Brauchwasserversorgung aus eigenem Brunnen für Reinigungszwecke von Anlagenteilen ist einzurichten. Auch die Verwendung von gereinigtem Abwasser als Brauchwasser ist zulässig, die gesundheitliche Gefährdung durch Aerosolbildung

ist in geeigneter Weise zu beachten. Die Brauchwasserzapfstellen sind dann mit „Kein Trinkwasser" zu kennzeichnen. Alle Stellen der Anlage, die häufig gesäubert und abgespritzt werden müssen, sollen eine Zapfstelle mit Schlauchanschluss (C oder Geka, Hydrant) in der Nähe haben. Zum Abspritzen und Spülen von Bauwerken ist ein einzölliger (1" = 25 mm Innen-Ø) Schlauch zweckmäßig, 30 m lang, mit Schlauchkarre und verstellbarer Spritzdüse, die auch gegen eine Wasserstrahllanze ausgewechselt werden kann. Eine solche Lanze kann man mit einem 3/8"-Rohr, etwa 1,8 m lang, selbst herstellen, etwa 20 cm des Spritz-Endes werden leicht gekrümmt, der Auslauf wird auf einige mm gequetscht so dass eine Düse entsteht. Am Ende des Schlauches ist ein Handhebelventil zu empfehlen. Das Gerät eignet sich bei entsprechendem Druck bedingt zum Freispülen schwerzugänglicher Stellen unter Wasser.

Nach DIN 1988 sind unmittelbare Verbindungen von Trinkwasserleitungen und Nichttrinkwasserleitungen oder Entwässerungsleitungen nicht zulässig: So darf z. B. eine Wasserstrahllanze nicht direkt aus einer Trinkwasserleitung gespeist werden. Ähnlich wie bei der WC-Spülung ist auch hier eine Unterbrechung vorgeschrieben am besten über einen Behälter mit Pumpe. Zapfstellen, wie z. B. Hydranten, sind als vorübergehende Anschlüsse anzusehen und mit einem Rückflussverhinderer auszustatten. Angeschlossene Schläuche dürfen nicht – auch nicht für kurze Zeit – in Becken oder Schächte eingehängt werden. Trotz dieses zusätzlichen Aufwandes darf nicht übersehen werden, dass viele gefährliche Reinigungsarbeiten mit Besen, Bürste, Schaber usw. arbeitssparender und ungefährlicher ausgeführt werden könnten, wenn ein ausreichend hoher Wasserdruck zur Verfügung steht.

Laborausstattung

Bei kleinen Kläranlagen ist es möglich, dass mehrere benachbarte Anlagen gemeinsam Geräte anschaffen, oder im Zuge der Nachbarschaftshilfe eine große Anlage für kleine Kläranlagen die Untersuchungen vornimmt.

Bei Anlagen über 10 000 EW können die Aufgaben so unterschiedlich sein, dass es nicht sinnvoll ist, einen einheitlichen Umfang der Abwasseruntersuchungen zu beschreiben und die Größe des Labors sowie eine Grundausstattung vorzuschlagen.



Bild 12.2: Labor einer Kläranlage

Die Untersuchungen bei einer Kläranlagengröße bis 10 000 EW können dagegen relativ genau umrissen werden. Dazu ist ein geeigneter Raum als Labor einzurichten. Dieses sollte ebenerdig liegen und nach Norden ausgerichtet sein (notfalls mit außen liegenden Sonnenblenden). Die Grundausstattung sollte folgendermaßen aussehen:

Fläche >15 m^2, gut beleuchtet, einwandfrei zu lüften, verdunkelbar; 2 säurefeste Spülbecken mit Kalt- und Warmwasseranschluss, 50 bis 60 cm tief; Ventile mit Schraubverbindung, DIN 1988 zum Schutz der Leitungsanlagen gegen Verunreinigungen ist zu beachten; 4 Steckdosen 220 V; Abzugschrank; Abtropfgestell; Kühlschrank; 1 Labortisch mit chemikalienbeständiger

Platte; Wägetisch; 1 Schreibtisch und Arbeitstisch mit Schrankunterbau, Sitznische und Labordrehstuhl; Schränke zur Aufbewahrung von Chemikalien (mit Abzug) und Laborgeräten; 1 Abfalleimer, Reinigungsgeräte für Laborgeräte, Wasch- und Spülmittel; je 1 Kurzzeituhr 60 und 120 Minuten; 1 Präzisionswaage, gedämpft, Ablesegenauigkeit 0,1 mg; 1 Destillations- oder Vollentsalzungsanlage für die Bereitung von destilliertem Wasser mit Vorratsbehälter (10 l); Spritzflasche; Schutzbrille, Augenwaschflasche, Gummihandschuhe, Wandhalter mit Papierhandtüchern; Wasch-, Reinigungs- und Desinfektionsmittel mit Spender.



Bild 12.3: Laborgeräte müssen sauber gehalten werden

Die erforderliche Ausrüstung ist von den vorgeschriebenen Messungen und Untersuchungen abhängig, die in den meisten Bundesländern durch Verordnung geregelt ist.

Beim Umgang mit der Laborausrüstung ist Sauberkeit und Pflege oberstes Gebot. Bei allen Laborgeräten sind die Hinweise in den Bedienungsanleitungen zu beachten. Die teilweise emp-

findlichen Geräte können nur exakt funktionieren, wenn sie nach Gebrauch gereinigt und in sauberem Zustand aufbewahrt werden. (Bild 12.3)

Zur Laborausstattung gehören auch Einrichtungen, die die Erste Hilfe sicherstellen, wie z. B. Augendusche (Bild 12.4).

Am Labortisch sollten die wichtigsten Fachbücher in der jeweils neuesten Auflage aufliegen (siehe Literaturverzeichnis).

In der Regel werden im Labor sowie im Klärwerk auch Chemikalien verwendet, die zu den sogenannten Gefahrstoffen zählen. Hier ist die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) zu beachten. Sie zielt darauf ab, Menschen und Umwelt beim Umgang mit diesen gefährlichen Stoffen vor Schädigungen zu schützen. Sie enthält Regelungen über Kennzeichnung und Verpackung der Chemikalien sowie über den Umgang damit. Sicherheitsdatenblätter über jeden Gefahrstoff müssen griffbereit auf der Kläranlage vorhanden sein; ein Gefahrstoffverzeichnis ist zu führen.



Bild 12.4: Körperdusche

13. Personalbedarf, Aus- und Fortbildung

Auch die beste Abwasseranlage kann ihren Zweck nur dann erfüllen, wenn sie ständig durch eine zuverlässige Fachkraft (Kanalwärter, Klärwärter, Fachkraft für Abwassertechnik, Abwassermeister) betreut wird.

Es ist sinnlos, so viel Geld zu investieren, wenn nachher nicht alles getan wird, einen möglichst hohen Erfolg und Nutzen zu erzielen und die Anlagen werterhaltend zu betreiben. Wenn die Anlagen mit staatlichen Zuwendungen errichtet wurden, wird in den Zuwendungsbedingungen die Gewährleistung von ordnungs- und sachgemäßer Unterhaltung gefordert. Das erfordert einen Aufwand für Personalkosten, Stromkosten, Anschaffungskosten für Gerät und Material zur Instandhaltung. Der Betreiber einer Abwasseranlage (Unternehmensträger) wäre schlecht beraten, gerade hier mit Sparen anzufangen, z. B. durch Kürzung der Arbeitszeit, um dem Betriebspersonal noch andere Aufgaben aufzutragen. Das könnte in mancher Hinsicht sehr nachteilig für ihn sein (auch nachzulesen unter Haftungsfragen).

Unternehmensträger von Abwasseranlagen

Die Eigentümer von Abwasseranlagen sind normalerweise auch die verantwortlichen Unternehmensträger; im privaten Bereich z. B. ein Industriebetrieb.

Öffentliche Abwasseranlagen werden meistens von Unternehmensträgern betrieben die Körperschaften des öffentliche Rechtes sind, z. B. Kommunalverwaltungen, Gemeinden.

Gemeinden (Städte). Die Gemeindeordnung jedes Bundeslandes und das Infektionsschutzgesetz bestimmen, dass es zu den Aufgaben der Gemeinden gehört, Kanalnetze und Kläranlagen zu errichten und zu betreiben.

Zweckverbände, Abwasserverbände. Wenn sich mehrere Gemeinden zu einem Zweck- oder Abwasserverband (Zweckverbandsgesetz, Gesetz für kommunale Zusammenarbeit, Wasser-

und Bodenverbandsgesetz) zusammenschließen, können die Aufgaben der Gemeinden auf den Verband übertragen werden. Die großen Verbände in Nordrhein-Westfalen, die sich meistens auf ganze Flussgebiete erstrecken, sind durch Sondergesetze begründet.

Es ist auch möglich, dass sich Gemeinden durch einen öffentlichrechtlichen (Zweckvereinbarung) oder privatrechtlichen Vertrag zusammenschließen, ohne einen Verband zu gründen (häufig bei kleinen Orten am Rande einer größeren Stadt).

Im Bereich der öffentlich-rechtlichen Betriebsformen sind Regie- oder Eigenbetriebe möglich. Durch Privatisierung können noch andere Betriebsformen und Betreibermodelle entstehen.

Dienstverhältnis von Betriebspersonal im öffentlichen Dienst

Dienstherr ist der jeweilige Unternehmensträger. Bei Kommunen wird er vertreten durch den Gemeinde- oder Stadtrat, bei Verbänden durch Verbandsversammlung oder beschließende Ausschüsse.

Dienstvorgesetzter ist in Gemeinden der Bürgermeister. In größeren Gemeinden mit einem Bauamt wird er vertreten durch den Leiter des Bauamtes, der dann unmittelbar Weisungen erteilt. Bei Verbänden ist der Verbandsvorsitzende Dienstvorgesetzter.

Das *Dienstverhältnis* zwischen Betriebspersonal und Dienstherrn wird durch einen Arbeitsvertrag begründet. Die Tarife werden zwischen Arbeitgebervertretern (z. B. kommunaler Arbeitgeberverband) und Arbeitnehmervertretern (Gewerkschaften wie Verdi) vereinbart. Hier sind die Einzelheiten wie Lohngruppen, Löhne, Gehälter, Arbeitszeit, Urlaub, Überstundenregelung, Feiertagszuschläge, Erschwernis- und Schmutzzulagen festgelegt. In Streitfällen ist das Arbeitsgericht zuständig.

Nur in großen Anlagen wird mit einzelnen Bediensteten ein öffentlich-rechtliches Arbeitsverhältnis nach den Beamtengesetzen eingegangen. In Streitfällen ist hier das Verwaltungsgericht zuständig.

Der Dienstvertrag wird durch eine Dienstanweisung, nicht zu verwechseln mit der Betriebsanweisung, ergänzt.

Personalbedarf

Im WHG ist vorgeschrieben, Abwasseranlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu betreiben. Diese a.a.R.d.T. werden von den Bundesländern festgesetzt. Die Landeswassergesetze legen für den Betrieb von Abwasseranlagen fest, Personal mit geeigneter Ausbildung in ausreichender Zahl zu beschäftigen.

Die Frage nach dem Personalbedarf kann nur beantwortet werden, wenn alle Einzelheiten der jeweiligen Anlage bekannt sind. Für diese Entscheidung spielen verschiedene Faktoren eine wichtige Rolle, wie Größe und Alter der Anlage, Art des Reinigungsverfahrens, Technisierungs- und Automatisierungsgrad, Flächenausdehnung, Kanalbetrieb, Pumpwerke, Klima, Art der Schlammbehandlung, Vorschriften zur Selbstüberwachung, messtechnische Ausstattung, Hilfe durch Fremdpersonal usw. (DWA Regelwerk M 271 „Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen“ und M 174 „Betriebsaufwand für die Kanalisation“ [1]).

Auszug aus dem Merkblatt des Bayer. Landesamt für Umwelt Nr. 4.6-5, Stand 12.06.96:

Ausbaugrößen EW	*Klärwärter* h/Wo	*Fachkraft f. Abwassertechnik* h/Wo	*Abwassermeister* h/Wo	*Beschäftigte insgesamt*
100 bis 1 000	*15 – 20*	–	–	*½*
1.000 bis 5 000	*10 – 15*	*15 – 25*	–	*1*
5 000 bis 20 000	*20 – 40*	*40*	–	*2*
20 000 bis 50 000	*40 – 60*	*80*	*40*	*3 – 5*
50 000 bis 100 000	*80*	*120*	*40*	*6 – 8*

Der angeführte Mindestbedarf ist auf neuere Anlagen mit mittlerem Technisierungsgrad ausgerichtet. Bei höherem Technisierungsgrad, z. B. Vor- und Nacheindicker, maschinelle Schlammentwässerung, eigene Stromerzeugung u. ä., sind zu-

sätzliche Fach- und Hilfskräfte erforderlich. Umfangreichere Arbeiten, wie Entrosten und Erneuerung von Anstrichen, Pflege von Grünflächen und gärtnerische Arbeiten, Wartung von außerhalb der Kläranlage liegenden Kanälen, Pumpwerken oder Regenbecken, größere Reparaturen, Abfuhr von Rechengut, Sand oder Schlamm o. ä., benötigen zu dem angeführten Mindestbedarf zusätzliches Personal. Bei den Ausbaugrößen < 10 000 EW ist davon auszugehen, dass die Anforderungen an die Abwasserreinigung, insbesondere durch Nitrifikation/Denitrifikation, sowie durch die P-Fällung, eine höhere Qualifikation des Betriebspersonals erforderlich machen.

Die angegebenen Grenzen für die Ausbaugröße sind nicht eng auszulegen, da Anlagenart, Ausrüstung, Auslastung, Alter und Flächenausdehnung eine Rolle spielen. Ältere Anlagen brauchen mehr Instandhaltung und Wartungsarbeit als neuere und haben damit einen höheren Personalbedarf. Aus arbeitsrechtlichen Gründen ist bei vielen Arbeiten festgelegt, dass es mindestens zwei Personen sein müssen; bei Arbeiten im Kanal mindestens drei Personen (siehe Kapitel 11).

Wenn auf Kläranlagen unter 5 000 EW eine Fachkraft für Abwassertechnik nicht voll beschäftigt werden kann, ist anzustreben, mehrere Kläranlagen zusammen mit zwei oder drei Personen zu betreiben.

Bei Kläranlagen, die nur von einer Person betreut werden, ist für bestimmte Arbeiten sowie für Krankheit, Urlaub und sonstige Ausfallzeiten ein eingewiesener Vertreter zu bestellen. Bei Kläranlagen bis zu 50 000 EW ist eine zusätzliche eingewiesene Person für Ausfallzeiten einzuplanen.

Anforderungen an das Personal

Das in Abwasseranlagen eingesetzte Personal muss körperlich und geistig für dieses verantwortungsvolle Aufgabengebiet geeignet sein. Es muss Sinn für Hygiene und die Ziele des Umwelt- und Gewässerschutzes haben. Technisches Verständnis für die Wirkungsweise der Anlagen, die anzustellenden Beobachtungen und Messungen sowie die notwendigen Instandhaltungsarbeiten müssen vorhanden sein. Sorgfältiges und gewissenhaftes Arbeiten ist unerlässlich. Die in Abwasseranlagen tätigen Personen sollen schwimmen können und gesundheitlich geeignet sein (siehe Kapitel 11.3).

Eine Reihe von Arbeiten im Bereich des Abwasserwesens stellt eine körperliche Belastung dar. Als mögliche Gesundheitsgefahren kommen z. B. Infektionserreger, Schadstoffe, Ungeziefer, Kälte, feuchtwarmes Milieu, Nässe, Zugluft, extreme Zwangshaltungen (z. B: in Kanälen) und Lärm in Betracht. Zur frühzeitigen Erkennung bestehender Vorschädigungen und Vermeidung nachfolgender Körperschäden ist es wichtig, eine regelmäßige arbeitsmedizinische Betreuung sicherzustellen. Mit der arbeitsmedizinischen Betreuung gilt es ferner, auch die Auswirkungen des bei den Beschäftigten im Abwasserbereich vorliegenden vielschichtigen Belastungsprofils vorbeugend aufzudecken.

Für eine qualifizierte Beurteilung der Eignung von Beschäftigten für Arbeiten im Abwasserwesen sind genaue Kenntnisse der Tätigkeiten und Arbeitsbedingungen erforderlich. Deshalb sollen die Untersuchungen nur von Ärzten mit arbeitsmedizinischer Fachkunde *(Betriebsarzt)* sowie ausreichender Erfahrung im Abwasserbereich durchgeführt werden.

Durch eine *betriebsärztliche Betreuung,* wie sie das Arbeitssicherheitsgesetz verlangt, wird eine kontinuierliche arbeitsmedizinische Beobachtung des Versicherten sichergestellt, wobei der Unternehmer gleichzeitig seine Verpflichtung aus der allgemeinen Fürsorgepflicht erfüllt. Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge sollen die Beschäftigten im Abwasserwesen nicht nur einmalig **vor** Beginn der Tätigkeit auf ihre Eignung hin untersucht, sondern auch **während** des Arbeitslebens arbeitsmedizinisch betreut werden.

Nähere Anhaltspunkte für die Eignungsuntersuchung durch den untersuchenden Arzt enthält die UVV „Abwassertechnische Anlagen“ GUV-V C 5.

Ausbildung des Betriebspersonals

Als angelernte Personen gelten *Klärwärter/innen*, die nach einem zweiwöchigen Praktikum auf einem Ausbildungsklärwerk einen einwöchigen Kurs „Grundlagen für den Kläranlagenbetrieb" des DWA Landesverbandes mit Erfolg besucht haben. Bei naturnahen Abwasseranlagen genügt die Teilnahme an einem zweitägigen Kurs.

Die Fachkraft für Abwassertechnik (vorher Ver- und Entsorger, Fachrichtung Abwasser) ist durch die staatlich anerkannte Ausbildung in diesen umwelttechnischen Berufen in einer Verordnung geregelt.

Neben der regulären dreijährigen Berufsausbildung zur Fachkraft können nach § 40 Abs. 2 des Berufsbildungsgesetzes auch Externe zur Abschlussprüfung zugelassen werden. Damit können lange in der Praxis tätige Personen, die keine oder eine fachfremde Berufsausbildung haben, den Facharbeiterabschluss erlangen.

Auch die Ausbildung zum Meister in den umwelttechnischen Berufen ist geregelt. Als *Abwassermeister/in* gelten Personen, die die Prüfung nach der Meisterprüfungsverordnung vom Februar 2005 bestanden haben.

Die beruflichen Fachprüfungen in der Ausbildung liegen in der Hand der zuständigen Stellen (Kammern), mit denen die DWA fachlich intensiv zusammenarbeitet.

Die DWA bietet für die Aus-, Fort- und Weiterbildung ein breites Angebot mit Prüfungen auf Verbandsebene an:

- Grundlagen für den Kläranlagenbetrieb (Klärwärter-Grundkurs)
- Grundlagen für den Kanalbetrieb (Kanalwärter-Grundkurs)
- Kurs für naturnahe Abwasseranlagen (Abwasserteiche und Pflanzenkläranlagen)
- Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen.

Zur Koordinierung der Aufgaben in der Aus- und Fortbildung gibt es bei der DWA einen Hauptausschuss BIZ (Bildung und

Internationale Zusammenarbeit), mit Fachausschüssen für das Betriebspersonal sind dies:

BIZ-1 Nachbarschaften.
BIZ-2 Grundkurse
BIZ-3 Facharbeiter und Meister
BIZ-4 Arbeits- und Gesundheitsschutz
BIZ-5 Meister-Weiterbildung

Die DWA bietet für das Bildungsangebot bei der Hauptgeschäftsstelle Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef, Tel. 02242-8720 sowie bei den jeweiligen Landesverbänden an. Dort können kostenlos Unterlagen für das Betriebspersonals mit Fortbildungshinweisen bezogen werden; auch zu finden unter http://www.dwa.de mit Links zu den jeweiligen Landesverbänden.

Einige Kursangebote der Landesverbände werden noch genannt, weil sie für das Betriebspersonal unerlässlich sind, auch zum gelegentlichen Auffrischen des erlernten Fachwissens:

- Betrieb von SBR-Anlagen
- Betriebsanalytik, Laborkurse
- Online-Analytik
- Kurse für mikroskopische Untersuchungen von belebtem Schlamm und Biofilmen
- Kurse für mikroskopische Untersuchung von Bläh- und Schwimmschlamm durch Fadenbakterien.

Die notwendige Anpassungsfortbildung des Personals von Abwasseranlagen ist durch die Teilnahme an den Kanal- und Kläranlagen-Nachbarschaften sicherzustellen. Sie sind bei den jeweiligen DWA-Landesverbänden eingerichtet.

Literaturverzeichnis

[1] Regelwerke und weitere Publikationen der DWA, beziehbar von GFA, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef A = Arbeitsblatt; M= Merkblatt; H= Hinweisblatt

[2] Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA), Monatszeitschrift für die Mitglieder der DWA, wie [1]

[3] KA-Betriebs-Info, Beilage zur KA, 4mal jährlich, wie [1]

[4] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Verlag Chemie, Weinheim

[5] *Stier, E., Felber, H., Fischer, M.*: Betriebstagebuch für Kläranlagen sowie erweiterte Betriebsaufzeichnungen für Kläranlagen mit Faulbehälter, F. Hirthammer Verlag, München/ Oberhaching

[6] *Stier, E., Felber, H., Fischer, M.*: Betriebstagebuch für naturnahe Abwasseranlagen, F. Hirthammer Verlag, München/ Oberhaching

[7] *Felber, H., Austermann-Haun, U.*: Abwasser-Grundkurse, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[8] *Miliczek, Berndt, Nürnberg, Uhde*: Handbuch Umwelttechnische Berufe , Band 1: Grundlagen für alle Fachrichtungen, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[9] *Baumgart C.-H., Fischer M., Loy H.*: Handbuch Umwelttechnische Berufe, Band 3: Fachrichtung Abwassertechnik, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[10] Mudrak K., Kunst S.: Biologie der Abwasserreinigung, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

[11] *Buck, H.*: Mikroorganismen in der Abwasserreinigung, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[12] *Eikelboom, Dick (2000)*: Prozessüberwachung von Belebungsanlagen durch mikroskopische Schlammuntersuchung, DWA, Hennef

[13] Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung, Informationsbericht 1/99, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München

[14] *Lemmer, H., Lind, G.*: Blähschlamm, Schaum, Schwimmschlamm, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[15] *Groche, D., Burchard C. H., Zerres H. -P.*: Handbuch einfacher Messungen und Untersuchungen auf Klärwerken, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[16] *Lohr, M., Stier, E., Fischer, M.*: Kläranlagen im Bild - Ratgeber für Planung, Bau und Betrieb, F. Hirthammer Verlag München/Oberhaching

[17] *Roth, M.*: Grundlagen für den Betrieb von Kanalisationen, Herausgeber DWA Landesverband Baden-Württemberg, Bleicher-Verlag, Gerlingen

[18] *Stein, D., Niederehe, W.*: Instandhaltung von Kanalisationen, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, Berlin

[19] *Boller, R., Strunkheide, J., Witte, H.:* Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen, F. Hirthammer Verlag, München/Oberhaching

[20] *Baumann, P., Roth, M.:* Senkung des Stromverbrauchs auf Kläranlagen, Heft 4, DWA Landesverband Baden-Württemberg

[21] *Baumann, P., Krauth, Kh., Maier, W., Roth, M.:* Funktionsstörungen auf Kläranlagen – Praxisleitfaden, Heft 3 DWA Landesverband Baden-Württemberg

Stichwortverzeichnis

zur raschen Beantwortung der täglichen Fragen und Probleme
(die nach den Begriffen stehenden Zahlen geben die jeweilige Seite an, **fettgedruckte** Zahlen verweisen auf die Schwerpunkte)

A

Abbaugrad 116, 147, 326, 342, 364
Abdampfen 308
Abfiltrierbare Stoffe 204, **303**, 304
AbfKlärV 32, 220, 243,
Abfluss 59
Ablagerung 84
Ablauffracht 366
Abluftbehandlung 130
Abnahme Grundstückentwässerung 97
Absetzbare Stoffe 106, 149, **303**, 396
Absetzbecken 107, **138**
Absetzeigenschaften 155, 162, 114
Absetzglas 303
Absturzsicherung 402
Abwasserabgabengesetz siehe AbwAG
Abwasserableitung **56**
Abwasseranfall 17, **47**
Abwasserarten **44**, 124
Abwasserbeschaffenheit **49**, 166
Abwassergebühr 124
Abwasserproben 286
Abwasserreinigung **105**
Abwasserteiche 11, **177**,
Abwassertemperatur 324, 326
Abwasserverordnung siehe AbwV
AbwAG **30**, 116, 316, 326, 350, 356, 369
AbwV **26**, 122, 190, 283, 306, 311, 316, 324, 326, 327, 335
Abzapfvorrichtung 242
Acetogene Phase 230
Aerobe Schlammstabilisierung 154, **239**
Aerobe Stabilisierung **239**
Aerosole 268
AIDS 394
Alarmplan 346, 378, 410
Algen 111, 180, 303, 307
Alkalität 318
Allg. anerk. Regeln der Technik 419
Allylthioharnstoff siehe ATH
Ammoniumstickstoff siehe NH_4-N
Amöben 339
Amperemeter 169, 260, 270, 276
amtliche Überwachung 27, 350
Anaerobe Zone 160
Anaerober Abbau 318
Analysenvorschriften 346
Anforderung an die Einleitung 28
Anforderungswerte 30
Anoxische Zone 113, 116, 158
Anschlusskanal 58
Antriebsleistung 78
AOX 52
Arbeitshygiene **392**, 389
Arbeitskleidung 395
Arbeitsmittel 391
Arbeitsschutz 389
Arbeitsschutzgesetz 389, 392
Arbeitsstättenverordnung 389, 391, 402, 410
Arbeitsunfall 401, 409
Armaturen 272
Ärztliche Untersuchung 397, 421
AS-Bestimmung 305, 306

Atemschutzgerät 249
ATH 321, 333, 335
Atmungsaktivität 321
Aufenthaltszeit 139, 155, 164
Aufschlaggerät 284
Aufschlämmversuch 136
Aufstauraum 180
Augendusche 416
Ausbaugröße 123
Ausbildungsklärwerk 422
Ausbildungsmöglichkeiten 417
Auslastungsgrad 346
Ausreißer 313
Außenanlagen 383
Außerbetriebnahme 165

B

Bakterien 108, 337
Bandfilterpresse 218, 244
Bandräumer 269
Baukosten 123
Bauwerke 127
Beckenüberlauf 67
Beheizte Faulräume 234
Belastungsschwankungen 345
Belebtschlamm 152,202, 208, 380
Belebtschlammflocke 108
Belebungsanlage 110, **152**
Belüfteter Sandfang 134, 270
Belüftungskerzen 153, 168, 266
Belüftungszeit 239
Benchmarking 343, 361
Benzin 405
Benzinabscheider 59
Bepflanzung 384
Bescheide 346
Beschichten 385
Bestandsplan 83
Beruhigungsstrecke 300
Betriebsanleitung 131, 169, 344, 346
Betriebsanweisung 24, 83, 127, 237, 346, 354, 371, 392, 409, 419
Betriebsaufzeichnungen 72, 266, **351**
Betriebsbeauftragte für Gewässerschutz 23
Betriebsergebnisse **351**, 359
Betriebsführung 169
Betriebsleitung 127
Betriebsmethode 279, 311, 325, 328
Betriebspersonal
- Kläranlage 422
- Kanal 83, 422

Betriebssicherheitsverordnung 127, 389
Betriebsstörung 105, **118**, 128
Betriebstagebuch 24, 179, 243, 307, 346, **352**, 357, 371, 377
Betriebsüberwachung 155, **342**
Betriebsunterlagen 346
Betriebswasseranschluss 143, 412
Betriebszustände 371
Beurteilung Belebtschlamm 341
Beweissicherung 352, 378
Bewertungsschlüssel 365
Bildungsangebot 423
Biochemische Vorgänge 40
Biochemischer Sauerstoffbedarf siehe BSB_5
Biolog. Phosphorentnahme **117**, 160
Biologische Vorgänge 108
Biologischer Rasen 108, 147, 151, 373
Biomasse 109
Biostoffverordnung 389
Biozönose 109, 338

Blähschlamm 139, 162, 175, 203, 309, 380
Blasenbild 169, 372,
Blindstrom 255
Blutuntersuchung 398
Bodenschlammschild 268
Bodenuntersuchung 215
Brauchwasser 412
brennbare Stoffe 52
Brennstoffe 271
Brüden 210, 224
BSB_5 53, 112, 180, 278, 284, 304, 306, **329**, 364, 369
BSB_5-Raumbelastung 147, 163
BSE 394
Bustechnologie 276
Buttersäure 229, 236, 318

C
Chemikaliengesetz 389
Chemische Vorgänge 118
Chemische Grundlagen 40
Chemischer Sauerstoffbedarf siehe CSB
CH_4-Konzentration 318
Chromat 119
Ciliaten 339
CKW 52
CO_2-Gehalt 237, 246, 339
Co-Vergärung 220
CSB 54, 180, 284, 304, 306, 311, 316, 364
Cyanid 119

D
Dampfstrahlgerät 169, 411
Deckelheber 404
Denitrifikation 113, 116, 151, 156, 310, 325
Desinfektionsmittel 396
Detergentien 52
Deutsches Einheitsverf. 278, 319
Dichteströmung 107, 140
Dichtheitsprüfung 96
Dienstanweisung 83, 127, 346, 371, 378, 380, 419
Dienstverhältnis 418
Dokument 353
Doppelspind 396
Dosiereinrichtung 328
Dränung 240, 242, 368
Drehkolbengebläse 161, 265
Drehsprenger 145, 344, 377
Drehzahl 267
Dreibock 406
Dreiecksmesswehr 291
Drosseleinrichtung 69
Druckdosen 293, 297
Druckentwässerung 77
Druckleitung 77
Drucklufterzeuger 265
Druckmesskopf 331
Druckstoß 78
Düker 74
Düngemittelgesetz 209
Düngemittelverordnung 209, 220
Düngeverordnung 32
Düngestoffe 113
Durchfluss 59
Durchflussmessung 239, 286, **288**, 291, 371
Durchflussmessgeräte 286, 300
Durchflussproportionale Mischprobe 284, 300
Durchlaufbecken 67
Durchschnittsprobe 284
Durchsichtigkeitszylinder 302

E
Echolot-Einrichtung 293
Edelstahl 249
Eichen 281
Eigenüberwachung siehe Selbstüberwachung

Eigenkontrolle siehe Selbstüberwachung
Einarbeitung 232
Eindickung 233
Einheiten 10
Einleiten von Abwasser 22
Einleitungsverbote 33, 104
Einstieghilfe 63
Eintauchtiefe 267
Einwohnergleichwert 49
Einwohnerwert 49, 54
Einzelprobe 282
Eimermessung 284, 290, 300, 371
Eisbildung 168, 375
Eisenoxidgranulat 249
Eisensalze 224, 382
Elektrische Anlagen 276, 344
Elektrische Einrichtungen 247, **251, 275**
elektrisches Schwein 222
Emscherbecken **170**, 234
Emulsion 379
Energiesparen 361
Energieverbrauch 345
Entgiftung 118
Entkarbonisierung 272
Entkeimung 191
Entlastungsbauwerk 66
Entschwefler 249
Entwässerungssatzung 33, 103, 346, 368
Enzymaktivität 319
Erneuerung 81
Ersatzteile 344, 411
Erste Hilfe 346, 397, 408
Essigsäure 229, 236
Eutrophierung 365
Explosible Gase 404
Explosionsgefahr 246, 408
Explosionsschutz 246, 247, 249, 408
Exsikkator 306, 308

F
Fachbehörde 378
Fachkenntnis Betriebspersonal 116
Fachrechnen 35
Fackel 247
Fadenförmige Organismen 163, 309, 382
Fäkalsaugwagen 59, 183, 345
Fäkalschlamm 204
Fallleitung 58
Fällung 118, 174
Fällungsmittel 160, 174, 382
Fangbecken 67
Farbe 274, 300
Farbregister 274
Faulbehälter 235
Faulgas 230, 245, 271
Faulgasverwertung 374
Fäulnisfähigkeit 52, 316
Faulraumtemperatur 231
Faulschlamm 203, 309
Faulung 233
Faulzeiten 231
Fehlanschlüsse 96, 368
Feinrechen 128
Feststoffgehalt 204, 304, 308
Fettabscheider 59, 220, 377
Fette 200
Fettsäure 167, 236, 318
Feuerwehr 373, 378
Filtrationszeiten 305, 309
Filtrieren 180, 308
Fischgiftigkeit 345
Fließgeschwindigkeit 59, 128, 134, 180
Flockenbildung 175
Flockung 119
Flockungsfiltration 122, 190
Flockungshilfsmittel 119
Flussgebiet 20
Förderhöhe 78, 255, 261

Förderstrom 78
Fortbildung 417
Fotometer 312, 327, 335
Fotosynthese 111
Fraßköder 396
Fremdwasser 34, 46, 114, 121, 356
Fremdwasseranfall 48
Fremdwasserermittlung 367, 370
Frost 360
Füllmaterial 145
Furane 215, 217

G
Gasanfall 237, **245**, 300
Gasbehälter 249
Gasbehandlung 245
Gasdom 247
Gasentschwefelung 249
Gaserzeugung 408
Gasglocke 250
Gasprüfgerät 274
Gasspeicher 247
Gaswarngerät 405
Gebläse 154, 265, 344
Gefährdungsbeurteilung **391**, 409
Gefährdungshaftung 24
Gefahrstoffverordnung 389, 416
Gefahrstoffverzeichnis 346
Gehörschutz 407
Gelbsucht 393
Geldbuße 25
Gemeindeunfallversicherung 399
Generalüberholung 344
Gerätesicherheitsgesetz 389
Geruch 178, 300, 384
Geruchsbelästigung 84, 142, 224, 233
Gesamtphosphor siehe P_{ges}
Gesamtstickstoff 53, 116, 326
GesN 54, 116, 326
Gesundheitsgefährdung 87
Gesundheitsvorsorge 392
Gewässer 13, 17,
Gewässeraufsicht 23
Gewässergütewirtschaft 15
Gewässerschutz 13, 20, 22
Gewässerschutzbeauftragter 23, 353
Gewässerverunreinigung 25
Gewitter 360
Giftstoß 379
Glasfaserfilter 304, 305
Gleitringdichtung 77, 256, 258
Glührückstand 204, 208, 320
Glühverlust 204, 208, 240, 320
Grobrechen 128, 129
Größenklasse 28
Grundleitung 58
Grundstücksentwässerung 33, **57**, 97, 368
Grundwasser 97, 367
Gülle 218, 242
Gullies 66
Gummihandschuhe 131, 396

H
Haftung 24
Harnstoff 112
Hautschutzmittel 396
Heilbehandlung 401
Heißwasserheizung 270
Heizblock 311, 328
Heizkessel 271
Heizungsanlagen 235, **270**, 272
Heizwert 237, 246
Hepatitis 394, 399
HIV 394
Hochdruckdampfheizung 270
Hochdruckspülverfahren 83, 85, 88
Homogenisieren 284, 350
Hydrolyse-Phase 229
Hygiene 179, 185, 384, 410

I
Imhofftrichter **303**, 307
Immunisierung 395
Impfen 398
Impfschlamm 184, 203, 232
Inbetriebnahme 167, 232, **372**
Indirekteinleiter 103
Induktive Messung 239
Infektionskrankheiten 395
Infektionsschutzgesetz 387, 417
Infiltrationsprüfung 97
Infrarot-Trocknungsgeräte 305
Injektionsverfahren 101
Inspektion 63, 80, 128, 251, **252**
Instandhaltung **80**, 100, 251, **383**
Instandsetzung 80, 251
Interferenzfilter 325
Interne Qualitätskontrolle 279
Ionenaustauscher 272
IQK 279, 350

J
Jahresbericht 354, 356
Jahresbericht-Kanalnetz 73
Jahreskosten 123
Jahresschmutzwassermenge 288, 356, 360
Jauche 34, 345
Justieren 280, 295

K
Käfigwalze 266
Kalibrieren 280, 310
Kaliumdichromat 311
Kalk 210, 224, 231, 382
Kalkreserve 237
Kammerfilterpresse 244
Kanal 56, 404
Kanalbegehung 404
Kanalbemessung 59
Kanalbetrieb 81
Kanaldeckelheber 404, 411
Kanalfernsehuntersuchung 81, 89, **94**
Kanalhaltung 63
Kanalisation 56
Kanalkataster 83
Kanalräumgut 89, 194
Kanalreinigung 83
Kanalspiegelung 92
Kanalstauraum 66, 68
Karbonat 272
Keilschieber 275
Keimverminderung 240
Kesselspeisewasser 272
Kiesfilter 247
Kjeldahl-Stickstoff **112**, 326
Kläranlagenausrüstung 410
Kläranlagenbelastung 282
Klärschlamm **201**, 210, 231
Klärschlammtrocknung 210, 224
Klärschlammuntersuchung 216
Klärschlammverordnung siehe AbfKlärV
Klärüberlauf 67
Kleineinleitungen 29
Kleinkläranlage 59, 422
Kohlendioxid 245, 330, 405
Kohlenstoffabbau 112, 156
Kombinationsbecken 170
Kompaktbauweise 172
Kompostierung 221
Kompressoren 265
Kondenswasserabzug 250
Konditionierungsmittel 224, 244
Konzentration 43
Korrosion 249, 384
Kosten 123, 127, 155
Krählwerk 233
Krankheitserreger 208, **393**, 395
Kreiselbelüfter 267, 376
Kreiselpumpe 76, 256
Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz siehe KrW-/AbfG

Kreuztisch 336
KrW-/AbfG 192, 209, 225,
Kühlwasser 367
Kurzzeichen 10
Küvetten 311, 327, 335

L
Labor 410, 414
Laborausstattung 179, 185, 347, **413**
Labormethoden 278, 279
landwirtschaftliche Verwertung **209**, 219, 241
Langsamläufer 266
Langsandfang 134, 270
Längsräumer 268, 270
Lärm 407
Laufrad 76, 262
Lavaschlacke 145
Leptospira 393
Lieferschein 217, 243
Literaturverzeichnis 424
Luftdruckprüfung 99
Lufteinperlverfahren 293
Lufttemperatur 301
Lüftungsöffnung 376
Luftverdichter 266
Lumineszenzverfahren 310

M
Magnetisch-Induktive Durchflussmessung 298
Magnetrührgerät 284, 315, 320, 331
Mammutrotor 267
Manometer 261
maschinelle Entwässerung 210, 224, 241, **244**
maschinelle Einrichtungen **251**, 344
maschinelle Trocknung 223
Maschinenwartung 385
Mechanische Vorgänge 107
Messbereich 289, 300, 313
Messblende 290, 300
Messeinheit 280
Messfehler 280
Messgröße 280
Messschacht 104
Messsonde 310
Messtechnik 278
Messumformer 299
Messwehr 290, 292, 298
Messwert 280
Messwertaufnehmer 298
Metallsalze 118, 173, 382
Metazoen 340
Methan 229, 231, 245, 405
Methylenblau 316
MID-Messung 298
Mikroorganismen 108, 152, 189, 309, 337, 339
Mikroskop 336
Mikroskopierkurse 423
Mikroskopisches Bild 164, **336**, 341
Mikrowelle 305, 306, 308
Mindestausrüstung 347
Mindestanforderungen 29
Mindestfließgeschwindigkeit 60
Mischprobe, durchflussabhängig 26, 284, 287
Mischverfahren **56**, 356
Mischwasser 46, 126
Mischwasserentlastung **66**, 128
Mischwasserkonzentration 150
Mittelwerte 37
Molche 88
Mönch 240
Möwen 387
Monatsberichte 353, 358
Motorantriebsleistung 79
Muffen 100

N
Nachbarschaften 127, 279
Nachklärbecken **139**, 151, 268, 382
Nachklärschlamm 202
Nachklärteich 186
Nachtmessung 369
Nachweispflichten 217
Nahrung 110
Nährstoffbelastungsstufe 364
Nährstoffe 11, 116, 210, 214, 325, 365
Nährstoffverhältnis 163, 174
Nassschlamm 203, 218
Nassschlammabgabe 242, 377
Nassschlammzapfstelle 242
naturnahe Verfahren 177
Neutralisation 118
Nges 55, 326, 366
NH_4-N 54, 112, 158, 284, 306, **324**, 364
Niederdruckgasbehälter 249
Niederschlagsereignis 360
Niederschlagshöhe 70
Niedrigwasserzeiten 344
Nitrat-Stickstoff siehe NO_3-N
Nitrifikation 112, 116, 156, 310, 325
Nitrit-Stickstoff siehe NO_2-N
NO_2-N 113, **325**
NO_3-N 113, 284, 306, **325**, 365
Notstrom 373
Notumlaufgerinne 129
Nullpunkt 296, 299

O
Oberflächenbelüfter 152, 266
Oberflächenbeschickung 147
Objektiv 337
Öffnungsverhältnis 295
Okular 337
Öl auf der Kläranlage 377
Ölbindemittel 411
Öltasse 247
Online-Messung 324, 325, 328,
Ordnungswidrigkeiten 25, 353
Organische Säuren 236, 318
Ortho-Phosphat-Phosphor siehe PO_4-P
Oxidationsgraben 154

P
Papierfilter 304
Papierhandtücher 396
Parallelmessungen 313
Pathogene Keime 188, 393
PC-Betriebstagebuch 352
PCB 52
Pegellatte 290
Pendelschildräumer 269
Personalbedarf 417, 419
Pflanzenkläranlagen 177, **187**, 422
Pflanzenwachstum 120, 365
Pfützenbildung 149
P_{ges} 55, 284, 304, 306, **327**, 366
pH-Messung 235, **316**
pH-Stoß 379
pH-Wert 50, 236, 380
Phasenkontrast 336
Phosphat 55, 117, 327, 365
Phosphatfällung 120, **173**
Phosphor-Bilanz 120
Phosphor 55, 117, 327
Pipette 314, 319
Plankton-Algen 307
Plattenbelüfter 154
Pneumatische Messung 297
Polyelektrolyte 119
PO_4-P 117, 326
Porzellannutsche 305
Primärschlamm 142
Probenahme 104, 162, 217, **281**, 351

Probenahmegeräte 194, 284, **286**, 441
Protozoen 339
Psychoda-Fliege 150, 387
Puffervermögen 237
Pumpen **255**, 344
Pumpensümpfe 75, 404
Pumpwerke **75**, 255

Q
Qualifizierte Stichprobe **26**, 283
Querschnittsformen 61

R
Ratten 387, 392, 396
Rauchtest 96, 369
Rauchverbot 249
Räumschild 138, 141, 382
Räumvorrichtungen 143, **268**, 270, 344, 376
Rechen **128**, 178
Rechengut 129, **196**, 220, 375, 388, 396
Rechengutpresse 130, 199
Rechengutwäsche 132, 198
Rechtecksmesswehr 291
Referenzverfahren 350
Regenbecken 67, 70, 361
Regenbeckenräumgut 195
Regenklärbecken 67
Regennachlauf 360
Regenrückhaltebecken 67
Regenüberlauf 67
Regenüberlaufbecken 67
Regenwasser 46, 367
Regenwasseranfall 49
Regenwasserbehandlung 57
Regenwettertage 347
Reinigungsdüse 85, 87
Reinigung von Kanälen 83
Reinigungsvorgänge 105, 127
Reinigungsverfahren 83, 106
Renovierung 81
Reparaturverfahren 100
Reststoffe 126, **192**, 196
Restverschmutzung 106,282, 365
Retentionsvermögen 368
Rettungsgeschirr 406
Rettungshubgerät 406
Rettungsschwimmkragen 412
Rezirkulation 158
Ringwaage 300
Rinnenbürste 144
Risikogruppen 391, 397
Rissbildung 93
Roboterverfahren 100
Rohabwasser 46, 304, 392
Rohrleitungen 272
Rohrmaterial 61
Rohrquerschnitt 59, **61**
Rohrverbindung 61
Rohschlamm 202, 208, 229, 233, 237, 309
Rotationstauchkörper 110, **151**, 186
Rückbelastung 224
Rückflussverhinderer 413
Rücklaufschlamm 152, 158, 161, 202
Rücklaufwasser 147, 151
Rückschlagklappe 260, 274
Rückstau 59, 289, 299
Rückstellprobe 287
Rückstoß 146
Rührwerk 158
Rufbereitschaft 255
Rundgang 354
Rundräumer 382
Rundsandfang 137

S
Salze 52, 375
Salzgehalt 52
Sammelleitung 58

Sandfang 107,**134**
Sandfanggut 136, **200**, 220
Sandfilter 190
Sandsilos 375
Sandwaschanlage 200
Sanierung 80
Satellitenkamera 95
Sauerstoffbedarfsstufe 364
Sauerstoffeintrag 160, 188, 267
Sauerstoffhaushalt 19
Sauerstoffkonzentration 113, 156, 165, 310
Sauerstoffmangel 166, 404
Sauerstoffmessung 310
Sauerstoffmessgerät 161, 322
Sauerstoffverbrauch 158, 180
Saugräumer 269
saure Gärung 229, 233
Säurekapazität im Faulwasser 231, 318
Säuren, organische 318
Schaberleiste 269
Schacht 63, 100, 404
Schachtabdeckung 63, 404
Schachtabstand 182
Schadeinheit 30
Schadenbehebung 100
Schadenersatz 25
Schadstoffe 215
Schalldämpfung 266
Schaltschrank 275
Schaumbildung 166, 383
Scherbenbildung 93
Schieber 274
Schiedsmethode 311
Schilfpflanzen 188, 190
Schlagkartei 217
Schlammabgabestelle 211, **220**
Schlammabtrieb 159, 166, 175
Schlammalter 113, 159
Schlammanfall 144, 205
Schlammarten 201
Schlammbelastung 113, 156, 381
Schlammbeschaffenheit 205
Schlammeindicker 232
Schlammentwässerung 222, 241, 244
Schlammfaulung 153, 180, **229**
Schlammfladen 138, 151
Schlammflocken 340
Schlammgehalt 208
Schlammindex 162, 240, **308**, 380
Schlammräumung 182
Schlammrückführung 185
Schlammsilo 221, 243, 319
Schlammstabilisierung 154, **239**
Schlammstand 182
Schlammstapelräume 221, 234, **240**, 242, 244, 319
Schlammtemperatur 301
Schlammtrockenbeete 240
Schlammtrockensubstanz 308
Schlammtrocknung 222
Schlammumwälzung 237
Schlammverwertung 184, 209
Schlammvolumen 161, 185, 307
Schlammwasser 207, 229, 233, 309
Schlauchrelining 102
Schlüsselkurve 290
Schmutzfänger 63
Schmutzfracht 26, 359, 366
Schmutzstoffe 110
Schmutzwasser 44
Schmutzwasseranfall 47, 126, 360
Schneckenhebewerke 75
Schneeschmelze 357, 360
Schnellläufer 266
Schnellschlussschieber 238
Schönungsteich 177, **187**
Schöpfbecher 282
Schöpfthermometer 301

Schreibstreifen 293, 297, 352
Schutzbrille 311
Schutzimpfung 398
Schutzkleidung 395
Schwebstoffe 307
Schwefelwasserstoff 245, 249, 405
Schweinegrippe 394
Schwellenwerte 31
Schwermetalle 118
Schwimmer 297
Schwimmschlamm 114, 139, 166, 202, 237
Schwimmschlammdecke 237
Schwimmschlammschild 135, 268
Schwimmstoffe 135, 138, 143, 181, 200
Sekundärrohstoffdünger 209
Sekundärschlamm 202
Selbstreinigung 17, 105
Selbstretter 406
Selbstüberwachung 22, 71, 104, 169, 185, 278, 280, 287, 311, 342, 345
Seuchenhygiene 395
Sicherheitsdatenblätter 346, 416
Sicherheitsschuhe 403
Sichtprüfung **90**, 92
Sichtscheibe 302
Sichttiefe 302
Sichttiefenzylinder 302
Siebe **128**, 131
Siebgut 196
Signalnebelverfahren 96, 369
Silosickersaft 34
Simultanfällung 174
Sinkkasteninhalte 195
Sommerhalbjahr 324, 326
Sonderbauwerk 66
solare Trocknung **222**
Sozialräume 410
Sperrwasser 257
Spindelgewinde 275
Spirillen 339
Spitzenbedarf 266, 268
Spitzglas 303
SPS 276
Spüleinrichtung 70
Spülwirkung 147
Stababstände 128
stabilisierter Schlamm 203, 229, 323
Stabilisierungsgrad 240, **319**
Stabilisierungszeit 239
Standardlösungen (IQK) 350
Stand der Technik 23, 26
Standzylinder 162, 307
Stauhöhe 295
Stauraumkanäle 66, 68
Steigeisen 63
Stichprobe **26**, 282
Stickstoff, gesamt
- anorganisch 55
- organisch 55, 112
Stickstoffbilanz 114, 324
Stickstoffentnahme **112**, 151, 156
Stickstoffkonzentration 114
Stickstoffoxidation 325
Störungen bei Pumpen 259
Stoffkreislauf 126
Stoffwechseltätigkeit 109
Stopfbüchse 256, 257, 260, 262
Straftaten 25
Strahlbelüfter 266, 268
Straßenablauf 63
Straßensinkkästen 66
Stromausfall 256, 373
Stromerzeugung 245
Stromverbrauch 240
Stromverträge 364
Sulfid 119
Suspensa 304
Siphon 247

T
TA Siedlungsabfall 133, 194, 223
Tagesaufzeichnungen 297, 354
Tagesmischprobe 284
Taucher 238, 269
Tauch- oder Strahlbelüfter 185, 268
Tauchkörper 177
Tauchmotorpumpe 76
Tauchmotorrührwerke 242
Tauchwand 135, 138, 181
Technisches Hilfswerk 375
Teichanlagen 28, **177**
Teichlinsen 179
Temperatur 235, 300
Terminplan 254, 344
Tertiärschlamm 202
Tetanus 394, 398
Thermometer 300
Thermoschrank 319, 333
TKN **112**, 326
TOC 315
Transformator 275
Trennbauwerk 67
Trennverfahren **56**, 356, 368
Trichterbecken 141
Trinkwasser 15, 412
Trockengasbehälter 246
Trockenmasse 308
Trockenrückstand 206, 236, **309**
Trockenschrank 306, 308
Trockensubstanz 159, 204, 308
Trockenwetter 126, 282, 285, 358
Trockenwettertage 356
Trocknung 222
Tropfkörper 110, **145**, 177, 186, 373, 376
Tropfkörperfliege 150
Trübung 51, **302**
Trübungsmessung 302
Trübwasser 233
TTC-Test 240, 319
Turbogebläse 265
Turbulenz 166
TV-Inspektion 81, 89, **94**, 371
Typenschild 276

U
Überschussschlamm 115, 117, 122, 152
Überspannung 277
Überwachung, staatlich 23, 350, 380
Ultraschallmessung 293
Umkippen 245
Umwälzen 236, 241
Umweltbelastung 118
Umweltverträglichkeit 32
Unbeheizte Faulräume 233
Unfallanzeige 409
Unfallverhütung 389, 399
Unfallverhütungsvorschriften 346, **390**, 401, 402
Unfallversicherung 399
Ungeziefer 387
Unkrautbekämpfungsmittel 387
Unterdruckentwässerung 77
Unternehmensträger 417
Untersuchungshäufigkeit 217, 348
Untersuchungsprotokoll 90
Unterweisung 392
UV-Entkeimung 191

V
Vakuumentwässerung 77
Vakuumfilter 244
Ventilatoren 265
Ventile 274
Venturigerinne 293, 295, 297
Veraschung **222**, 225
Verbandbuch 397
Verbandkasten 409
Verbrennung **222, 225**, 227, 241

Verdünnung **26**, 307
Verdünnungs-BSB_5 329
Verdünnungsfaktor 31, 307
Verdünnungsmethode 329, 332
Verdünnungswasser 333
Vereisung 250, 375
Verfahrenstechnik **123**, 154, 176
Versäuerungsphase 229
Verunreinigung 21
Viren 384
Volumenverminderung 207
Vorbehandlung 118
Voreindicker 232
Vorfällung 174
Vorklärbecken 138
Vorklärschlamm 202
Vorlauftemperatur 270, 271
Vorsorgeuntersuchung 398

W
Waage 305
Walzen 267
Wärmetauscher 271
Wärterraum 410
Wartung 80, 251, **253**, 343
Wartungskartei 253, 344
Wartungsverträge 344
Waschmaschine 396
Wasseranteil 222, 241
Wasserbehörde 378
Wasserdruckprüfung 87, 96
Wasserführung 19
Wassergehalt 204, 232
Wasserhaushaltsgesetz siehe WHG
Wasserkreislauf 13
Wasserlinsen 179, 187
Wassernutzung 15, 21
Wasserpfützen 149
Wasserrahmenrichtlinie siehe WRRL
Wasserrecht 20
Wasserrechtsbescheid **21**, 106, 346, 378, 384
Wasserrückgewinnung 85, 86
Wasserschutzgebiet 82, 208, 212
Wasserstoffperoxid 382
Wasserstrahllanze 413
Wasserstrahlpumpe 305
Wassertasse 247
Wassertemperatur 300
Wassertöpfe 247
Wasserverbrauch 16
- virtuell 17
Wasserwirtschaft 13
Weil'sche Krankheit 387, 393
weitergehende Reinigung 190
Werkstätte 411
Wetter 360
Wetterschlüssel 360
WHG **20,** 342, 419
Winterbetrieb 168, 267, **374**
Wirbelschichtverbrennung 227
Wirkdruck 298
Wirkungsgrad 78, 118, 122, 134, 148, 151, 159, 174, 185, 288
Wirtschaftlichkeit 343, 361
WRRL 35
Wundstarrkrampf 394
Wurmeier 394
Wurzelbeseitigung 92

Z
Zapfwellenmixer 373
Zahnschwelle 143
Zellaufbau 109
Zentrifuge 218, 233, 244
Zufluss 288
Zulauffracht 366
Zündquellen 248
Zweckvereinbarung 418

Notizen

Notizen

Bezugsquellennachweis

Anbieter von Produkten und Dienstleistungen präsentieren ihr Angebot

A) Kläranlagen allgemein
Aerzener Maschinenfabrik GmbH ..... A 5
Alfa Laval GmbH ..... A 11
Gebr. Bellmer GmbH ..... A 7
Drägerwerk AG & Co. KGaA ..... A 3
Hermann Träxler GmbH ..... A 8
Watersam GmbH ..... A 10
WTW Wissenschaftlich-Techn. Werkstätten ..... A 2

B) Laborgeräte und Chemikalien, Messgeräte, Schmierstoffe
Dimatec GmbH ..... A 1
Drägerwerk AG & Co. KGaA ..... A 3
Ferro Duo GmbH ..... A 6
Macherey-Nagel GmbH & Co. KG ..... A 16
Leopold Siegrist GmbH ..... A 11
Süd Chemie AG ..... A 13
VTA Engineering und Umwelttechnik GmbH ..... A 14
Watersam GmbH ..... A 10
WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten ..... A 2

C) Sicherheitsgeräte einschl. Ölbinder, Ölunfall-Hilfsgeräte, Gaswarnanlagen
Drägerwerk AG & Co. KGaA ..... A 3

D) Kanalbau- und betrieb
Geiger & Kunz GmbH & Co. KG ..... A 12

E) Pumpen
Allweiler GmbH ..... A 4
Seepex GmbH ..... A 9

F) Ingenieurbüro
Geiger & Kunz GmbH & Co. KG ..... A 12

H) Sonstiges, einschl. Regenbeckenausrüstung, Regenwasserbehandlung, Schlammverwertung, Wartungs- und Reparaturdienste
Drägerwerk AG & Co. KGaA ..... A 3
DWA ..... A 15
Hermann Träxler GmbH ..... A 8

PRODUKT-UND LEISTUNGS-VERZEICHNIS

zum raschen Auffinden geeigneter Lieferanten und Kundendienststellen.

(Die nach den einzelnen Begriffen stehenden Zahlen geben die jeweilige Seite des Lieferanten im Anhang an.)

A

Abwasser- u. Abluftuntersuchungen ..... A 14
Abwasserreinigung (allgem.) ..... A 7, A 6, A 13, A 14
Abwasserzentrifugen ..... A 11
Analysengeräte ..... A 3, A 2, A 1
AOP (Advanced Oxidation Process) ..... A 13
Atemschutz ..... A 3
Atmungsaktivitätsmessung(online) ..... A 1

B

Bandpressen ..... A 7
Bekämpfung von Bläh- und Schwimmschlamm ..... A 14, A 13
Belüftungseinrichtungen ..... A 5
Betriebstagebuch für Kläranlagen .....
Biol. Prozesswasserbehandlung ..... A 14, A 13
Biologische Tests (Fischtest, Bakterientest) ..... A 16
BSB-Messgeräte ..... A 2
Bücher für Klärwerksbau, -arbeit, -betrieb ..... A 15

C

Chemikalien ..... A 14, A 6, A 13
Chemische Konditionierung ..... A 14, A 13
Chemische Wasseraufbereitung ..... A 14, A 6
Chlormessgeräte (kontinuierlich) ..... A 3
CSB-Messgeräte ..... A 2

D

Datenspeicherung .....
Deammonifikation ..... A 13
Desinfektionsanlagen ..... A 13
Dosieranlagen für Phosphat-Elimination ..... A 14, A 13
Dosiergeräte, -Anlagen ..... A 13
Drehkolbengaszähler ..... A 5
Drehkolbengebläse ..... A 5
Druckluftbelüftung ..... A 5

E

EDV-Berechnungs-Verfahren ..... A 15
Elektroden für Messgeräte (pH, 0_2, Redox usw.) ..... A 2

F

Fäkalannahmestation ..... A 10
Fällmitteldosieranlagen ..... A 14, A 13
Fällungsmittel ..... A 14, A 6, A 13
Faulschlamm-Mischer ..... A 8
Filtration ..... A 16
Flockungsmittel ..... A 14, A 6
Fotometer ..... A 16, A 2

G

Gasanalysengeräte ..... A 3, A 11, A 14
Gaswarnanlagen ..... A 3
Gaswarngeräte ..... A 3, A 11
Gaszähler ..... A 5
Gebläse ..... A 5
Geruchsbeseitigung ..... A 14

H

Handbücher (für Arbeit auf Klärwerken) ..... A 15
Hygienisierung ..... A 13

I
Infrarot.-Gasanalysatoren ..... A 11
Ingenieurbüro ..... A 12

K
Kanalbau ..... A 12
Kanalbetrieb ..... A 12
Kanalsanierung ..... A 12
Kläranlagenausstattung (allg.) ..... A 3, A 13
Klärschlammuntersuchung ..... A 1
Klärschlammverwertung ..... A 6, A 13
Kohlenstoff-Analysatoren ..... A 1
Kreiselpumpen ..... A 4

L
Laborgeräte ..... A 2, A 1
Leitfähigkeits-Messgeräte ..... A 2

M
Mazeratoren ..... A 4, A 9
Mehrgasmessgeräte ..... A 3, A 11
Mess-, Regel- u. Steuerungstechnik - Planung ..... A 3
Messgeräte ..... A 2, A 10, A 11
Mess-Stationen, mobil ..... A 2, A 10, A 11
Mess-Stationen, stationär ..... A 3, A 2, A 10, A 11
Mikroskopische Schlammuntersuchung ..... A 13

N
Neutralisationsanlagen ..... A 13
Nitrifikations-Hemmtest(online) ..... A 1

P
Pasteurisierung ..... A 13
pH-Indikatoren (Stäbchen, Papiere, Lösungen) ..... A 16
pH-Messgeräte ..... A 2
Phosphatentfernung ..... A 14, A 13
Phosphatfällung ..... A 6, A 13
Probenahmegeräte ..... A 3, A 2, A 10
Propellerpumpen ..... A 4, A 8
Prozess-Analysatoren ..... A 1
Prozesswasserbehandlung ..... A 13
Pufferlösungen ..... A 2
Pumpen ..... A 4, A 9
Pumpensteuerung ..... A 9
Pumpen-Zubehör ..... A 9

R
Reagenzien ..... A 2
Redox-Messgeräte ..... A 2
Reparatur und Wartung ..... A 12

S
Sauerstoffmessgeräte ..... A 2, A 3, A 11
Sauerstoffselbstretter ..... A 3
Siebtrommeln ..... A 11
Software ..... A 15

Sch
Schlammbehandlung – Ausrüstung ..... A 13, A 8, A 7
Schlammbehandlung – Beratung ..... A 14
Schlammdesintegration ..... A 13
Schlammentwässerung, -eindicker ..... A 7, A 14, A 11
Schlammentwässerungsanlagen ..... A 7
Schlammentwässerungsanlagen -fahrbar ..... A 11
Schlammentwässerungsanlagen -stationär ..... A 11
Schlammpumpen ..... A 4, A 9
Schlauchpumpen ..... A 4

Schneckenpumpen ..... A 4, A 8
Schraubenspindelpumpen ..... A 4
Schraubenverdichter ..... A 5
Schwefelwasserstoffentfernung ..... A 13

St
Stickstoff-Analysatoren ..... A 1

T
Testgeräte, Test-Kits ..... A 16
TNb-Messgeräte ..... A 1
TOC-Messgeräte ..... A 2, A 1
Toxizitätsmessung(online) ..... A 1
Trübungsmessung ..... A 2

U
Umwelttechnische Berufe ..... A 15

V
Verdichter ..... A 5

W
Wärmeaustauscher ..... A 11
Warnanlagen ..... A 3
Wartung und Reparatur ..... A 8
Wasseranalysatoren ..... A 2, A 1
Wasseraufbereitung ..... A 14, A 6, A 13

Z
Zentrifugen ..... A 11

Zuverlässige Analysentechnik für Ihre Kläranlage – Seit 25 Jahren

TOC und TN_b
Wasser- und Feststoffanalytik für Labor- und Online-Anwendungen



- ✓ **TOC/TN_b-Analysatoren**
- ✓ **Automatische Probensampler**
- ✓ **Überwachung der Atmungsaktivität von Belebtschlammorganismen**
- ✓ **Nitrifikations-Hemmtest – Online**
- ✓ **Fachworkshops**

DIMATEC
Analysentechnik GmbH
Nünningstr. 22-24 D-45141 Essen
Tel. +49(0)201-722 390 Fax +49(0)201-722 391
essen@dimatec.de **www.dimatec.de**

WTW

Multiparametermessung
neu definiert

MultiLine®



Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH
Telefon 0881183-0 · Fax 0881183-420
E-Mail: info@WTW.com · Internet: www.WTW.com
WTW, a Nova Analytics company

Dräger





Mobile Trainingsanlage:
Für den Einstieg in enge Räume, Kanäle und Schächte
Die Regeln und gesetzlichen Vorschriften zu diesen gefährlichen Tätigkeiten richtig umzusetzen, gemeinsam mit Ihnen anzuwenden und zu üben, haben wir uns zur Aufgabe gemacht. **www.draeger.com**

FRAGEN SIE NACH MEHR INFORMATIONEN UND UNSEREM TRAININGSVIDEO: 0180 - 500 2102*

*(0,14€/MINUTE)

Dräger. Technik für das Leben®

ALLWEILER

ALLWEILER ist ein Unternehmen der Colfax Corporation

Colfax



» Exzenterschnecken-pumpen
» Propellerpumpen
» Schlauchpumpen
» Mazeratoren (Nasszerkleinerer)

Innovative Pumpenlösungen für die Abwassertechnik



Wenn es um Kläranlagen geht, dann können Sie sich mit uns jederzeit auf saubere Pumpenlösungen verlassen: innovative und solide Technik, ein umfassendes Leistungsspektrum, eigene Produktentwicklung und eigene Statorenfertigung sowie ein zuverlässiger 24h-Service. Sie möchten mehr erfahren? Ihr Ansprechpartner bei der ALLWEILER AG gibt Ihnen gerne Auskunft:

Peter Sildatke, Tel.: 02045 966-705,
E-Mail: p.sildatke@allweiler.de

www.allweiler.de

Gebläse · · · · Verdichter · · · · Gaszähler



Aerzen - one step ahead





Sauberes Wasser

Die Aufbereitung von Wasser ist ein Teil moderner Umwelttechnologie - das neue Gebläseaggregat Delta Blower Generation 5 ist Bestandteil dieser Technik und vereint die bekannten Charakteristiken der vier Vorgängergenerationen mit neuen technischen Innovationen. Fünf Hauptvorteile für den Kunden sind in der Konzeption vereint:

- Schallpegel durchschnittlich um 6 - 8 dB(A) gesenkt
- Besonders anwenderfreundlich beim Transport und in der Bedienung und Wartung (Ölstandskontrolle von außen)
- Keine Verwendung von Absorptionsmaterial im Druckschalldämpfer, damit keine Verunreinigung des nachgeschalteten Systems
- Kosteneinsparung durch Einsatz eines mechanischen Lüfters
- Reduzierung des Platzbedarfes (und mögliche Aufstellung side-by-side)

Weitere Vorteile ergeben sich je nach Ausführung und Anwendung in den unterschiedlichsten Einsatzfällen (z.B. ATEX-Zertifizierung, PED-Zulassung, Einsatz von EFF1-Motoren).

Fordern Sie uns. Nutzen Sie unser Know-how.
Mehr erfahren Sie in der Druckschrift G1-068 oder im Internet unter www.generation5.info



Aerzener Maschinenfabrik GmbH
Reherweg 28 · 31855 Aerzen / Deutschland · Tel.: 0 51 54 / 8 10
Fax: 0 51 54 / 8 11 91 · info@aerzener.de · www.aerzener.de



Klare Sache.
Wasserbehandlung mit Ferro Duo.

Wasser ist das Elixier des Lebens.
Für den verantwortungsvollen Umgang braucht es verlässliche Partner.

Ferro Duo ist ein solcher Partner. Unsere Eisen- und Aluminiumsalze garantieren beste Ergebnisse bei Abwasserreinigung, Wasseraufbereitung und Schlammkonditionierung. Im kommunalen Bereich ebenso wie in der Industrie.

Ferro Aqua
Eisen(II)-Sulfat

Ferri Aqua
Eisen(III)-Sulfat

Ferro Chlorid
Eisen(II)-Chlorid

Alu Liquid
Aluminiumsulfat

www.ferroduo.de

Ferro Duo GmbH
Vulkanstraße 54 · D-47053 Duisburg
mail: info@ferroduo.de
fon: +49 (0)203 - 60003 - 35
fax: +49 (0)203 - 60003 - 18

FERRO DUO

Betriebskosten senken



Die neue WinkelPresse™ zur Schlammentwässerung



Der TurboDrain™ zur Schlammeindickung

- Geringe Energiekosten
- Geringer FM-Verbrauch
- Niedrige Betriebskosten

BELLMER
Gegr. 1842
Separation Technology

Gebr. Bellmer GmbH Maschinenfabrik 75233 Niefern-Öschelbronn Tel. 07233 / 74-0 info.st@bellmer.de www.bellmer.de

HERMANN TRÄXLER GmbH
DREHEREI UND MASCHINENBAU

Faulschlamm-Mischer & Gashauben

Herstellung, Prüfung und Montage
- Faulschlamm-Mischern, nach Richtlinie 94/9/EG, für Ex-Schutz, Anhang IV, Baumustergeprüft nach ATEX. Ausführung Exll1Gc / II2Gc T3 Zert. Nr. TÜV 05 ATEX 7157 X
- Gashauben für Faulschlamm-Mischer

Revisionen
- Faulschlamm-Mischern mit Bestandschutz
- Nachzertifizierung von Faulschlamm-Mischern nach Richtlinie 94/9/EG, für Ex-Schutz, Anhang IV Baumustergeprüft nach ATEX. Ausführung Exll1Gc / II2Gc T3 Zert. Nr. TÜV 05 ATEX 7157 X

Überprüfung
- von wassergefüllten Faulbehältern mit Faulschlamm-Mischern ohne Gerüst, einschließlich Dokumentation.
- und Erneuerung von Abspannungen unter Betriebsbedingungen. Bei gasendem Faulbehälter und Atemschutz.
- und Erneuerung von Abspannungen bei wassergefülltem Faulbehälter.

Ihr leistungstarker Partner...

www.h-traexler.de



AM FLURGRABEN 16-20 65462 GINSHEIM-GUSTAVSBURG
TEL. 06134 / 25 86-0 FAX 06134 / 5 43 73
www.h-traexler.de hjkreuz@h-traexler.de

seepex.com
all things flow

Time Matters.
SST - Smart Stator Technology.



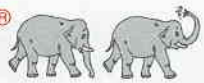
Mit der „Smart Stator Technology" haben wir durch die Zweiteilung des Stators eine grundlegende Optimierung der Fördertechnik bewirkt. Die Wartungszeiten Ihrer Pumpen werden damit auf ein Minimum reduziert. Ihren Anforderungen an hohe Leistung, hohe Effizienz und Ihrem umfassenden Blick auf die Investitionskosten einer Pumpe wird damit Rechnung getragen.

Kurz: Fördermedien gelangen viel kostengünstiger ans Ziel.

Lassen Sie sich schon bald von unseren Förderexperten ein Angebot machen, das auch Sie von der neuen „Smart Stator Technology" überzeugt.

seepex GmbH
Scharnhölzstraße 344
46240 Bottrop
Tel 02041.996-0
Fax 02041.996-400
info@seepex.com
www.seepex.com

WaterSam®



Probenehmer



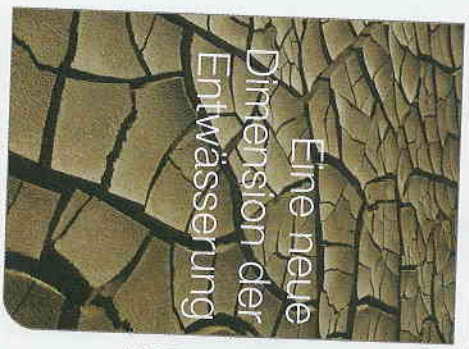
Produkt- und Lieferprogramm:

- Stationäre Probenehmer
- Messstationen für Kläranlagen Zulauf oder Auslauf
- Messstationen zur Gewässerüberwachung
- Fäkalien-Annahme-Stationen
- Schlamm-Abgabe-Stationen
- Alle Arten von kundenspezifischen Spezialprobenehmern
- Probenehmer für Druckleitungen bis 10 bar (auch für Ex-Zone 1)
- Kanalprobenehmer für Ex-Zone 1
- Transportable Probenehmer mit oder ohne Kühlung mit bis zu 24 Flaschen à 1 Liter
- Fernsteuerung und Fernüberwachung unserer Geräte via GSM-Modem oder über das Internet

WaterSam® GmbH
Felix-Wankel-Str. 70
D-72108 Rottenburg a/N
Germany

Tel: 07472 9882 0
Fax: 07472 9882 22
Mail: info@watersam.de
Web: www.watersam.com





Die Entwässerung großer Schlamm-Durchsatzmengen auf hohe Feststoffgehalte verlangt ein konstant hohes Drehmoment und eine effiziente Prozesskontrolle. ALDEC Hochleistungs-Dekanter von Alfa Laval bieten beides und eröffnen Ihnen neue Dimensionen der Entwässerung.

Über Betriebs-Optimierung und moderne Monitoring-Verfahren informieren unsere Abteilung Service & Ersatzteile und www.alfalaval.com/mideurope.

Deutschland: Tel. +49 40 7274 03
Österreich: Tel. +43 2236 6820
Schweiz: Tel. +41 44 807 14 14
E-Mail: info.mideurope@alfalaval.com

www.alfalaval.com

Kanalsanierung ist Vertrauenssache.

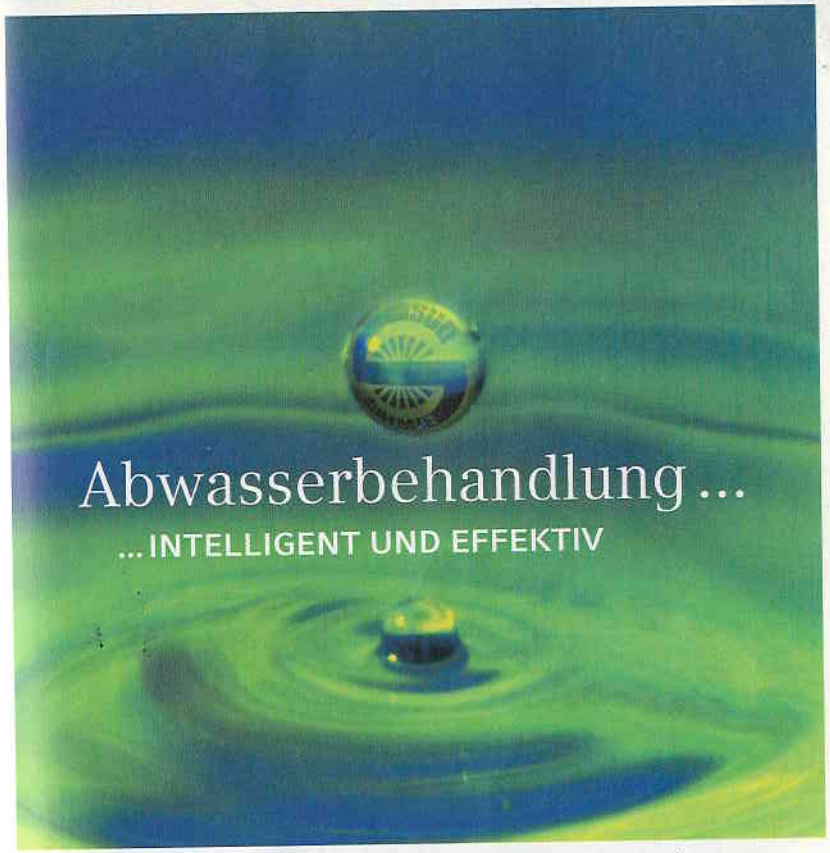


Qualität gewinnt.

Als erfahrene Fachfirma für Kanalsanierungsarbeiten in geschlossener Bauweise bieten wir umfassende Dienstleistungen aus einer Hand. Ingenieurtechnische Beratung und zuverlässige Bauausführung sind Grundlagen unseres erfolgreichen Konzeptes. Neben bewährten Sanierungstechniken kommen selbst entwickelte, innovative Technologien zum Einsatz. Als Tochterunternehmen der Geiger-Gruppe zählen Stabilität und Vertrauen.

Kanaltechnik
Geiger & Kunz GmbH & Co. KG
Felix-Wankel-Straße 1
82152 München/Krailling
Telefon +49 89 8950800-0
www.geigerkunz.de

Kanaltechnik GEIGER & KUNZ



- SÜDFLOCK® – zur P-Fällung
- TERRANA® – zur Schlammbeschwerung
- SDN® – Simultane Denitrifikation
- Desintegration – zur Erhöhung der Gasausbeute
- SÜDFLOCK® Pulver – zur Industriewasserbehandlung
- Terra-N® – zur Prozesswasserbehandlung
- Anlagentechnik – zum Lagern und Dosieren
- Fadenbekämpfung – mit SÜDFLOCK® Produkten
- Service, Consulting – in allen Belangen der Abwassertechnik

SÜD-CHEMIE AG
Trink- und Abwasserbehandlung
Ostenriederstraße 15
D-85368 Moosburg
Telefon: +49 8761 82-619
Telefax: +49 8761 82-663
www.sud-chemie.com

SÜD-CHEMIE
CREATING PERFORMANCE TECHNOLOGY



VTA-Abwassertechnik

Effizient.
Zuverlässig.
Wirtschaftlich.

Betriebsoptimierung von Kläranlagen
Systemprodukte für die
Abwasser- und Schlammbehandlung
Dosieranlagen
Klärschlammdesintegration (Ultraschall)
MicroTurbinen zur Klärgasverwertung
Photovoltaikanlagen

Ein Highlight im VTA-Angebot:
Wirksame Geruchsbekämpfung in Abwassersystemen durch Einsatz von VTA-Systemprodukten in Kombination mit einer intelligenten Mess-/Regeltechnik

VTA®
Engineering Umwelttechnik

VTA Engineerung & Umwelttechnik GmbH
D-94036 Passau, Henneberger Straße 1
tel: 0851 / 98898-0 -- fax: 0851 / 98898-98
email: vta@vta.cc -- www.vta.cc

Nehmen Sie Ihre Weiterbildung in die Hand



Die DWA bietet regelmäßig für Nichtmitglieder und - vergünstigt - für Mitglieder anerkannte Weiterbildungs- und Prüfungsvorbereitungskurse zum/zur

Abwassermeister/innen
und
Fachkraft für Abwassertechnik
an.



Als erprobte Begleitunterlagen oder auch für den Berufsalltag als aktuelles Nachschlagewerk können Sie bei uns die dazu erarbeitete CD-ROM oder Loseblattsammlung beziehen.

Wir helfen Ihnen gerne weiter.

DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. • Kundenzentrum
Theodor-Heuss-Allee 17 • 53773 Hennef
Tel.: 02242 872-333 • Fax: 02242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de
Internet: www.dwa.de

DWA

Wasseranalytik

NANOCOLOR®



NANOCOLOR®

Das System für photometrische Wasseranalytik

- Hochwertige Photometer
- Programmierbare Thermoblöcke
- Benutzerfreundliche analytische Teste (CSB, NH_4-N, NO_3-N, *gesamt*-N, PO_4-P, *gesamt*-P u. v. m.)
- Analytische Qualitätssicherung gemäß Arbeitsblatt DWA-A 704
- Umfangreiches Analysenzubehör

MACHEREY-NAGEL

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Neumann-Neander-Str. 6-8 · D-52355 Düren · Deutschland

Deutschland und international:
Tel.: +49 (0) 24 21 96 90
Fax: +49 (0) 24 21 96 91 99
e-mail: sales-de@mn-net.com

Schweiz:
MACHEREY-NAGEL AG
Tel.: +41 (0) 62 388 55 00
Fax: +41 (0) 62 388 55 05
e-mail: sales-ch@mn-net.com

Frankreich:
MACHEREY-NAGEL EURL
Tél.: +33 (0) 3 88 68 22 68
Fax: +33 (0) 3 88 51 76 88
e-mail: sales-fr@mn-net.com

MN

www.mn-net.com

